

4 1 0 6 7 5



P.- 53.134

PC 5713

F.E. 7-3-75

MEMORIA DESCRIPTIVA

Int. Cl.:

C 22c

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de INTERNATIONAL NICKEL LIMITED

entidad británica

establecida en Thames House, Millbank, Londres, S.W.1.,
Inglaterra.

por: "UN PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR UN PRODUCTO FORJA-
DO DE ALEACION DE NIQUEL Y CROMO RESISTENTE A LA
CORROSION" (Clase Internacional C22c)

12.2.73

- 1 -

410675

20



5 Esta invención se refiere a aleaciones de níquel-cromo forjadas para usar a temperaturas elevadas en ambientes corrosivos y que poseen una combinación mejorada de resistencia a la rotura por esfuerzos, ductilidad y resistencia a la corrosión.

10 Se sabe que las aleaciones de níquel-cromo que contienen de 45 a 75% de cromo tienen buena resistencia a temperaturas elevadas, por ejemplo 600°C y superiores, a la corrosión por los productos de combustión de fueloil de baja calidad, cuyos productos incluyen compues-
15 tos de sodio y azufre, y en particular de vanadio sumamente corrosivos. A estos contenidos de cromo elevados las aleaciones tienen una estructura de dos fases al solidifi-
20 car, constituida por las fases de cromo alfa y níquel gamma. En forma fundida exhiben una resistencia moderada a tales temperaturas, pero adolecen de falta de ductilidad y no pueden ser trabajadas con facilidad para proporcionar productos forjados.

20 Han sido efectuados diversos intentos para mejorar las propiedades de las aleaciones de níquel-cromo.

25 La aptitud para ser trabajadas y la ductilidad de las aleaciones que contienen de 28 a 75% de cromo, con o sin hasta 49% de hierro, e incluyendo las aleaciones de dos fases con 45% o más de cromo, pueden ser mejoradas como se describe y reivindica en la Memoria Descriptiva de



410675

la Patente Británica Nº 1.194.961, incorporando en la aleación uno de los elementos que forman eutéctico, irconio, cerio, itrio y hafnio en exceso sobre la cantidad requerida para combinarse con nitrógeno en la aleación en forma de nitruro y adecuado para formar un eutéctico con el níquel. Estas adiciones permiten que las aleaciones coladas sean forjadas y que los productos forjados resultantes sean trabajados posteriormente. La ductilidad de las aleaciones forjadas a temperaturas inferiores a 600°C puede aumentarse adicionalmente recociendo en el intervalo de temperatura comprendido entre 600 y 800°C. Tanto si se usa este tratamiento térmico como si no, la resistencia a la rotura por esfuerzos de las aleaciones a temperaturas superiores a 600°C permanece claramente baja, y es deseable producir aleaciones forjadas que tengan una combinación mejorada de resistencia a la rotura por esfuerzos, ductilidad y resistencia a la corrosión a temperaturas superiores a 600°C.

En la Memoria Descriptiva de la Patente Nº 342.040 se ha descrito un procedimiento en el que se someten aleaciones de níquel-cromo que están constituidas esencialmente por una sola fase gamma de solución sólida que contiene cromo alfa precipitable, a un tratamiento combinado mecánico y térmico para producir una microestructura gamma-alfa microdoble, que puede ser reforzada mediante la precipitación de fases intermetálicas gamma prima que con-

20 FEB 1973

410675

5 tienen titanio, aluminio, niobio o tántalo o mediante la presencia de elementos reforzadores de la fase sólida tales como molibdeno o wolframio. Sin embargo la necesidad de obtener una estructura de una sola fase limita la cantidad de cromo que puede estar presente o requiere la presencia de hierro, perjudicando ambas cosas a la resistencia de las aleaciones a la corrosión por productos de combustión que contienen vanadio, de combustibles hidrocarbonados impuros.

10 Las conocidas superaleaciones de níquel-cromo que contienen hasta 35% de cromo aproximadamente junto con uno o más elementos reforzadores de endurecimiento estructural de la fase sólida tienen también una matriz austenítica de una sola fase (fase gamma). Los tratamientos térmicos comúnmente utilizados para reforzar tales aleaciones comprenden una etapa de calentamiento en solución seguida de un tratamiento de estabilización, siendo llevado a cabo el calentamiento en solución a la temperatura práctica más baja con objeto de evitar pérdida de ductilidad por plastodeformación progresiva a temperaturas elevadas.

25 Otra propuesta para mejorar las propiedades de aleaciones coladas de níquel-cromo fué hecha por Bloom y Grant en la Memoria Descriptiva de la Patente de EE.UU. Nº 2.809.139. Estos postularon la existencia en aleaciones



410675

de níquel-cromo con más de 40 ó 45% de cromo, de una fase de cromo de temperatura alta que denominaron fase beta, estable por encima de una temperatura eutectoide de 1180°C. Su método propuesto de mejorar la resistencia a la rotura por esfuerzo de las aleaciones coladas a temperatura de 816°C comprendía calentar las aleaciones por encima de la temperatura eutectoide seguido de enfriamiento, con o sin calentamiento subsiguiente por debajo de esta temperatura para desarrollar una estructura resistente a temperaturas altas, de grano fino. El trabajo sucesivo ha fallado en demostrar la existencia de esta fase beta o de la temperatura eutectoide en el diagrama de fases de aleación de níquel-cromo, y no hay sugerencias en esta Memoria Descriptiva de que tal tratamiento térmico pudiera hacer aptas para ser trabajadas a las aleaciones o mejorar sus propiedades a temperatura elevada después de trabajar en caliente para romper la estructura de metal colado.

La presente invención se basa en los descubrimientos de que ciertas aleaciones de dos fases a base de níquel-cromo que tienen composiciones comprendidas dentro de un intervalo controlado críticamente, pueden ser trabajadas formando productos forjados después de romper su estructura de metal colado, y que los productos forjados que resultan pueden ser tratados térmicamente desarrollando una resistencia a la rotura por esfuerzo sorprendentemente mejo-



410675

rada a 600°C y superior, a la vez que retienen una ducti-
lidad excelente, por calentamiento en fase de solución den-
tro de un intervalo de temperatura estrecho, inmediatamen-
te por debajo de la temperatura de fusión.

5 Según la invención, las aleaciones contienen,
en peso, de 47 a 65% de cromo, de 0 a 12% de cobalto, de
0,02 a 0,1% de carbono, de 0 a 0,01% de boro, uno o más de
los elementos titanio, aluminio, molibdeno, wolframio y ni-
bio en cantidades comprendidas entre 1 y 6% de titanio, de
10 0,5 a 5% de aluminio, de 1 a 10% de molibdeno, de 2 a 10%
de wolframio, de 2 a 10% de tántalo y de 0,5 a 10% de niobio,
y de tal modo que

15
$$3 \times (\% \text{ de Ti}) + 3 \times (\% \text{ de Al}) + 5 \times (\% \text{ de Mo}) + 2,5 \times (\% \text{ de W})$$
$$+ 2,5 \times (\% \text{ de Ta}) + 5 \times (\% \text{ de Nb}) - 12 \geq 0$$

con la condición de que

- 20 (i) la suma de los contenidos de aluminio y titanio no
exceda de 6%;
- (ii) la suma de los contenidos de aluminio, titanio, niobio
y tántalo no exceda de 15%; y
- (iii) la suma de los contenidos de wolframio y molibdeno no
exceda de 10%

 y uno más de zirconio, cerio, itrio y hafnio en una cantidad to-
tal que excede de la requerida para combinarse con la totalidad
25 del nitrógeno presente y suficiente para formar un eutéctico

12.2.73

20 FEB 1973

410675

con el níquel, pero que no excede de 4%, siendo el resto, excepto por impurezas que incluyen nitrógeno en cantidad que excede de 0,1%, níquel en cantidad de 25% al menos. Las aleaciones se trabajan en caliente, preferiblemente por extrusión, para romper su estructura de metal colado y se someten después a un tratamiento térmico en la fase de solución a una temperatura comprendida dentro del intervalo de 50°C. por debajo de la temperatura de fusión de la aleación durante un periodo de tiempo comprendido entre 1/2 y 20 horas, si se desea después de trabajar adicionalmente en caliente o en frío hasta obtener la forma deseada. Ventajosamente las aleaciones se someten seguidamente a un tratamiento térmico de estabilización a una temperatura comprendida entre 600 y 900°C. durante un periodo de tiempo comprendido entre 4 y 20 horas. Esta última estabilización puede tener lugar en cualquier caso cuando las aleaciones se calientan por encima de 600°C. estando en servicio, pero preferiblemente se efectúa como una etapa separada antes de que sean puestas en servicio.

Las aleaciones que resultan tienen una combinación excelente de resistencia a la rotura por esfuerzos y ductilidad a temperaturas de 600°C y superiores, unidas a una excelente resistencia a los productos de combustión de combustibles impuros que contienen sodio, azufre

12.2.73



410675

y vanadio. Esto hace a tales aleaciones particularmente adecuadas como materiales de horno que soportan carga, o partes de turbina expuestas durante el uso a los productos de combustión de tales combustibles de baja calidad.

5 El contenido de cromo de las aleaciones debe ser al menos de 47% para obtener una resistencia adecuada a los productos de combustión de fueloil de baja calidad que contiene vanadio, sodio y azufre como impurezas. Sin embargo con más de 65% de cromo la aptitud de las aleaciones para ser trabajadas en caliente llega a ser inadecuada y hay tendencia a que la resistencia a la corrosión disminuya. Aumentando el contenido de cromo disminuye también la ductilidad a temperatura ambiente, y preferiblemente, por consiguiente, el contenido de cromo no excede de 10 53%. La ductilidad a temperatura ambiente viene afectada 15 asimismo de manera adversa si el contenido de níquel disminuye por debajo de 25%.

El cobalto aumenta la duración a la rotura por esfuerzos de las aleaciones. Sin embargo, más de 12% 20 de cobalto conduce a una resistencia a la corrosión inadecuada y preferiblemente el contenido de cobalto no excede de 5%.

Se necesita al menos 0,02% de carbono para que las aleaciones posean buenas propiedades de resistencia 25 a la rotura por esfuerzo, pero más de 0,1% conduce a una



410675

ductilidad inferior a temperatura ambiente, tiende a disminuir la resistencia a la corrosión y puede llevar a dificultades en el trabajo, por ejemplo, por forja.

5 Los elementos titanio, aluminio, molibdeno, wolframio, tántalo y niobio aportan una contribución importante a la resistencia a la rotura por esfuerzos de las aleaciones y debe encontrarse presente uno o más de estos elementos en cantidades individuales por lo menos de 1% de titanio, 0,5% de aluminio, 1% de molibdeno, 2% de wolframio, 10 2% de tántalo y 0,5% de niobio, siendo la cantidad total tal que se cumpla la relación

$$3 \times (\% \text{ de Ti}) + 3 \times (\% \text{ de Al}) + 5 \times (\% \text{ de Mo}) + 2,5 \times (\% \text{ de W}) \\ + 2,5 \times (\% \text{ de Ta}) + 5 \times (\% \text{ de Nb}) - 12 \geq 0$$

15

Sin embargo, la presencia de cantidades individuales de estos elementos que exceden de 6% de titanio, 5% de aluminio, 10% de molibdeno, 10% de wolframio, 10% de tántalo ó 10% de niobio, hace quebradizas las aleaciones y reduce su aptitud para ser trabajadas, de modo que tienden a agrietarse, por ejemplo cuando se forjan. Por las mismas razones, el contenido total de aluminio y titanio no debe exceder de 6%, el contenido total de aluminio, titanio, niobio y tántalo no debe exceder de 15% y la suma de wolframio y molibdeno no debe 25 exceder de 10%.

12.2.73



410675

La presencia en las aleaciones de nitrógeno sin combinar es muy perjudicial ya que tiende a hacer quebradizas las aleaciones durante el servicio. Los elementos zirconio, cerio, itrio, y hafnio tienen cada uno una afinidad para el nitrógeno muy fuerte, y las aleaciones deben contener uno o más de estos elementos en una cantidad superior a la requerida para combinarse con la totalidad del nitrógeno presente pero no más de 4% en peso en total. Las cantidades en exceso de estos elementos forman un eutéctico con el níquel que sirve para comunicar buena aptitud para ser trabajadas a las aleaciones. El elemento que forma eutéctico preferido es el zirconio, pero el cerio, el itrio o el hafnio o una combinación de dos o más cualesquiera de estos cuatro elementos puede ser usada hasta el total de 4%, aún cuando preferiblemente la cantidad total no excede de 2%.

El contenido de nitrógeno de las aleaciones no debe exceder, en cualquier caso, de 0,1%. El nitrógeno es introducido habitualmente en las aleaciones por el cromo, ya que el cromo comercial contiene habitualmente 0,1% de nitrógeno aproximadamente, puesto que el nitrógeno se encuentra presente invariablemente en aleaciones de este tipo como impureza. Para conseguir un contenido de nitrógeno bajo, es preferible preparar las aleaciones por fusión en vacío, con lo que pueden

12.2.73



410675

conseguirse fácilmente niveles de nitrógeno del orden de 0,01 a 0,08%. Preferiblemente el contenido de nitrógeno no excede de 0,04%.

Puede hacerse referencia convenientemente a la cantidad de elemento que forma eutéctico en exceso sobre la cantidad combinada como nitrógeno al estado de nitruro y en exceso sobre cualquier cantidad que pueda estar disuelta en las fases de níquel o cromo de la aleación, como zirconio efectivo (o cerio, itrio o hafnio). Si no hay elemento que forma eutéctico en solución en las fases de níquel o cromo, el zirconio efectivo es aquel que excede en 6,5 veces al contenido en nitrógeno, el cerio efectivo es el que excede en 9 veces el contenido de nitrógeno, el itrio efectivo es el que excede en 6 veces el contenido de nitrógeno y el hafnio efectivo es aquel que se encuentra en un exceso de 13 veces el contenido de nitrógeno. Las cantidades de impurezas presentes distintas de nitrógeno deben también ser tan pequeñas como sea posible. Así pues, el silicio, hierro y manganeso presentes no deben exceder, cada uno de ellos, de 0,5%.

Una combinación de propiedades particularmente satisfactoria es mostrada por aleaciones que contienen de 48 a 53% de cromo, no más de 2% de cobalto y uno o más de los elementos titanio, aluminio, molibdeno, wolframio, tantalio y niobio en las proporciones, Ti de 2,5 a 4,0%, Al de

12.2.73

20 FEB 1973



410675

3,0 a 4,0%, Mo de 1,0 a 6,0%, W de 2,0 a 8,0%, Ta de 2,0 a 7,5% y Nb de 0,5 a 7,5%, sometidos a las relaciones indicadas anteriormente. Los contenidos de zirconio, cerio e itrio no exceden preferiblemente de 1,0% cada uno y el contenido de hafnio no excede preferiblemente de 1,5%.

Lo más preferible es que las aleaciones contengan titanio y aluminio en las proporciones de 2,5 a 4,0% de titanio y de 3,0 a 4,0% de aluminio, siendo particularmente satisfactoria la combinación de 3% de titanio y 3,5% de aluminio.

Con tal que la composición de las aleaciones esté comprendida dentro del intervalo extenso antes indicado, pueden ser trabajadas en caliente o en frío, después de que su estructura de metal colado doble, que comprende las fases de níquel gamma y cromo alfa, haya sido rota por extrusión o forjado. Así pues pueden ser laminados para obtener barras u hojas, comprimidos, recalcados, estirados hasta obtener alambre o conformados de otro modo hasta obtener la forma forjada deseada.

Para desarrollar sus propiedades de resistencia a temperatura alta, las aleaciones forjadas deben ser calentadas en solución a una temperatura comprendida dentro de 50°C. por debajo de la temperatura de fusión de la aleación durante un periodo de tiempo comprendido entre 1 y 20 horas. Según la composición precisa, la temperatura de

12.2.73



410675

fusión está comprendida generalmente entre 1150 y 1348°C. Este tratamiento sirve para hacer más gruesa la estructura de grano y reducir de este modo el área de los contornos de grano. Este efecto es sorprendente en una aleación de dos fases y no es totalmente comprendido, ya que podría esperarse que las dos fases estuvieran en equilibrio sustancial de modo que no hubiera ninguna fuerza motriz disponible para una difusión masiva. Es importante usar una temperatura de solución tan próxima como sea practicable a la temperatura de fusión de la aleación y en cualquier caso no mayor de 50°C por debajo de ésta, con objeto de desarrollar la fuerza motriz máxima para el crecimiento de los granos.

Después de calentar en fase de solución las aleaciones pueden someterse a un tratamiento de estabilización a una temperatura comprendida entre 600 y 900°C durante un periodo de tiempo comprendido entre 4 y 20 horas. Esto es particularmente ventajoso si las aleaciones contienen al menos uno de los elementos titanio, aluminio, niobio y tántalo que forman fases intermetálicas precipitables que contribuyen adicionalmente a la resistencia a la rotura por esfuerzo de las aleaciones, pero sirve asimismo para poner en equilibrio la estructura de la aleación por difusión de níquel y cromo desde las soluciones sólidas alfa y gamma saturadas. Según se ha explicado ya, la estabilización ten

20 FEB 1973

410675

drá lugar durante el calentamiento inicial en servicio, pero preferiblemente se lleva a cabo como una etapa separada.

5 Si se requiere la más elevada resistencia a la rotura por esfuerzo para prestar servicio a temperaturas que exceden de 650 o 700°C, el tratamiento de estabilización puede ir a continuación del calentamiento en fase de solución sin ningún tratamiento intermedio. Sin embargo, para obtener la máxima ductilidad con una
10 resistencia a la rotura por esfuerzo algo inferior, la aleación puede recibir un tratamiento térmico intermedio que comprende calentar entre 1100 y 1150°C durante un periodo de tiempo comprendido entre 1/2 y 8 horas antes de que quede estabilizada.

15 Como se ha explicado anteriormente, las aleaciones preferiblemente se funden en vacío. Sin embargo las aleaciones exentas de titanio y aluminio pueden fundirse a la presión atmosférica con el uso de una protección de un gas inerte y una capa de escoria básica seca al objeto de evitar el ingreso de nitrógeno.
20

A continuación se proporcionan algunos ejemplos.

25 Doce aleaciones que tenían las composiciones que se indican en la Tabla I fueron fundidas en vacío y coladas como lingotes de 3 kg que fueron encerrados en

20



410675

recipientes de acero dulce y extruídas hasta obtener barras de 16 mm de diámetro, a 1120°C para romper su estructura de metal colado.

5 Piezas de ensayo trabajadas a máquina procedentes de las barras, fueron sometidas después a uno de los tres tratamientos térmicos siguientes, de los cuales los números 2 y 3 eran conforme a la invención mientras que el número 1 no lo era, ya que la temperatura de calentamiento en fase de solución empleada, era más de 50°C inferior a la temperatura de fusión de las aleaciones tratadas.

- 10
- 1) 4 horas/1150°C, enfriamiento por aire + 16 horas/700°C, enfriamiento por aire.
 - 15 2) 18 horas/1220°C, enfriamiento por aire + 4 horas/1150°C, enfriamiento por aire + 16 horas/700°C, enfriamiento por aire
 - 3) 18 horas/1250°C, enfriamiento por aire + 4 horas/1150°C, enfriamiento por aire + 16 horas /700°C, enfriamiento por aire

20 Los resultados de ensayos de rotura por esfuerzo sobre las aleaciones bajo diversas condiciones de esfuerzo y temperatura se indican en la Tabla II.

25 Los resultados de la Tabla II muestran la combinación notablemente buena de resistencias a la rotura por esfuerzo, con la ductilidad de las aleaciones tratadas tér-

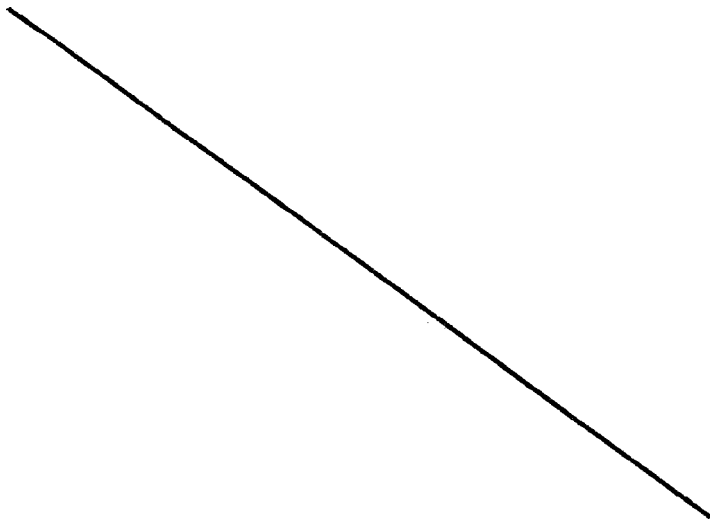
12.2.73

20 FEB 1973

410675

micamente según la invención, a temperaturas comprendidas entre 600 y 1050°C. La comparación de los resultados de los ensayos para la Aleación nº 4 a 900°C muestran el aumento de diez veces en la duración a la rotura por esfuerzos que resulta del uso del tratamiento térmico nº 3 según la invención, mientras que los resultados para las Aleaciones 6 y 7 a 800 y 850°C al mismo esfuerzo de 7,7 hbar muestran que incluso a la temperatura de ensayo superior estas aleaciones, cuando se trataron térmicamente según la invención tenían duraciones a la rotura por esfuerzos muchas veces superiores a las obtenidas a la temperatura inferior de 800°C después de calentar en fase de solución más de 50°C por debajo de la temperatura de fusión.

15



12.2.73

TABLA I

Aleación	Composición (% en peso)												
	Ti	Al	Nb	Mo	W	Ta	Co	Zr	B	C	N	Cr	Ni
1	-	-	5	-	-	-	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
2	-	-	-	-	10	-	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
3	-	-	-	5	-	-	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
4	1,0	0,5	-	2,5	-	-	-	0,3	0,003	0,04	0,013	50	resto
5	1,0	0,5	-	-	-	5	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
6	1,5	0,75	0,5	2,5	-	-	-	0,3	0,003	0,04	0,011	50	resto
7	1,5	0,75	0,5	-	2,5	-	-	0,3	0,003	0,04	0,011	50	resto
8	2,0	1,0	-	2,5	-	-	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
9	2,0	1,0	-	-	5	-	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
10	2,0	1,0	0,5	2,5	-	-	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
11	2,0	1,0	0,5	-	5	-	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	resto
12	3,0	1,5	-	-	-	-	-	0,4	0,003	0,04	0,015	50	resto

La temperatura de fusión de las Aleaciones 4, 6 y 7 era de 1290°C aproximadamente mientras que las de las otras aleaciones era de 1260°C aproximadamente.

410675

20



73

TABLA II

Propiedades de rotura por esfuerzos

Alea- ción	54 hbar a 600°C(1)	54 hbar a 600°C(2)	7,7 hbar a 800°C(1)	15,4 hbar a 800°C(2)	10,8 hbar a 850°C(2)	7,7 hbar a 850°C(3)
	Dura- ción hrs	% de alargam. hrs	Dura- ción hrs	% de alargam. hrs	Dura- ción hrs	% de alargam. hrs
1	-	-	-	8	9	-
2	-	-	-	34	38	-
3	-	-	-	51	53	-
4	323	39	74	-	-	188
5	-	-	-	19	13	-
6	178	28	74	-	-	261
7	110	7	34	-	-	371
8	-	-	-	36	39	-
9	-	-	-	35	41	-
10	-	>1600	-	-	23	-
11	-	2160	-	29	23	-
12	-	137	-	16	24	-

10675

ND -- No Determinado



410675



TABLA II (Continuación)
Propiedades de rotura por esfuerzo

Aleación	4,6 hbar 900°C(1)	6,2 hbar a 900°C(2)	4,6 hbar 900°C(3)	3,1 hbar 1000°C(2)	1,54 hbar 1050°C(1)	1,54 hbar 1050°C(2)
	Dura- ción alargam. hrs	Dura- ción alargam. hrs	Dura- ción alargam. hrs	Dura- ción alargam. hrs	Dura- ción alargam. hrs	Dura- ción alargam. hrs
1	-	51	-	24	-	52
2	-	22	-	10	-	13
3	-	27	-	7	-	66
4	11	-	111	-	-	-
5	-	96	-	82	-	-
6	-	-	-	-	2	-
7	-	-	402	-	175	-
8	-	71	-	69	-	45
9	-	18	-	8	-	15
10	-	26	-	20	-	27
11	-	76	-	39	-	22
12	-	33	-	8	-	-
						80
						146
						144
						105
						-



Las excelentes propiedades de las aleaciones conforme a la invención pueden compararse con las de dos aleaciones de níquel-cromo forjadas disponibles comercialmente. La primera de éstas, que contenía nominalmente 1% de zirconio, 50% de cromo, y el resto níquel, se trató en fase de solución durante 2 horas a 1140°C, que estaba dentro de 30°C de su temperatura de fusión de 1170°C. La segunda aleación, que contenía nominalmente 0,7% de titanio, 0,6% de aluminio, 0,4% de zirconio, y el resto níquel, no fué tratada térmicamente. Cada una de estas aleaciones tenía una duración a la rotura por esfuerzos de menos de 1 hora bajo un esfuerzo de 4,6 hbar a 900°C.

La excelente resistencia a la corrosión de dos aleaciones típicas de la invención, Nos. 13 y 14, son puestas de manifiesto por ensayos en que muestras de estas aleaciones y de la primera de las aleaciones disponible comercialmente que se ha mencionado anteriormente, fueron sumergidas en su mitad en una mezcla salina fundida constituida por 80% de pentóxido de vanadio y 20% de sulfato sódico a 900°C durante 300 horas. Las composiciones de las aleaciones y la pérdida de peso, medida en miligramos por centímetro cuadrado se indican en la Tabla III que figura a continuación. Puede apreciarse que las aleaciones de la invención tenían una resistencia a la corrosión semejante a la de la aleación conocida



410675

TABLA III

Aleación	Composición (% en peso)								Pérdida de peso (mg/cm ²)
	Ti	Al	Zr	B	C	N	Cr	Ni	
A	-	-	1,0	-	-	-	50	Resto	480
13	3	1,5	0,3	0,003	0,04	0,015	50	Resto	437
14	4	-	0,3	0,003	0,04	0,015	50	Resto	389

Las aleaciones conforme a la invención pueden ser empleadas para fabricar artículos y partes que requieren una resistencia a la rotura por esfuerzos, ductilidad y resistencia a la corrosión elevadas, por ejemplo partes de hornos que soportan carga, tubos de recalentadores, armaduras y soportes de cambiadores de calor, partes de turbinas de gas, por ejemplo hojas de turbinas, rotores y semejantes, y en particular aquellas que están expuestas durante el uso a los productos de combustión de combustibles de hidrocarburo de baja calidad, en especial aquellos que contienen vanadio, sodio y azufre.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Gran Bretaña, con fecha 17 de Enero de 1.972, bajo el número 2170/72, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

410675



REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención, propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Un procedimiento para producir un producto forjado de aleación de níquel y cromo resistente a la corrosión, que tiene resistencia y ductilidad altas a temperaturas elevadas, que comprende una aleación de níquel-cromo de dos fases, de trabajo en caliente que
15 consta, en peso, de 47 a 65% de cromo, de 0 a 12% de cobalto, de 0,02 a 0,1% de carbono, de 0 a 0,01% de boro, uno o más de los elementos titanio, aluminio, molibdeno, wolframio, tántalo y niobio en cantidades comprendidas entre 1 y 6% de titanio, de 0,5 a 5% de aluminio, de 1 a 10% de molibdeno, de 2 a 10% de wolframio, de 2 a 10% de
20 tántalo y de 0,5 a 10% de niobio, y tal que,

$$3 \times (\% \text{ de Ti}) + 3 \times (\% \text{ de Al}) + 5 \times (\% \text{ de Mo}) + 2,5 \times (\% \text{ de W}) \\ + 2,5 \times (\% \text{ de Ta}) + 5 \times (\% \text{ de Nb}) - 12 \geq 0$$

con la condición de que (i) la suma de los contenidos de aluminio y titanio no exceda de 6%; (ii) la suma de los contenidos de aluminio, titanio, niobio y tántalo no exceda de 15%;

25

12.2.73



410675

y (iii) la suma de los contenidos de wolframio y molibdeno no exceda de 10%, y uno o más de zirconio, cerio, itrio y hafnio en una cantidad total que exceda la requerida para combinarse con la totalidad del nitrógeno presente y suficiente para formar un eutéctico con el níquel, pero que no exceda de 4%, siendo el resto, excepto impurezas que incluyen nitrógeno en cantidad que no excede de 0,1%, níquel en cantidad de 25% por lo menos, para romper su estructura de metal colado y después calentarla en fase de solución a una temperatura comprendida dentro del intervalo de 50°C. por debajo de su temperatura de fusión durante un periodo de tiempo comprendido entre 1/2 y 20 horas.

2^a.- Un procedimiento según la reivindicación 1^a, en el que la aleación se estabiliza seguidamente en el intervalo de temperatura comprendido entre 600 y 900°C. durante un periodo de tiempo comprendido entre 4 y 20 horas.

3^a.- Un procedimiento según la reivindicación 2^a, en el que la aleación se calienta a una temperatura comprendida entre 1100 y 1150°C. durante un periodo de tiempo comprendido entre 1/2 y 8 horas después de calentar en fase de solución pero antes de que esté estabilizada.

4^a.- Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, aplicado a una aleación en la que el contenido de cromo está comprendido entre 48

12.2.73

20 FEB 1973

410675

5 y 53%, el contenido de cobalto no excede de 2% y que contiene uno o más de los elementos titanio, aluminio, molibdeno, wolframio, tántalo y niobio en los intervalos de 2,5 a 4,0% de Ti, de 3,0 a 4,0% de Al, de 1,0 a 6,0% de Mo, de 2,0 a 8,0% de W, de 2,0 a 7,5% de Ta y de 0,5 a 7,5% de Nb.

5ª.-Un procedimiento según la reivindicación 4ª, en la que los contenidos de zirconio, cerio, e itrio no excede de 1% y el contenido de hafnio no excede de 1,5%.

10 6ª.- Un procedimiento según las reivindicaciones 4ª ó 5ª, aplicado a una aleación que contiene titanio y aluminio en los intervalos de 2,5 a 4,0% de titanio y de 3,0 a 4,0% de aluminio.

15 7ª.- Un procedimiento para producir un producto forjado de aleación de níquel y cromo resistente a la corrosión.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veinticuatro hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 29 FEB 1973

P. A.

Alberto de Eizaburu
Por Fedem.

12.2.73
JGM/.