



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 242 931**

⑤① Int. Cl.7: **C22C 19/05**  
**B23K 35/02**  
**B23K 35/40**

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **03291821 .1**

⑧⑥ Fecha de presentación : **23.07.2003**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1408130**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **14.04.2004**

⑤④ Título: **Aleación de níquel para la soldadura eléctrica de níquel y aceros, hilo de soldadura y su uso.**

③⑩ Prioridad: **26.09.2002 FR 02 11937**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.11.2005**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.11.2005**

⑦③ Titular/es: **Framatome ANP**  
**Tour Areva, 1 place de la Coupole**  
**92400 Courbevoie, FR**

⑦② Inventor/es: **Chabenat, Alain;**  
**Pierron, Dominique;**  
**Thomas, André;**  
**Faure, François y**  
**Guyon, Claude**

⑦④ Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 242 931 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).

# ES 2 242 931 T3

## DESCRIPCIÓN

Aleación de níquel para la soldadura eléctrica de níquel y aceros, hilo de soldadura y su uso.

5 La invención se refiere a una aleación a base de níquel para la soldadura eléctrica de aleaciones de níquel y de aceros, en particular de aceros no o débilmente aliados y de aceros inoxidable.

10 La invención hace referencia igualmente a hilos y electrodos para la soldadura eléctrica de piezas de aleación de níquel y/o de acero, en particular en el ámbito de la construcción, del acoplamiento y de la reparación de componentes de reactores nucleares.

Para la fabricación de determinados componentes o elementos de reactores nucleares, es conocida la utilización de las aleaciones a base de níquel que contengan cromo.

15 En particular, se ha utilizado para la fabricación de elementos o componentes de reactores nucleares enfriados por agua a presión, una aleación de níquel de aproximadamente 15% de cromo, denominada aleación 600.

20 Para mejorar la resistencia a la corrosión de los elementos o componentes de los reactores nucleares enfriados con agua a presión, la tendencia es la de reemplazar la aleación 600 con alrededor del 15% de cromo por una aleación 690 con alrededor del 30% de cromo y alrededor de 10% de hierro.

25 Para llevar a cabo soldaduras sobre dichos elementos o componentes de aleación de níquel, se utilizan hilos o electrodos de soldadura eléctrica de aleación de níquel cuya composición está adaptada a la soldadura de la aleación 600 o de la aleación 690.

En la tabla 1 que se expone más adelante, se han dado unas composiciones típicas de hilos vendidos en el comercio, para la soldadura de la aleación 690 y para la soldadura de la aleación 600 (aleación 52 o aleación 82).

30 En las cuatro primeras columnas de la tabla 1, se hacen figurar composiciones de hilos de aleación 52 de designación comercial Inconel 52, de la sociedad americana Special Metals, realizadas a partir de cuatro coladas diferentes y utilizadas para la soldadura de la aleación 690.

En la última columna de la tabla, se hace figurar un análisis típico de un hilo de aleación 82, de designación comercial Phyweld 82, de la sociedad Sprint Metal, para la soldadura de la aleación 600.

35 Los hilos de aleación 52 ó 82 pueden ser utilizados en particular para la soldadura eléctrica en gas inerte de la aleación 690 o de la aleación 600.

TABLA 1

Análisis de hilos para la soldadura de las aleaciones 600 y 960							
	Hilo Aleación 52	Hilo Aleación 52	Hilo Aleación 52	Hilo Aleación 52	Hilo CF 52 ejemplo comparativo	Hilo 52 M ejemplo comparativo	Hilo 82
Colada	1	2	3	4			
C	0,022	0,020	0,020	0,020	0,022	0,020	0,030
S	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002
P	0,004	0,004	0,003	0,004	< 0,003	0,003	0,003
Si	0,150	0,140	0,140	0,170	0,020	0,03	0,170
Mn	0,25	0,24	0,25	0,25	0,88	0,82	3,04
Ni	61,13	60,46	60,40	59,13	58,20	60,10	70,54
Cr	29,00	28,97	28,91	28,94	30,93	30,13	20,89
Cu	0,010	0,010	0,010	0,010		0,03	0,005
Co	0,040	0,010	0,010	0,010			0,010
Mo	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,02	
Nb	0,021	0,010	0,010	0,010	0,918	0,93	2,287
Al	0,680	0,690	0,670	0,680	0,055	0,08	
Ti	0,560	0,580	0,560	0,530	0,193	0,22	0,200
Fe	8,14	8,88	9,03	10,25	9,12	8,50	2,72
Zr					0,0013	0,006	
B					0,0028	0,0040	
Nb/Si	0,14	0,07	0,00	0,00	45,90	31,0	13,45

## ES 2 242 931 T3

Los hilos de soldadura de aleación 52 son utilizados, en particular, en el ámbito nuclear, para llevar a cabo soldaduras en zonas de los componentes de reactor nuclear en contacto con el fluido primario que es agua a alta temperatura (del orden de 310°C) y a fuerte presión (del orden de 155 bars), en el caso de los reactores nucleares enfriados por agua a presión.

5

La aleación 52 es utilizada tanto para la soldadura homogénea de piezas de aleación 690 como para efectuar soldaduras heterogéneas. Tales soldaduras heterogéneas pueden ser, por ejemplo, soldaduras sobre una aleación 600 con 15% de cromo en forma masiva o depositada sobre un metal de base, pudiendo alcanzar el tenor en cromo del metal depositado de 15% a 20%.

10

Otro caso de utilización de la aleación 52 en soldadura heterogénea es el revestimiento de aceros débilmente aleados, tales como aceros 16MND5, 18MND5 o 20MND5, o la soldadura de aceros débilmente aleados con aceros con aceros inoxidable austeníticos o austeno-ferríticos.

15

Puede utilizarse igualmente la aleación 52 para reparaciones de zonas de elementos o componentes de reactor nuclear constituidas por metales diversos, tales como aceros poco aleados (por ejemplo del tipo 19MND5, según la norma francesa), aceros inoxidable del tipo 304L (por ejemplo en forma masiva), de tipo 308L (en forma depositada) o incluso 316L (en forma masiva o depositada), designados según las normas americanas. Dichas zonas pueden presentar varios de dichos materiales sobre los que se efectúan soldaduras heterogéneas de aleación 52.

20

Durante la utilización de aleaciones 52 del comercio, tales como las aleaciones 52 de la sociedad Special Metals, se han puesto en evidencia ciertos defectos, principalmente en forma de pequeñas fisuras.

25

En particular, cuando el hilo de soldadura fundido es depositado sobre una capa constituida por una aleación de níquel depositado por soldadura, se ha observado una fisuración en caliente, que puede resultar de uno de los fenómenos siguientes: solidificación, licuación, re-afectación o incluso falta de ductilidad en caliente. Se ha observado que pueden encontrarse un solo tipo o varios tipos de fisuración en una soldadura. Las fisuras formadas en estas condiciones, que son de pequeña dimensión, serán designadas como fisuras de tipo 1.

30

Se ha llevado a cabo una campaña de ensayos sobre hilos de soldadura de composiciones diferentes, en condiciones variables de soldadura, en particular fundiendo dichos hilos sobre metales de base tales como; aleaciones de níquel tales como las mencionadas anteriormente y aceros inoxidable, en forma de metales masivos o de capas predepositadas para soldadura.

35

En el curso de dichos ensayos, se ha puesto en evidencia que los hilos disponibles en el mercado, en particular las aleaciones 52 para la soldadura de las aleaciones de níquel 690, proporcionaban malos resultados cuando los mismos eran depositados sobre aleaciones de níquel con 15% ó 30% de cromo, o incluso aceros inoxidable depositados por soldadura, en forma de revestimiento de componentes de acero débilmente aleado.

40

Se han observado, no sólo pequeñas fisuras de tipo 1, sino igualmente en ciertos casos, otras fisuras de mayores dimensiones, que serán designadas como fisuras en caliente de tipo 2.

45

En particular se han observado fisuras de tipo 2 en las zonas de fuerte dilución de la aleación de soldadura (en el metal depositado en el curso de las primeras pasadas de soldadura o en la proximidad de las piezas a unir) o, más generalmente, en el caso de la soldadura de los aceros inoxidable.

Durante estos ensayos, se han utilizado igualmente hilo para soldadura del comercio, cuyas variedades han sido modificadas para mejorar la resistencia a la fisuración en caliente y la resistencia a la oxidación.

50

La composición modificada de estos hilos del comercio viene dada en las columnas 5 y 6 de la tabla 1. Las variedades modificadas para mejorar la resistencia a la fisuración en caliente y los defectos debidos a la oxidación, tienen un tenor en niobio sensiblemente aumentado (por encima de 0,9%) y unos tenores en aluminio y titanio sensiblemente más débiles que las variedades comerciales no modificadas.

55

En dichas variedades mejoradas, la relación niobio/silicio es elevada (superior a 30 o incluso a 45). Finalmente, dichas variaciones contienen, a título de elementos complementarios, boro y circonio.

60

Se ha comprobado que las aleaciones mejoradas del comercio daban buenos resultados en las zonas de dilución durante la soldadura de las aleaciones de níquel con 15% ó 30% de cromo, quedando dichas zonas prácticamente exentas de fisuración en caliente, pero con malos resultados en las zonas de dilución, en el caso de soldadura sobre aceros inoxidable, habiéndose detectado fisuras en caliente de tipo 2 en dichas zonas de dilución.

65

La campaña de ensayos efectuada ha mostrado que no existen hilos vendidos en el comercio que permitan realizar unas soldaduras eléctricas homogéneas o heterogéneas sobre aleaciones de níquel y sobre aceros que estén exentos de fisuración y de oxidación.

El documento JP-A-1-252750 divulga una aleación a base de níquel que presenta la siguiente composición en porcentaje ponderal: C  $\leq$  0,10%, Si  $\leq$  20%, Mn  $\leq$  0,50%, Cr 15-40%, Al 0,05-2%, Fe  $\leq$  25%, resto Ni con impurezas

## ES 2 242 931 T3

inevitables y, si es necesario, uno o más de  $Mo \leq 3\%$ ,  $W \leq 3\%$ ,  $Nb \leq 1\%$ ,  $N \leq 0,1\%$ ,  $Ti \leq 1\%$ ,  $Zr \leq 0,3\%$ ,  $B \leq 0,03\%$ ,  $Co \leq 15\%$ ,  $Y \leq 0,5\%$  y tierras raras  $\leq 0,5\%$ .

El objeto de la invención es, por tanto, proponer una aleación a base de níquel para la soldadura eléctrica de aleaciones de níquel y de aceros, en particular de aceros inoxidables, que permite realizar soldaduras homogéneas o heterogéneas sobre dichos materiales, que estén exentas de fisuración en caliente y de trazas de oxidación.

Con este fin, la aleación de acuerdo con la invención contiene, en peso, menos de 0,05% de carbono, de 0,015% a 0,5% de silicio, de 0,4% a 1,4% de manganeso, de 28% a 31,5% de cromo, de 8% a 12% de hierro, de 2% a 7% de molibdeno, de 0% a 0,9% de titanio, de 0,6% a 2% en total de niobio y de tantalio, siendo la relación de los porcentajes de niobio más tantalio y de silicio por lo menos igual a 4, de 0% a 75% de aluminio, menos de 0,04% de nitrógeno, de 0,0008% a 0,0120% de circonio, de 0,0010% a 0,010% de boro, menos de 0,01 de azufre, menos de 0,020% de fósforo, menos de 0,30% de cobre, menos de 0,15% de cobalto y menos de 0,10% de tungsteno, estando el resto, con excepción de impurezas inevitables cuyo tenor es, como máximo, igual a 0,5%, constituido por níquel.

La invención se refiere en particular a una aleación que contenga menos de 0,2% de silicio, alrededor del 4% de molibdeno, 0,006% de circonio y 0,004% de boro.

La invención hace referencia igualmente a un hilo de soldadura eléctrica con gas en aleación a base de níquel de acuerdo con la invención.

La invención se relaciona además con la aplicación de la aleación y del hilo de soldadura eléctrica para la soldadura de elementos o componentes de reactores nucleares, en particular de reactores nucleares enfriados con agua a presión, para la realización de acoplamiento durante la construcción de los reactores nucleares, el revestimiento por depósito de metal de componentes y para efectuar reparaciones, pudiendo ser dichas operaciones de soldadura unas operaciones de soldadura homogénea o heterogénea sobre cualquier componente de aleación de níquel o de acero.

Con el fin de permitir la comprensión de la invención, se describe, a título de ejemplo, varias calidades de aleaciones de acuerdo con la invención, utilizadas para la fabricación de hilos que han sido utilizados durante ensayos de soldadura homogénea y heterogénea sobre aleaciones de níquel y de aceros inoxidables.

En la tabla 2, se ha dado en la columna 1 los tenores mínimos de los diferentes elementos de aleación, en la columna 2, los tenores máximos de dichos elementos y, en la columna 3, los tenores preferentes.

Las columnas 4 y 5 de la tabla dan unas composiciones de aleaciones de acuerdo con dos ejemplos de realización, que serán descritos a continuación,

El efecto de los diferentes elementos de la aleación y las razones que justifican los intervalos reivindicados o las limitaciones de dichos elementos serán explicados más adelante.

TABLA 2

Elementos en la aleación	Mini	Maxi	preferente	Ejemplo 1	Ejemplo 2
C	/	0,05		0,020	0,015
S	/	0,010		0,001	0,001
P	/	0,020		0,003	0,003
Si	0,015	0,5	< 0,20	0,025	0,15
Mn	0,4	1,4		1	1
Ni	balance	balance	balance	balance	balance
Cr	28	31,5		30,0	29,0
Cu	/	0,30		0,020	0,020
Co	/	0,15		0,01	0,01
Mo	2	7	4	4,00	5,50
Nb (+Ta)	0,6	2		0,80	1,2
Al	0	0,75	0,15	0,07	0,25
Ti	0	0,8	0,30	0,35	0,20
Zr	0,0008	0,012	0,006	0,0015	0,006
B	0,001	0,010	0,004	0,003	0,004
N	/	0,040		0,01	0,01
W	/	0,10		0,01	0,01
Fe	8	12		9,00	8,5
Nb/Si	4			32	8

## ES 2 242 931 T3

### *Carbono, azufre, fósforo*

Estos elementos son elementos residuales cuyos tenores deben ser limitados lo más posible y, de todas maneras, fijados por debajo de 0,05% en cuanto se refiere al carbono, 0,010% en lo que se refiere al azufre y 0,020% en cuanto se refiere al fósforo. De acuerdo con los métodos de elaboración y los productos de partida para la preparación de las aleaciones, los tenores efectivos de carbono, azufre y fósforo pueden ser sensiblemente inferiores a los límites máximos dados. Como puede verse en las columnas 4 y 5 relativas a los ejemplos 1 y 2, los tenores en carbón, azufre y fósforo efectivos de las coladas realizadas son sensiblemente inferiores a los valores máximos establecidos anteriormente.

### *Silicio*

El silicio es un elemento que está siempre presente en la aleación, pero del que se intenta limitar el tenor a un valor débil, preferentemente inferior a 0,20%, por ejemplo 0,12% ó 0,15%. En cualquier caso, este tenor debe ser inferior a 0,5% para limitar la fisuración en caliente del metal de soldadura. Sin embargo, el silicio debe estar presente en un tenor por lo menos igual a 0,015% para obtener una buena soldadura, por el hecho de que influye en la dilución y la viscosidad del baño durante la soldadura.

Se verá más adelante, con referencia al niobio, que el parámetro importante, en cuanto se refiere a la resistencia a la fisuración en caliente, es la relación del porcentaje ponderal del niobio y del silicio.

### *Manganeso*

El manganeso debe ser por lo menos igual a 0,4% para permitir unas condiciones de elaboración satisfactorias de la aleación en presencia de azufre (limitada al valor de 0,01% mencionada más adelante).

El manganeso concurre a la resistencia a la fisuración en caliente, pero este efecto se satura rápidamente en función del tenor en manganeso y un tenor en manganeso limitado a 1,4% permite obtener resultados satisfactorios.

### *Cromo*

El cromo debe ser próximo al porcentaje de cromo en la aleación 690 y el intervalo de composición de 28% a 31%, que es igualmente en de las aleaciones 52, se ha demostrado satisfactorio en el caso de soldaduras homogéneas y heterogéneas que hace intervenir la aleación 690 o aceros inoxidable. Este nivel de cromo es necesario para obtener un buen comportamiento a la corrosión en medio primario PWR.

### *Cobre*

El cobre debe ser estrictamente limitado a un valor por debajo de 0,30% para evitar un deterioro de las propiedades de la aleación.

### *Cobalto*

El cobalto debe ser imperativamente limitado a un valor inferior a 0,15%. En efecto, dicho elemento que es activado en presencia de radiaciones en un reactor nuclear debe ser evitado al máximo posible en cualquier otra aplicación para la construcción o la reparación de reactores nucleares.

### *Molibdeno*

El molibdeno es un elemento particularmente importante en la elaboración de las aleaciones según la invención, lo que constituye una diferencia notable con relación a las aleaciones conocidas anteriormente (ver tabla 1), que no contienen más que tenores muy pequeños de molibdeno.

Una serie de ensayos efectuada por la solicitante de la presente solicitud de patente ha mostrado que el molibdeno tenía un efecto decisivo sobre la resistencia a la fisuración del metal depositado por fusión de un hilo de soldadura de aleación de níquel, en particular cuando el metal de soldadura es depositado sobre aceros inoxidable, por ejemplo aceros con 18% de cromo y 8% de níquel, con o sin adición de molibdeno, en forma masiva o en forma de depósito obtenido por soldadura eléctrica con electrodo revestido o TIG.

La serie de ensayos efectuados a mostrado que:

- para niveles de molibdeno pequeños en el metal fundido del hilo de soldadura, típicamente inferiores a 0,5%, se observa la formación de fisuras de tipo 2, en particular en el caso de la soldadura de aceros inoxidable;

- cuando aumenta el tenor en molibdeno, por ejemplo para alcanzar un 1% en el metal fundido, se comprueba que la resistencia a la fisuración de la aleación de soldadura es sensiblemente mejorada cuando la aleación contiene cantidades suficientes de titanio (y/o de aluminio). Un tenor mínimo de titanio y/o de aluminio de 0,3% a 0,4%, con un tenor en molibdeno de 1% en la aleación, permite limitar a un pequeño nivel el número de fisuras de tipo 2 en el

## ES 2 242 931 T3

metal de soldadura, en el caso de la soldadura de aceros inoxidable en particular; estos resultados sugieren aumentar los contenidos de molibdeno, titanio y/o aluminio más allá de dichos límites para limitar o suprimir la fisuración;

5 - cuando el tenor en molibdeno aumenta para alcanzar por lo menos 2% en el metal fundido, los ensayos efectuados muestran que las fisuras de tipo 2 desaparecen completamente y que el efecto del titanio y/o del aluminio es menor que en el caso de un molibdeno alrededor de 1% sobre la resistencia a la fisuración.

10 Los tenores en molibdeno han sido fijados en el hilo o la varilla de soldadura de aleación según la invención admitiendo que, en la zona de los defectos, la dilución es elevada y puede alcanzar hasta 50%, pero no sobrepasa apenas dicho límite que ha sido considerado como respetado en todos los trabajos en el origen de la presenta solicitud de patente, lo que corresponde a unas condiciones de soldadura normales.

15 Como resultado de los ensayos, se ha podido determinar que el tenor en molibdeno debe ser de por lo menos 2% para obtener, en todos los casos de utilización en soldadura, una buena resistencia a la fisuración y, en particular, una desaparición completa de las fisuras de tipo 2, a la vez que se limita el tenor total en titanio y aluminio a un nivel que permite evitar la oxidación del metal de soldadura.

20 Un tenor en molibdeno superior a 7% es posible, pero no necesario, en la medida en que el efecto del molibdeno sobre la resistencia a la fisuración se satura para un valor del orden de 7%. Un tenor superior a 7% aumenta el precio de la aleación y puede modificar las propiedades del metal de soldadura de manera no deseable.

El molibdeno debe estar preferentemente, próximo al 4%.

### 25 *Aluminio y titanio*

Puede preverse una cierta proporción de titanio y/o de aluminio en el metal de soldadura limitando, sin embargo, la proporción de aluminio a un valor que evite los efectos de oxidación no deseables del baño de fusión durante la soldadura.

30 El titanio puede estar presente en la aleación en una proporción de 0% a 0,8% en peso y, por ejemplo, próximo al 0,30%. Un tenor superior a 0,8% no es deseable.

35 El aluminio puede estar presente en la aleación en una proporción de 0% a 0,75% en peso, por ejemplo próximo al 0,15%. Un tenor superior a 0,75% no es deseable.

### *Circonio y boro*

40 Cuando están asociados, dichos elementos tienen una incidencia favorable sobre la resistencia a la fisuración por el fenómeno de falta de ductilidad (en inglés "ductility dip cracking"). Sin embargo, dichos elementos no son suficientes por sí solos para resolver los problemas de fisuración que solventa la aleación de acuerdo con la invención. Además, el circonio tiene, como el aluminio, un efecto sobre la oxidación del baño de fusión durante la soldadura. El circonio y el boro deben estar presentes, por tanto en la aleación, pero en cantidades limitadas.

45 El circonio debe estar presente en la aleación de acuerdo con la invención en una proporción comprendida entre 0,0008% y 0,012% y, preferentemente, en una proporción del orden de 0,006%.

En relación con dichas proporciones de circonio, el boro debe estar comprendido entre 0,001% y 0,010% y, preferentemente, próximo al 0,004%.

### 50 *Niobio y tantalio*

55 El niobio tiene un efecto sobre la resistencia a la fisuración en caliente. Este elemento no debe estar presente en cantidad demasiado importante, para evitar aumentar los riesgos de fisuración en caliente y de modificar las características del metal depositado de manera no deseable.

En consecuencia, la proporción de niobio debe ser de por lo menos 0,6%, para obtener los efectos deseados de resistencia a la fisuración en caliente y como máximo igual a 2%.

60 La proporción de niobio en el interior de este intervalo, debe ser fijado en un valor tal que la relación porcentaje de niobio/porcentaje de silicio sea superior a 4, para obtener un efecto satisfactorio sobre la resistencia a la fisuración en caliente.

### *Hierro*

65 El hierro es fijado, como en las aleaciones del comercio y los materiales de base de tipo 690, en un tenor entre 8% y 12% para garantizar la estabilidad estructural de la aleación (resistencia a los fenómenos de formación de una fase ordenada de fragilidad durante el envejecimiento en servicio, que corre el riesgo de afectar a las características mecánicas).

## ES 2 242 931 T3

### *Nitrógeno*

El nitrógeno, que es un elemento residual, no es necesario en la aleación. El nitrógeno quedará limitado, en cualquier caso, a un valor inferior a 0,040%.

### *Tungsteno*

El tungsteno es un elemento que no se busca en la aleación, quedando limitado dicho elemento residual, de cualquier manera, a 0,10% para evitar una modificación no deseable de las propiedades del metal de soldadura.

Pueden encontrarse otros elementos residuales en la aleación en pequeña proporción; dichos elementos pueden ser, por ejemplo, el estaño, el vanadio, el plomo, el cadmio, el magnesio, el cinc, el antimonio, el telurio, el calcio o el cerio. Dichos elementos, que se presentan en cantidad muy pequeña en la aleación, se encuentran en una proporción total con los otros elementos residuales citados anteriormente (carbono, azufre, fósforo, cobre, cobalto, nitrógeno y tungsteno) inferior a 0,5% en peso.

### *Níquel*

En tanto que base de la aleación, el mismo constituye el resto de la composición para alcanzar al 100%.

Las composiciones de dos aleaciones de soldadura de acuerdo con la invención se dan en la tabla 2, bajo las columnas 5 y 6 (ejemplo 1 y ejemplo 2).

#### Ejemplo 1

En el caso del ejemplo 1, el tenor en molibdeno se sitúa en el valor óptimo (4%). El tenor en aluminio se sitúa en un valor de 0,07% y el tenor en titanio en un valor próximo del valor típico de 0,30%.

El tenor en silicio de la aleación es débil (0,025%) y se sitúa netamente por debajo de límite superior preferente. Aun cuando el tenor en niobio no sea más que de 0,80%, la relación niobio/silicio es elevada y del mismo orden de grandeza que en las aleaciones del comercio de tipo mejorado que aparecen en la tabla 1 (32). El valor de esta relación es muy superior al nivel inferior impuesto. Los tenores en circonio y boro se sitúan hacia la base del intervalo reivindicado.

#### Ejemplo 2

En el caso del ejemplo 2, el tenor en molibdeno es superior al tenor medio considerado como preferente (4%). El tenor en aluminio sensiblemente más elevado que en el caso del ejemplo 1 queda fijado por encima del valor típico de 0,15% y el tenor en titanio es más débil que el valor típico, representando el conjunto de aluminio y de titanio un porcentaje ponderal sensiblemente idéntico en el caso del ejemplo 1 y en el caso del ejemplo 2.

El tenor en boro es más elevado que en el caso del ejemplo 1 y corresponde a los valores preferentes.

El tenor en silicio es sensiblemente más elevado que en el caso del ejemplo 1. El tenor en niobio es igualmente un poco mayor que en el caso del ejemplo 1. Por el hecho de la presencia de silicio en bastante gran cantidad, la relación niobio/silicio es sensiblemente inferior al caso del ejemplo 1.

Sin embargo, esta relación es todavía dos veces más elevada que el valor mínimo requerido.

Se han elaborado unos hilos de soldadura en las dos variantes correspondientes a los ejemplos 1 y 2. Se han utilizado los hilos de soldadura para realizar diferentes soldaduras homogéneas o heterogéneas, de aleaciones de níquel con 30% y con 15% de cromo y de aceros inoxidable.

Se ha podido observar la ausencia total de fisuras de tipo 2 en el metal depositado, incluso en las zonas de dilución de la soldadura.

El metal depositado está igualmente prácticamente exento de fisuras de tipo 1 en todos los casos.

No se ha detectado ninguna traza de oxidación que pueda conducir a un deterioro del metal depositado.

En el caso de hilos de aleación de acuerdo con la técnica anterior, no se ha podido obtener jamás tales resultados.

Considerando los ejemplos comparativos de las columnas 5 y 6 de la tabla 1, puede destacarse que la aleación comparativa de la columna 4 (CF 52) presenta un tenor en silicio comparable al del ejemplo 1 de acuerdo con la invención y un tenor en niobio un poco superior, siendo la relación niobio/silicio superior en 50% a la relación niobio/silicio del ejemplo 1. Sin embargo, esta aleación de acuerdo con la técnica anterior no contiene más que una muy débil proporción de molibdeno (0,012%), en tanto que las aleaciones de acuerdo con la invención contienen más del 2% y generalmente 4% o más de molibdeno. Pese a una relación niobio/silicio superior a tenores próximos de aluminio y

## ES 2 242 931 T3

titanio, la aleación CF 52 no permite obtener un comportamiento a la fisuración comparable a la de las aleaciones de acuerdo con la invención.

5 En el caso del segundo ejemplo comparativo (aleación 52 M), en la columna 6 de la tabla 2, los tenores en silicio, en niobio y la relación niobio/silicio son próximos a los de la aleación del ejemplo 1. El aluminio y el titanio quedan, por otra parte, limitados a valores comparables a los de los ejemplos de acuerdo con la invención. Los tenores en circonio y boro de las aleaciones comparativas son, por otra parte, análogos, respectivamente, a las de las aleaciones de los ejemplos 1 y 2 de acuerdo con la invención.

10 Puede verse perfectamente que una casi ausencia de molibdeno (0,02%) en la segunda aleación comparativa explica las diferencias de comportamiento de la soldadura y los buenos resultados obtenidos con los ejemplos de aleación de acuerdo con la invención y, en particular, el ejemplo 1.

15 La comparación de los ejemplos de acuerdo con la invención y de los ejemplos de las aleaciones de acuerdo con la técnica anterior, muestra, por tanto, que una aleación de soldadura que tenga un tenor en molibdeno del orden de 4% o un poco superior, un tenor en niobio suficiente para obtener una relación niobio/silicio sensiblemente superior a 4 así como tenores moderados de aluminio y titanio, permite resolver los problemas relativos a la soldadura de las aleaciones de níquel a alrededor del 15% y 30% de cromo en los aceros inoxidable. La aleación de acuerdo con la invención permite obtener hilos de soldadura eléctrica con gas que permiten la soldadura homogénea o heterogénea sin defecto de las aleaciones con níquel y de los aceros inoxidable en el caso de la construcción y de la reparación de los componentes de reactores nucleares.

La invención no se limita estrictamente a los ejemplos de realización descritos.

25 Los tenores de los diferentes elementos de las aleaciones para la soldadura eléctricas en las aplicaciones previstas pueden ser adaptados en el interior de los intervalos reivindicados para optimizar las propiedades del metal de soldadura y las condiciones de soldadura.

30 La aleación de acuerdo con la invención puede ser utilizada no sólo en la forma de hilos o varillas de soldadura eléctrica con gas, pero incluso en otras formas, por ejemplo en forma de electrodos revestidos.

Aun cuando la aleación esté destinada particularmente a las aplicaciones en el ámbito de la construcción y de la reparación de los reactores nucleares, puede preverse su utilización en otras industrias.

35

40

45

50

55

60

65

## ES 2 242 931 T3

### REIVINDICACIONES

5 1. Aleación a base de níquel para la soldadura eléctrica de aleaciones de níquel y de aceros y, especialmente de  
aceros inoxidable, **caracterizado** por el hecho de que contiene, en peso, menos de 0,05% de carbono, de 0,015% a  
0,5% de silicio, de 0,4% a 1,4% de manganeso, de 28% a 31,5% de cromo, de 8% a 12% de hierro, de 2% a 7% de  
10 molibdeno, de 0,6% a 2% en total de niobio y de tantalio, siendo la relación de los porcentajes de niobio más tantalio  
y de silicio por lo menos igual a 4, menos de 0,04% de nitrógeno, de 0,0008% a 0,0120% de circonio, de 0,0010% a  
0,0100% de boro, hasta 0,75% de aluminio, hasta 0,8% de titanio, menos de 0,01% de azufre, menos de 0,020% de  
fósforo, menos de 0,30% de cobre, menos de 0,15% de cobalto y menos de 0,10% de tungsteno, quedando constituido  
por níquel el resto de la aleación, con excepción de impurezas inevitables cuyo tenor total es como máximo igual a  
0,6%.

15 2. Aleación, según la reivindicación 1, **caracterizada** por el hecho de que contiene preferentemente menos de  
0,20% de silicio, alrededor de 4% de molibdeno, 0,006% de circonio y 0,004% de boro.

20 3. Hilo de soldadura para soldadura eléctrica con gas de aleaciones de níquel y de aceros, en particular de aceros  
inoxidables, **caracterizado** por el hecho de que se ha realizado con una aleación de acuerdo con una cualquiera de las  
reivindicaciones 1 y 2.

25 4. Utilización de una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, o un hilo de acuerdo  
con la reivindicación 3, para la soldadura de elementos de componentes de un reactor nuclear, durante operaciones de  
construcción, de acoplamiento o de reparación de un elemento o componente del reactor nuclear.

30

35

40

45

50

55

60

65