

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 761**

51 Int. Cl.:

C22C 19/03 (2006.01)

C22B 4/06 (2006.01)

C22F 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2018** **PCT/DE2018/100980**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2019** **WO19110050**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2018** **E 18826925 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2024** **EP 3720982**

54 Título: **Método para la producción de una aleación a base de níquel**

30 Prioridad:

04.12.2017 DE 102017128663

29.11.2018 DE 102018009375

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2025

73 Titular/es:

VDM METALS INTERNATIONAL GMBH (100.00%)
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl, DE

72 Inventor/es:

GEHRMANN, BODO y
ERPENBECK, BURKHARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 999 761 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

Método para la producción de una aleación a base de níquel

5 La invención se refiere a un método para la producción de una aleación a base de níquel.

Del documento EP 1 377 690 B1 se puede extraer un método para la producción de una superaleación a base de níquel sustancialmente libre de segregación positiva y negativa, en donde el método comprende:

- 10 - verter una aleación en un molde de colada,
- recocer y envejecer la aleación mediante calentamiento a al menos 649 °C durante un periodo de al menos 10 horas,
- refundir por electroescoria la aleación con una tasa de fusión de al menos 3,63 kg/minuto,
- colocar la aleación en un horno de calentamiento dentro de las 4 horas posteriores a la solidificación completa,
- 15 - mantener la aleación en el horno de calentamiento a una primera temperatura de 316°C a 982°C durante un periodo de al menos 10 horas,
- aumentar la temperatura del horno desde la primera a una segunda temperatura de al menos 1163 °C de manera que se eviten tensiones térmicas dentro de la aleación,
- mantener la aleación a la segunda temperatura durante un periodo de al menos 10 horas,
- 20 - refundir por arco voltaico en vacío de un electrodo VAR de la aleación con una tasa de fusión de 3,63 a 5 kg/minuto para producir un bloque VAR.

La aleación a base de níquel se refiere preferiblemente a Alloy 718 o Alloy 706.

25 Es bien sabido que se pueden utilizar tratamientos térmicos en el intervalo de temperatura más alto (por ejemplo 500-1250 °C) para homogeneizar aumentos y reducir las tensiones en el material.

La invención se basa en la tarea de presentar un método alternativo más económico para la producción de una aleación a base de níquel, mediante el cual sea posible una mejora en la microestructura, así como una reducción de los defectos que se introducen en el material durante la última etapa de refundición para satisfacer las necesidades futuras de los clientes. En comparación con el método divulgado en el documento EP 1 377 690 B1, se deben evitar los costes que surgen de la compleja gestión del proceso entre la primera y la segunda refundición. Y la calidad se puede mejorar significativamente evitando errores debidos a la fundición y la refundición.

35 Esta tarea se resuelve mediante un método para la producción de una aleación a base de níquel,

- generándose un electrodo mediante VIM, VOF o VLF,
- sometándose el electrodo a un tratamiento térmico en un horno para la reducción de tensiones y envejecimiento en el intervalo de temperatura entre 500 y 1300 °C durante un periodo de 10 a 336 horas, en donde se trata térmicamente al menos 10 horas y un máximo de 48 horas en el intervalo de temperatura de 1000°C a 1300°C,
- enfriándose el electrodo al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C,
- a continuación refundiéndose el electrodo enfriado mediante ESU para dar un bloque ESU con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto,
- 40 - enfriándose el bloque ESU al aire o en un horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900 °C,
- refundiéndose el bloque ESU de nuevo con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto y una amplitud de fluctuación de la tasa de refundición de menos del 15 %, mejor aún del 10 %, idealmente del 5 %, por medio de VAR,
- 50 - sometándose el bloque VAR refundido a un tratamiento térmico en el intervalo de temperatura entre 500 y 1250°C durante un periodo de 10 a 336 horas,
- a continuación llevándose el bloque VAR a la forma de producto y dimensión deseadas mediante conformado en caliente y/o en frío.

55 De las reivindicaciones subordinadas se pueden extraer perfeccionamientos ventajosos del método según la invención (por ejemplo otras etapas de refundición VAR).

60 En comparación con el estado de la técnica, se omite la etapa de tratamiento térmico después de la refundición ESU y la tasa de refundición se establece con mayor precisión. Por tanto, el tratamiento térmico tiene lugar exclusivamente en el electrodo base y no en el bloque ESU, como se describe en el estado de la técnica. El material generado de esta manera tiene una manifestación mucho menor de defectos debidos a la refundición.

65 Mediante el tratamiento térmico específico de los bloques VIM se reducen tensiones internas y se resuelven defectos de segregación. Esto tiene un efecto positivo en las posteriores etapas de refundición ESU y VAR.

Otra configuración del método según la invención prevé que

- se genere un electrodo mediante VIM,
 - si la aleación a base de Ni forma una fase gamma prima: se coloca el electrodo en un horno antes de que se enfríe por debajo de 200°C, idealmente antes de que se enfríe por debajo de 250°C,
 - se someta el electrodo a un tratamiento térmico en un horno en un intervalo de temperatura entre 500 y 1250 °C durante un periodo de 10 a 336 horas para la reducción de tensiones y envejecimiento,
 - se enfríe el electrodo al aire o en un horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C,
 - se procese la superficie del electrodo para la eliminación de defectos y para la limpieza (por ejemplo mediante cepillado, esmerilado, decapado, separación, peladura, etc.),
 - a continuación se refunda el electrodo enfriado mediante ESU con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto para dar un bloque ESU con un diámetro de 400 a 1500 mm,
 - se enfríe el bloque ESU al aire o en un horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900 °C,
 - eventualmente se procese la superficie del bloque ESU se procesa para la eliminación de defectos y para la limpieza (por ejemplo mediante cepillado, esmerilado, decapado, separación, peladura, etc.),
 - se someta el bloque ESU enfriado a un tratamiento térmico adicional en el intervalo de temperatura entre 500 y 1250 °C durante un periodo de 10 a 336 horas,
 - se enfríe el bloque ESU al aire o en un horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 870 °C,
 - se refunda el bloque ESU de nuevo por medio de VAR con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto y una amplitud de fluctuación de la tasa de refundición de menos del 15 %, mejor aún del 10 %, idealmente del 5 %, para dar un bloque VAR con un diámetro de 400 a 1500 mm,
 - si la aleación a base de Ni forma una fase de línea gamma: se coloca el bloque VAR en un horno antes de que se enfríe por debajo de 200 °C en la zona de la cabeza, idealmente antes de que se enfríe por debajo de 250 °C,
 - se someta el bloque VAR refundido a un tratamiento térmico en el intervalo de temperatura entre 500 y 1250°C durante un periodo de 10 a 336 horas,
 - se enfríe el bloque VAR al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C, o se transfiera a un proceso de conformado en caliente a más de 850°C,
 - a continuación se lleve el bloque VAR a la forma de producto deseada (por ejemplo bloque, barra, alambre, chapa, banda, lámina) y dimensión mediante conformado en caliente y/o en frío (por ejemplo forja, laminado, trefilado, etc.).
- Puede resultar ventajoso que el electrodo se someta a un procesamiento de la superficie (por ejemplo mediante cepillado, esmerilado, decapado, corte, peladura, etc.) antes de su primera refundición. Aquí se pueden eliminar errores que no pueden erradicarse mediante la fundición adicional y que pueden ser perjudiciales para aplicaciones posteriores.
- Según una idea adicional de la invención, el bloque ESU se somete a un procesamiento adicional de la superficie (por ejemplo, mediante cepillado, esmerilado, decapado, corte, peladura, etc.) antes de su refundición VAR, en donde también aquí se pueden eliminar defectos que no se pueden erradicar mediante la refundición adicional.
- Según otra idea de la invención, en lugar de la refundición ESU se realiza directamente la refundición VAR.
- Este método se puede aplicar a cualquier aleación de Ni y sobre todo a las aleaciones según la Tabla 1.

A continuación se presenta una composición de aleación que se puede generar por medio de los parámetros de método según la invención. Todos los datos están en % en peso:

C	máx. 0,25
S	máx. 0,03
Cr	17 - 32
Ni	33 - 72
Mn	máx. 1
Si	máx. 1
Mo	0 - 10

Ti	máx. 3,25
Nb	máx. 5,5
Cu	máx. 0,5
Fe	máx. 25
Al	máx. 3,15
V	máx. 0,6
Zr	máx. 0,12
Co	máx. 35

e impurezas debidas a la producción.

Así como, en caso dado, opcionalmente (datos en % en peso):

Nb + Ta	máx. 5,2
B	máx. 0,02
Se	máx. 0,0005
Bi	máx. 0,00005
Pb	máx. 0,002
P	máx. 0,03

5 Ventajosamente, los siguientes elementos se pueden ajustar como sigue (datos en % en peso):

C	máx. 0,2
S	máx. 0,02
Cr	17 – 25
Ni	45 – 58
Mn	máx. 0,6
Si	máx. 0,4
Mo	0-6,1
Ti	0,1 - 2,7
Al	máximo 1,7
Co	máx. 13

A continuación se presenta un ejemplo de una aleación basada en Alloy 718 (datos en % en peso):

C	máx. 0,08
S	máx. 0,015

ES 2 999 761 T3

Cr	17 – 21
Ni	50 – 55
Mn	máx. 0,35
Si	máx. 0,35
Mo	2,8 - 3,3
Ti	0,65 - 1,15
Nb	4,75 - 5,5
Cu	máx. 0,3
Fe	6 – 25
P	máx. 0,015
Al	0,2 - 0,8
Co	máx. 1
B	máx. 0,006
Ta	máx. 0,05
Pb	máx. 0,001
Se	máx. 0,0005
Bi	máx. 0,00005

Alternativamente, esta aleación también puede presentar contenidos de Ni más elevados:

C	máx. 0,1
S	máx. 0,03
Cr	17 - 32
Ni	58 - 79
Nb	máx. 0,6
Fe	máx. 18
C	máx. 0,1
S	máx. 0,02
Cr	17 - 30
Ni	58 - 72
Mn	máx. 1

Si	máx. 1
Mo	0 – 10
Ti	máximo 3,25
Nb	máximo 4,1
Cu	máx. 0,5
Fe	máx. 18
Al	máximo 3,15
V	máx. 0,6
Zr	máx. 0,1
Co	máx. 15

Así como, en caso dado, opcionalmente (datos en % en peso):

B	máx. 0,008
Se	máx. 0,0005
Bi	máx. 0,00005
Pb	máx. 0,002
P	máx. 0,03

Se pueden concebir limitaciones adicionales como sigue (datos en % en peso):

C	0,01 - 0,04
Mn	máx. 0,5
Si	máx. 0,5
Cu	máx. 0,2

5 Así como, en caso dado, opcionalmente (dato en % en peso):

Mo	8 – 10
----	--------

A continuación se presenta un ejemplo de una aleación basada en Alloy 780 (datos en % en peso):

C	máx. 0,1
S	máx. 0,015
N	máx. 0,03
Cr	16 - 20
Ni	26 - 62

Mn	máx. 0,5
Si	máx. 0,3
Mo	2-4
Ti	0,1 - 1
Cu	máx. 0,5
Fe	máx. 10
P	máx. 0,03
Al	1 - 3
Mg	máx. 0,01
Ca	máx. 0,01
Zr	máx. 0,05
Co	15 - 28
B	máx. 0,02
O	máx. 0,02
Nb + Ta	4 - 6

El material que se produce mediante este proceso de fabricación presenta claramente menos defectos (50 %), con un tamaño de defecto comparativo de 0,8 mm en una prueba ultrasónica.

El método según la invención debería utilizarse preferentemente para las siguientes aleaciones:

- 5
- Alloy 601
 - Alloy 602 CA y su variante MCA
 - Alloy 617 y sus variantes 617 B y 617 OCC
 - Alloy 625
- 10
- Alloy 690
 - Alloy 699XA
 - Alloy 718 y sus variantes
 - Alloy 780
 - Alloy 788
- 15
- Alloy 80A
 - Alloy 81
 - Alloy X-750
 - Alloy C-263
 - Alloy K-500
- 20
- Waspaloy
 - FM625
 - FM 617, así como
 - FM 602

25 La Tabla 1 muestra intervalos de análisis ejemplares para las aleaciones antes mencionadas.

Se consiguen formatos de bloque > 400 mm (redondos y cuadrados).

Los bloques VIM, ESU y VAR también se pueden forjar a la dimensión de electrodo para generar una mejor homogeneidad, que puede ser necesaria según la aleación y el diámetro del bloque.

5 El conformado en caliente a la forma de producto y dimensión requeridas se puede efectuar mediante los métodos habituales (forjado, laminado, etc.).

Los bloques y barras fabricados mediante este método se pueden fabricar posteriormente en formas de producto semiacabado (barras, chapas, bandas, láminas, alambres, etc.) con métodos habituales.

10 El método según la invención se explica a modo de ejemplo como sigue:

Con el método según la invención se fabricaron varias masas fundidas, por ejemplo S3 y S4.

- 15
- Los electrodos se generaron mediante VIM.
 - Para la reducción de tensiones y para la compensación de segregaciones, los electrodos se trataron térmicamente en un horno en el intervalo de temperatura entre 500 °C y 1300 °C durante un periodo de 10 a 72 horas. En este caso se trataron térmicamente en el intervalo de temperatura de 1000°C a 1300°C durante al menos 10 horas y un máximo de 48 horas.
 - 20 - Los electrodos se enfriaron al aire o en un horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C.
 - Los electrodos se sometieron a tratamientos superficiales como esmerilado, etc.
 - A continuación, los electrodos se refundieron para dar un bloque ESU mediante ESU con una tasa de refundición de 3 a 6 kg/minuto.
 - 25 - Los bloques ESU se enfriaron en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C.
 - Los bloques ESU se refundieron mediante VAR con una tasa de refundición de 3 a 6 kg/minuto.
 - Después, los bloques VAR se trataron térmicamente en un horno en el intervalo de temperatura entre 500 y 1220 °C durante un periodo de 20 a 100 horas.
 - A continuación, los bloques VAR esmerilados o sin tratar se procesaron para dar barras mediante conformado en caliente, o bien en frío.
- 30

En el caso de las masas fundidas comparativas S1 y S2 sin el método según la invención, los electrodos generados mediante VIM se trataron térmicamente solo en un horno en el intervalo de temperatura entre 500 °C y 1000 °C durante un periodo de 10 a 48 horas para la reducción de tensiones y la compensación de segregaciones.

35 Todas las masas fundidas (tanto masas fundidas según la invención como comparativas) se fabricaron según los informes de análisis de Alloy 718 (véase la Tabla 1).

Las desviaciones de la tasa de refundición seleccionada que se produjeron durante la fabricación se pueden extraer de las Figuras 1 a 4.

40 Se produjeron desviaciones de la tasa de refundición hasta el siguiente nivel.

	S1 (414972)	S2 (415078)	S3 (415130)	S4 (415156)
Exceso	+26,39%	+43,89%	+2,2	+2,2
Defecto	-40,83%	-46,67%	-0,83	-0,56

ES 2 999 761 T3

Tabla 1

	VDM Alloy 601	VDM Alloy 602 CA/MCA	VDM FM 602	VDM Alloy 617 (B/OCC)	VDM FM 617	VDM Alloy 625
	Alloy 601	Alloy 602 CA/MCA	FM 602	Alloy 617 (B/OCC)	FM617	Alloy 625
% en masa	mín - máx	mín - máx	mín - máx	mín - máx	mín - máx	mín - máx
C	0,03-0,1	0,15-0,25	0,15-0,25	0,05-0,08	0,05-0,15	-0,03
S	-0,015	-0,01		-0,008		-0,01
N						
Cr	21-25	24-26	24-26	21-23	20-24	21-23
Ni	58-63	59-66	59-66	45-58	50-61	58-71
Mn	-1	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-0,5
Si	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3	-1	-0,4
Mo				8-10	8-10	8-10
Ti	-0,5	0,1-0,2	0,1-0,2	0,25-0,5	-0,6	-0,4
Nb				-0,6		
Cu	-0,5	-0,1	-0,1		-0,5	
Fe	-18	8-11	8-11	-1,5	-3	-5
P	-0,02	-0,02		-0,012	-0,03	-0,01
Al	1-1,7	1,8-2,4	1,8-2,4	0,8-1,3	0,8-1,5	-0,4
Mg						
Ca						
SE						
V				-0,6		
Zr		0,01-0,1	0,01-0,1			
W					-0,5	
Co			-1	11-13	10-15	-1
Y			0,05-0,12			
La						
B	-0,006			0,001-0,005		
Hf						
Ta						
Ce						
O						
Pb						
Sn						
Zn						
Se						
Bi						
Sb						
Cd						
Hg						
H						
As						
Nb + Ta			3,2-3,8			3,2-3,8

ES 2 999 761 T3

	VDM FM 625	VDM Alloy 690	VDM Alloy 699XA	VDM Alloy 718	VDM Alloy 718 CTP	VDM FM 718
	FM625	Alloy 690	Alloy 699XA	Alloy 718	Alloy 718 CTP	FM 718
% en masa	mín - máx	mín - máx	mín - máx	mín - máx	mín - máx	mín - máx
C	-0,1	-0,05	0,005-0,12	-0,08	-0,045	-0,08
S		-0,015	-0,01	-0,015	-0,01	
N			-0,05			
Cr	20-23	27-31	26-30	17-21	17-21	17-21
Ni	58-71	58-66	62-72	50-55	50-55	50-55
Mn	-0,5	-0,5	-0,5	-0,35	-0,35	-0,3
Si	-0,5	-0,5	-0,5	-0,35	-0,35	-0,3
Mo	8-10			2,8-3,3	2,8-3,3	2,8-3,3
Ti	-0,4		-0,6	0,65-1,15	0,8-1,15	0,7-1,1
Nb	3-4,1		-0,5	4,75-5,5	Nb+Ta	4,8-5,5
Cu	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3	-0,23	-0,3
Fe	-5	7-11	-2,5	6-25	12-24	-24
P			-0,02	-0,015	-0,01	-0,015
Al	-0,4		2-3	0,2-0,8	0,4-0,6	0,2-0,8
Mg						
Ca						
SE						
V						
Zr			-0,1			
W						
Co				-1	-1	
Y						
La						
B			-0,008	-0,006	-0,006	-0,006
Hf						
Ta				-0,05		
Ce						
O						
Pb				-0,0005	-0,001	
Sn						
Zn						
Se				-0,0003	-0,0005	
Bi				-0,00003	-0,00005	
Sb						
Cd						
Hg						
H						
As						
Nb + Ta	3,2-3,8				4,87-5,2	

ES 2 999 761 T3

	VDM Alloy 780	VDM Alloy 788	Waspaloy	VDM Alloy C-263	VDM Alloy 80A	VDM Alloy 81
	Alloy 780	Alloy 788	Waspaloy N07001	Alloy C-263	Alloy 80A	Alloy 81
			2.4654			
% en masa	mín - máx	mín - máx	mín – máx	mín - máx	mín - máx	mín - máx
C	-0,1	0,04-0,1	0,02-0,1	0,04-0,08	0,04-0,1	-0,08
S	-0,015	-0,01	-0,03	-0,007	-0,015	-0,02
N	-0,03					
Cr	16-20	18-21	18-21	19-21	18-21	28-32
Ni	26-62	51-69	49,6-62,5	50-55	65-79	59-66
Mn	-0,5	-1	-1	-0,6	-1	-0,7
Si	-0,3	-0,5	-0,75	-0,4	-1	-0,7
Mo	2-4		3,5-5	5,6-6,1		-0,5
Ti	0,1-1	1,8-2,7	2,75-3,25	1,9-2,4	1,8-2,7	1,5-2,1
Nb						
Cu	-0,5	-0,2	-0,5	-0,2	-0,2	-0,25
Fe	-10	8-15	-2	-0,7	-1,5	-1,5
P	-0,03	-0,02	-0,03	-0,015		
Al	1-3	1-1,8	1,2-1,6	0,3-0,6	1-1,8	-1,2
Mg	-0,01					-1
Ca	-0,01					
SE						
V						
Zr	-0,05		0,02-0,12			0,01-0,1
W						
Co	15-28	3-7	12-15	19-21		01. Mrz
Y						
La						
B	-0,02	-0,008	0,003-0,01	-0,005		-0,006
Hf						
Ta						
Ce						
O	-0,02					
Pb				-0,002		
Sn						
Zn						
Se						
Bi						
Sb						
Cd						
Hg						
H						
As						
Nb + Ta	4-6					

ES 2 999 761 T3

	VDM Alloy K-500	Alloy X-750	
	Alloy K-500	Alloy X-750	
		N07750	
		2,4669	
% en masa	mín - máx	mín - máx	
C	-0,18	-0,08	
S	-0,01	-0,01	
N			
Cr		14-17	
Ni	63-70	70-77,5	
Mn	-1,5	-1	
Si	-0,5	-0,5	
Mo			
Ti	0,35-0,85	2,25-2,75	
Nb		0,7-1,2	
Cu	27-33	-0,5	
Fe	0,5-2	5-9	
P	-0,02		
Al	2,3-3,15	0,4-1	
Mg			
Ca			
SE			
V			
Zr			
W			
Co		-1	
Y			
La			
B			
Hf			
Ta			
Ce			
O			
Pb	-0,006		
Sn	-0,006		
Zn	-0,02		
Se			
Bi			
Sb			
Cd			
Hg			
H			
As			
Nb + Ta		0,7-1,2	

Explicaciones de términos

- 5 VIM Vacuum Induction Melting (fusión por inducción en vacío)
VOD Vacuum Oxygen Decarburization (descarburación de oxígeno en vacío)
VLF Vacuum Ladle Furnace (horno de cuchara en vacío)
ESU Refundición por electroescoria
VAR Vacuum Arc Remelting (refundición por arco voltaico en vacío)

10

REIVINDICACIONES

1. Método para la producción de una aleación a base de níquel,

- 5 - generándose un electrodo mediante VIM, VOF o VLF,
- sometiéndose el electrodo a un tratamiento térmico en un horno para la reducción de tensiones y envejecimiento en el intervalo de temperatura entre 500 y 1300°C durante un periodo de 10 a 336 horas, en donde se trata térmicamente al menos 10 horas y un máximo de 48 horas en el intervalo de temperatura de 1000°C a 1300°C,
- 10 - enfriándose el electrodo al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C,
- a continuación refundiéndose el electrodo enfriado mediante ESU para dar un bloque ESU con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto,
- enfriándose el bloque ESU al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900 °C,
- 15 - refundiéndose el bloque ESU de nuevo con una tasa de fusión de 3,0 a 10 kg/minuto y una amplitud de fluctuación de la tasa de refundición de menos del 15 %, mejor aún al 10 %, idealmente del 5 %, por medio de VAR,
- sometiéndose el bloque VAR refundido a un tratamiento térmico en el intervalo de temperaturas entre 500 y 1250°C durante un periodo de 10 a 336 horas,
- 20 - a continuación llevándose el bloque VAR a la forma de producto y dimensión deseadas mediante conformado en caliente y/o en frío.

25 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el electrodo se somete a un tratamiento superficial antes de su refundición ESU.

3. Método según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** el bloque ESU se somete a un tratamiento superficial antes de su refundición VAR.

30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde

- se genera un electrodo mediante VIM,
- si la aleación base Ni forma una fase gamma prima: se coloca el electrodo en un horno antes de que se enfríe por debajo de 200 °C, idealmente antes de que se enfríe por debajo de 250 °C,
- 35 - se somete el electrodo a un tratamiento térmico en un horno en un intervalo de temperatura entre 500 y 1250°C durante un periodo de 10 a 336 horas en un horno para la reducción de tensiones y envejecimiento,
- se enfría el electrodo al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C,
- se procesa la superficie del electrodo para la eliminación de defectos y para la limpieza (por ejemplo mediante cepillado, esmerilado, decapado, separación, peladura, etc.),
- 40 - a continuación se refunde el electrodo enfriado mediante ESU con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto para dar un bloque ESU con un diámetro de 400 a 1500 mm,
- se enfría el bloque ESU al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900 °C,
- eventualmente se procesa la superficie del bloque ESU para la eliminación de defectos y para la limpieza (por ejemplo mediante cepillado, esmerilado, decapado, separación, peladura, etc.),
- 45 - se somete el bloque ESU a un tratamiento térmico adicional en el intervalo de temperatura entre 500 y 1250 °C durante un periodo de 10 a 336 horas,
- se enfría el bloque ESU al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 870 °C,
- 50 - se refunde el bloque ESU de nuevo por medio de VAR con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto y con una amplitud de fluctuación de la tasa de refundición de menos del 15 %, mejor aún del 10 %, idealmente del 5 % para dar un bloque VAR con un diámetro de 400 a 1500 mm,
- si la aleación base Ni forma una fase gamma prima: se coloca el bloque VAR en un horno antes de que se enfríe por debajo de 200 °C en la zona de la cabeza, idealmente antes de que se enfríe por debajo de 250 °C,
- 55 - se somete el bloque VAR refundido a un tratamiento térmico en el intervalo de temperatura entre 500 y 1250 °C durante un periodo de 10 a 336 horas,
- se enfría el bloque VAR al aire o en el horno a una temperatura comprendida entre la temperatura ambiente e inferior a 900 °C, o se transfiere a un proceso de termoformado mientras está en estado caliente por encima de 850 °C,
- 60 - a continuación se lleva el bloque VAR a la forma de producto deseada (por ejemplo bloque, barra, alambre, chapa, banda, lámina) y dimensión mediante conformado en caliente y/o en frío (por ejemplo forja, laminado, trefilado).

65 5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el bloque VAR se refunde en pasos de refundición VAR adicionales con una tasa de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto y a continuación se somete a un tratamiento térmico en el intervalo de temperatura entre 500 y 1300 °C durante un periodo de 10 a 336 horas.

6. Método según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que**, después del último tratamiento térmico al aire o en el horno, se enfría el bloque VAR al aire o en el horno a una temperatura entre temperatura ambiente y menos de 900°C.

5 7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que**, después del último tratamiento térmico, se transfiere el bloque VAR en caliente a un proceso de conformado térmico a una temperatura de más de 800 °C.

8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que se utiliza una aleación de la siguiente composición (en % en peso):

10

C	máx. 0,25%
S	máx. 0,03%
Cr	17 - 32%
Ni	33 - 72%
Mn	máx. 1%
Si	máx. 1%
Mo	0 - 10%
Ti	hasta 3,25%
Nb	hasta 5,5%
Cu	hasta 0,5%
Fe	hasta 25%
P	máx. 0,03%
Al	hasta 3,15%
V	máx. 0,6%
Zr	máx. 0,1%
Co	hasta 35%
B	máx. 0,02%

e impurezas debidas a la producción.

9. Método según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** se utiliza una aleación de la siguiente composición (en % en peso):

15

C	máx. 0,08
S	máx. 0,015
Cr	17-21
Ni	50-55
Mn	máx. 0,35

Si	máx. 0,35
Mo	2,8-3,3
Ti	0,65-1,15
Nb	4,75-5,5
Cu	máx. 0,3
Fe	6-25
P	máx. 0,015
Al	0,2-0,8
Co	máx. 1
B	máx. 0,006
Pb	máx. 0,001
Se	máx. 0,0005
Bi	máx. 0,00005
Nb+Ta	4,75 hasta 5,5%

e impurezas debidas a la producción.

10. Método según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** Se utiliza una aleación de la siguiente composición (en % en peso):

5

C	máx. 0,1
S	máx. 0,015
N	máx. 0,03
Cr	16-20
Ni	26-62
Mn	máx. 0,5
Si	máx. 0,3
Mo	2-4
Ti	0,1-1
Cu	máx. 0.5
Fe	máx. 10
P	máx. 0,03
Al	1-3

Mg	máx. 0,01
Ca	máx. 0,01
Zr	máx. 0,05
Co	15-28
B	máx. 0,02
O	máx. 0,02
Nb+Ta	4-6

e impurezas debidas a la producción.

11. Método según una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el diámetro del bloque VAR generado es > 450 mm.
- 5 12. Método según una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el diámetro del bloque VAR generado es > 500 mm.
13. Método según una de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el bloque generado está libre de defectos de refundición y presenta en ultrasonido un tamaño de defecto comparativo < 0,8 mm.
- 10 14. Método según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el tratamiento térmico del bloque VIM se efectúa durante al menos 10 horas y un máximo de 48 horas en el intervalo de temperatura de 1000°C a 1300°C.