



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 341 048**

51 Int. Cl.:  
**C22C 38/08** (2006.01)  
**C22C 38/10** (2006.01)  
**C22C 30/00** (2006.01)  
**C21D 6/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07721864 .2**  
96 Fecha de presentación : **26.01.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1979501**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.10.2008**

54 Título: **Aleación de hierro-níquel.**

30 Prioridad: **02.02.2006 DE 10 2006 005 250**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**14.06.2010**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**14.06.2010**

73 Titular/es: **ThyssenKrupp VDM GmbH  
Plettenberger Strasse 2  
58791 Werdohl, DE**

72 Inventor/es: **Gehrmann, Bodo y  
De Boer, Bernd**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 341 048 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 2 341 048 T3

## DESCRIPCIÓN

Aleación de hierro-níquel.

5 La invención se refiere al uso de una aleación de hierro-níquel resistente a la fluencia y de baja dilatación con mayor resistencia mecánica.

10 De forma creciente se fabrican componentes también para productos de seguridad relevante, como en la construcción aeronáutica, a partir de plásticos reforzados con fibras de carbono (CFK). Para la producción de tales componentes se necesitan bases de bastidor de gran tamaño como piezas de moldeo-herramienta, procesándose hasta la fecha aleaciones de hierro-níquel con aproximadamente 36% de níquel (Ni36).

15 Las aleaciones utilizadas hasta la fecha tienen ciertamente un coeficiente de dilatación térmica que se encuentra por debajo de  $2,0 \times 10^{-6}/K$ , pero sus propiedades mecánicas deben considerarse demasiado bajas.

20 Por el documento US 5,688,71 A se ha dado a conocer una aleación altamente resistente con un coeficiente de dilatación de como máximo  $4,9 \times 10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$  a  $204^\circ\text{C}$  que está compuesta por (en % en masa) 40,5 a 48% de Ni, 2 a 3,7% de Nb, 0,75 a 2% de Ti, como máximo 3,7% de contenido total de Nb + Ta, 0 a 1% de Al, 0 a 0,1% de C, 0 a 1% de Mn, 0 a 1% de Si, 0 a 1% de Cu, 0 a 1% de Cr, 0 a 5% de Co, 0 a 0,01% de B, 0 a 2% de W, 0 a 2% de V, 0 a 0,01 de contenido total de Mg + Ca + Ce, 0 a 0,5% de Y y tierras raras, 0 a 0,1% de S, 0 a 0,1% de P, 0 a 0,1% de N y como material restante hierro e impurezas despreciables. La aleación debe poderse utilizar para la fabricación de moldes para materiales compuestos con bajo coeficiente de dilatación, p.ej. para materiales compuestos con fibras de carbono, o para la fabricación de cintas electrónicas, leadframes (portacircuitos) o máscaras endurecibles para tubos de pantallas de televisión.

25 Del documento JP 04180542 A1 se desprende una aleación altamente resistente y con poca dilatación de la siguiente composición:  $\leq 0,2\%$  de C,  $\leq 2,0\%$  de Si,  $\leq 2,0\%$  de Mn, 35 - 50% de Ni,  $\leq 12\%$  de Cr, 0,2 - 1,0% de Al, 0,5 - 2,0% de Ti, 2,0 - 6,0% de Nb, resto Fe. En tanto sean necesarios pueden preverse también los siguientes elementos:  $\leq 0,02\%$  de B y/o  $\leq 0,2\%$  de Zr. La aleación puede utilizarse entre otras cosas para moldes metálicos para la fabricación de vidrio plano de precisión.

30 El documento WO 01/07673 da a conocer una aleación de hierro-níquel resistente a la fluencia y de baja dilatación que presenta (en % en masa) además como máx. 0,2% de C, como máx. 0,3% de Mn, como máx. 0,3% de Si y como máx. un contenido de Al de 0,05 a 3,0%, un contenido de Ti de 0,1 a 3,0%,  $\leq 1,0$  de Nb así como un contenido de Ni de 39,0 a 45,0%, el resto hierro e impurezas inherentes a la producción, que presenta en el intervalo de 20 a  $100^\circ\text{C}$  un coeficiente de dilatación térmica  $< 6,0 \times 10^{-6}/K$ . Esta aleación de hierro-níquel puede utilizarse para componentes pasivos de bimetales térmicos, componentes para la fabricación, almacenamiento y transporte de gases licuados, componentes de la tecnología láser, leadframes, vidrio soldado con metal, piezas de marco de máscaras de sombra de pantallas de televisión o monitores así como componentes de cañones electrónicos, en especial en tubos de televisión.

35 En el documento EP 1 063 304 A1 se describe un dispositivo para un tubo de imagen de rayos catódicos con pantalla plana que comprende un marco de sujeción para una máscara de sombra y una máscara de sombra que está colocada en el marco de sujeción de modo que bajo tensión esté a temperatura ambiente. El marco de sujeción está compuesto por una aleación de hierro-níquel con un coeficiente de dilatación térmica en el intervalo de temperaturas de 20 a  $150^\circ\text{C} < 5 \times 10^{-6}/K$ . Lo mismo rige para la máscara de sombra que debe presentar en el mencionado intervalo de temperaturas un coeficiente de dilatación térmica análogo. La aleación de hierro-níquel tiene la siguiente composición (en % en masa):

$$40,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Cu} \leq 44,5\%$$

$$50 \quad 0\% \leq \text{Co} \leq 5\%$$

$$0\% \leq \text{Cu} \leq 3\%$$

$$55 \quad 1,5\% \leq \text{Ti} \leq 3,5\%$$

$$0,05\% \leq \text{Al} \leq 1\%$$

$$\text{C} \leq 0,05\%$$

$$60 \quad \text{Si} \leq 0,5\%$$

$$\text{Mn} \leq 0,5\%$$

$$\text{S} \leq 0,01\%$$

$$65 \quad \text{P} \leq 0,02\%$$

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción.

## ES 2 341 048 T3

Mediante el documento JP 10310845 A1 se ha dado conocer una aleación altamente resistente con bajo coeficiente de dilatación térmica que presenta la siguiente composición (en % en masa):  $\leq 0,15$  de C,  $\leq 0,5$  de Si,  $\leq 0,5\%$  de Mn, 0,5 a 4% de Ti y 0,2% de Al, 30,7 a 43,0% de Ni,  $\leq 14\%$  de Co. En caso necesario puede añadirse al menos uno de los elementos V, W, Nb y Mo  $\leq 1,0\%$  así como al menos uno de los elementos S, Pb, Ca y TR  $\leq 0,5\%$ . El resto se forma con hierro.

Además de un bajo coeficiente de dilatación térmica se desea, en especial los constructores de moldes en la construcción aeronáutica, una aleación mejorada que presente frente al Ni36 una mayor resistencia mecánica.

La invención se plantea por consiguiente el objetivo de encontrar un nuevo campo de utilización para una aleación de Fe-Ni en el que la aleación tenga que presentar además de un bajo coeficiente de dilatación térmica también una mayor resistencia mecánica.

Este objetivo se consigue mediante el uso de una aleación de hierro-níquel resistente a la fluencia y de baja dilatación con mayor resistencia mecánica, con (en % en masa)

Ni	40 a 43%
C	máx. 0,1%
Ti	2,0 a 3,5%
Al	0,1 a 1,5%
Nb	0,1 a 1,0%
Mn	0,005 a 0,8%
Si	0,005 a 0,6%
Co	máx. 0,5%
Cr	máx. 0,1%
Mo	máx. 0,1%
Cu	máx. 0,1%
Mg	máx. 0,005%
B	máx. 0,005%
N	máx. 0,006%
O	máx. 0,003%
S	máx. 0,005%
P	máx. 0,008%
Ca	máx. 0,005%

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 5 \times 10^{-6}/K$ , en la construcción de moldes de CFK.

Este objetivo se consigue alternativamente también mediante el uso de una aleación de hierro-níquel resistente a la fluencia y de baja dilatación con mayor resistencia mecánica, con (en % en masa)

Ni	37 a 41%
C	máx. 0,1%
Ti	2,0 a 3,5%

## ES 2 341 048 T3

	Al	0,1 a 1,5%
	Nb	0,1 a 1,0%
5	Mn	0,005 a 0,8%
	Si	0,005 a 0,6%
	Co	2,5 a 5,5%
10	Cr	máx. 0,1%
	Mo	máx. 0,1%
15	Cu	máx. 0,1%
	Mg	máx. 0,005%
	B	máx. 0,005%
20	N	máx. 0,006%
	O	máx. 0,003%
25	S	máx. 0,005%
	P	máx. 0,008%
	Ca	máx. 0,005%

30 el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que cumple la siguiente condición

35  $Ni + \frac{1}{2} Co > 38$  a  $< 43,5$ , presentando la aleación en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 4 \times 10^{-6}/K$ , en la construcción de moldes de CFK.

40 De las reivindicaciones subordinadas correspondientes se desprenden variantes ventajosas del uso alternativo por una parte exento de cobalto y por otra parte con contenido de cobalto.

La aleación puede, para casos de aplicación análogos, estar prevista por una parte exenta de cobalto y por otra parte con adiciones de contenidos definidos de cobalto. Las aleaciones con cobalto se caracterizan por coeficientes de dilatación térmica todavía menores, sin embargo tienen el inconveniente de que conllevan un factor de coste elevado frente a las aleaciones exentas de cobalto.

50 Frente a las aleaciones utilizadas hasta ahora basadas en Ni36, con los objetos de la invención pueden cumplirse los deseos del constructor de moldes, en especial en la construcción aeronáutica, en virtud de un bajo coeficiente de dilatación térmica aceptable para el caso de aplicación, con al mismo tiempo una resistencia mecánica mayor.

Si la aleación debe estar exenta de cobalto, esta presenta ventajosamente la siguiente composición (en % en masa)

55	Ni	40,5 a 42%
	C	0,001 a 0,05%
	Ti	2,0 a 3,0%
60	Al	0,1 a 0,8%
	Nb	0,1 a 0,6%
65	Mn	0,005 a 0,1%

## ES 2 341 048 T3

Si 0,005 a 0,1%

Co máx. 0,1%

5 el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica  $< 4,5 \times 10^{-6}/K$ .

10 Según el caso de aplicación los contenidos de los elementos de la aleación mencionados pueden limitarse adicionalmente en sus contenidos para la consecución de coeficientes de dilatación térmica  $< 4,0 \times 10^{-6}/K$ , en especial  $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ . Una aleación semejante se caracteriza por la siguiente composición (en % en masa):

15 Ni 41 a 42%

C 0,001 a 0,02%

Ti 2,0 a 2,5%

20 Al 0,1 a 0,45%

Nb 0,1 a 0,45%

Mn 0,005 a 0,05%

25 Si 0,005 a 0,05%

Co máx. 0,05%

30 el resto hierro e impurezas inherentes a la producción.

En la Tabla siguiente están indicados los elementos accidentales más bien no deseados con sus contenidos máximos (en % en masa)

35 Cr máx. 0,1%

Mo máx. 0,1%

40 Cu máx. 0,1%

Mg máx. 0,005%

B máx. 0,005%

45 N máx. 0,006%

O máx. 0,003%

50 S máx. 0,005%

P máx. 0,008%

55 Ca máx. 0,005%

Si para la construcción de moldes debe utilizarse una aleación con cobalto, puede lo mismo, conforme a otro concepto de la invención, estar compuesta como sigue (en % en masa):

60 Ni 37,5 a 40,5%

C máx. 0,1%

Ti 2,0 a 3,0%

65 Al 0,1 a 0,8%

## ES 2 341 048 T3

Nb 0,1 a 0,6%

Mn 0,005 a 0,1%

5 Si 0,005 a 0,1%

Co > 3,5 a < 5,5%

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

10

que cumple la siguiente condición

$$\text{Ni} + \frac{1}{2} \text{Co} > 38 \text{ a } < 43\%,$$

15

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio < 3,5 x 10<sup>-6</sup>/K.

Otra aleación presenta la siguiente composición (en % en masa):

20

Ni 38,0 a 39,5%

C 0,001 a 0,05%

25

Ti 2,0 a 3,0%

Al 0,1 a 0,8%

30

Nb 0,1 a 0,6%

Mn 0,005 a 0,1%

Si 0,005 a 0,1%

35

Co > 4 a < 5,5%

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción, que cumple la siguiente condición

40

$$\text{Ni} + \frac{1}{2} \text{Co} > 38,5 \text{ a } < 43\%,$$

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio < 3,5 x 10<sup>-6</sup>/K.

45

Para casos de aplicación especiales, en especial para la reducción de los coeficientes de dilatación térmica a los intervalos de < 3,2 x 10<sup>-6</sup>/K, en especial de < 3,0 x 10<sup>-6</sup>/K, pueden limitarse además algunos de los elementos en sus contenidos como sigue (en % en masa):

50

Ni 38,0 a 39,0%

C 0,001 a 0,02%

Ti 2,0 a 2,5%

55

Al 0,1 a 0,45%

Nb 0,1 a 0,45%

60

Mn 0,005 a 0,05%

Si 0,005 a 0,5%

Co > 4 a < 5,5%

65

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción, que cumple la siguiente condición

$$\text{Ni} + \frac{1}{2} \text{Co} > 40 \text{ a } < 42\%.$$

## ES 2 341 048 T3

Para las aleaciones que contienen Co los elementos accidentales no deben sobrepasar los siguientes contenidos máx. (en % en masa):

5	Cr	máx. 0,1%
	Mo	máx. 0,1%
	Cu	máx. 0,1%
10	Mg	máx. 0,005%
	B	máx. 0,005%
15	N	máx. 0,006%
	O	máx. 0,003%
	S	máx. 0,005%
20	P	máx. 0,008%
	Ca	máx. 0,005%.

25 Tanto la aleación exenta de cobalto como también la que contiene cobalto se utilizarán en la construcción de moldes de CFK, a saber en forma de material de chapa, de fleje o de tubo.

Es igualmente concebible el uso de la aleación como alambre, en especial como material de aportación de soldadura, para la unión de los semiproductos que forman el molde.

30 De modo especialmente ventajoso la aleación se utilizará como componente de molde para la producción de piezas de avión de CFK, como por ejemplo superficies de sustentación, piezas de fuselaje o timonería.

35 También es concebible utilizar la aleación solo para aquellas piezas del molde que se carguen mecánicamente fuertemente. Las piezas menos cargadas se realizan entonces de una aleación que presente un comportamiento de dilatación térmica que se adapte al material a utilizar.

40 Ventajosamente los moldes se elaboran como piezas fresadas a partir de material macizo conformado en caliente (forjado o laminado) o fundido y si es necesario recocido a continuación.

A continuación se comparan aleaciones preferidas en lo relativo a sus propiedades mecánicas con una aleación conforme al estado de la técnica.

45 En la Tabla 1 siguiente puede verse la composición química de dos masas fundidas de laboratorio exentas de cobalto investigadas en comparación con dos aleaciones Pernifer 36 a asignar al estado de la técnica.

50 (Tabla pasa a página siguiente)

55

60

65

# ES 2 341 048 T3

## TABLA 1

5	Aleación	Pernifer 36 MoSo2	Pernifer 36	Pernifer 40 Ti HS	Pernifer 41 Ti HS
	Carga de LB	151292	50576	1018	1019
	Elemento (%)				
10	Cr	0,20%	0,03	0,01	0,01
	Ni	36,31	36,07	40,65	41,55
	Mn	0,12	0,31	0,01	0,01
15	Si	0,12	0,07	0,01	0,01
	Mo	0,61	0,06	0,01	0,01
	Ti	< 0,01	< 0,01	2,29	2,34
20	Nb	0,08	< 0,01	0,38	0,39
	Cu	0,03	0,03	0,01	0,03
	Fe	Resto	Resto	R 56,24	R 55,31
25	Al	0,02	< 0,01	0,35	0,31
	Mg	0,0016	< 0,001	0,0005	0,0005
	Co	0,02	0,02	0,01	0,01
30	B			0,0005	0,0005
	C			0,003	0,003
	N			0,002	0,002
35	Zr			0,003	0,002
	O			0,004	
	S			0,002	0,002
40	P			0,002	0,002
	Ca	0,003	0,0003	0,0005	0,0005

45

En la Tabla 2 se comparan masas fundidas de laboratorio que contienen cobalto con una aleación Pernifer 36 asignada al estado de la técnica.

50

## TABLA 2

55	Aleación	Pernifer 36	Pernifer 37 TiCo HS	Pernifer 39 TiCo HS	Pernifer 40 TiCo HS	Pernifer 37 TiHCo HS	Pernifer 39 TiHCo HS	Pernifer 40 TiHCo HS
	<b>Carga de LB</b>	<b>50576</b>	<b>1020</b>	<b>1021</b>	<b>1022</b>	<b>1023</b>	<b>1024</b>	<b>1025</b>
60	Elemento (%)							
65	Cr	0,20%	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01

## ES 2 341 048 T3

Aleación	Pernifer 36	Pernifer 37 TiCo HS	Pernifer 39 TiCo HS	Pernifer 40 TiCo HS	Pernifer 37 TihCo HS	Pernifer 39 TihCo HS	Pernifer 40 TihCo HS
Ni	36,31	37,28	38,48	40,54	37,01	38,54	40,15
Mn	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Si	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mo	0,61	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ti	< 0,01	2,33	2,31	2,28	2,41	2,36	2,39
Nb	0,08	0,37	0,37	0,37	0,43	0,42	0,43
Cu	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe	Resto	R 55,55	R 54,38	R 52,35	R 54,63	R 53,18	R 51,57
Al	0,02	0,29	0,28	0,27	0,29	0,29	0,28
Mg	0,0016	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Co	0,02	4,10	4,10	4,11	5,15	15,13	5,10
B		0,0005	0,0005	0,0006	0,0005	0,0006	0,0006
C		0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
N		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Zr		0,002	0,005	0,006	0,004	0,006	0,005
O		0,004	0,004	0,004	0,003	0,005	0,005
S		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
P		0,002	0,002		0,002	0,002	0,002
Ca	0,003	0,005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0006	0,0006

Las masas fundidas de laboratorio LB1018 a LB1025 se fundieron y se colaron en lingote. Los lingotes se laminaron en caliente a espesores de chapa de 12 mm. Una respectiva mitad de los lingotes se dejaron en 12 mm y se recocieron por disolución. La segunda mitad se laminó adicionalmente a 5,1 mm.

Las Tablas 3/3a y 4/4a muestran las propiedades mecánicas por una parte de las dos y por otra parte de las seis cargas de laboratorio en comparación con las dos cargas Pernifer de comparación a temperatura ambiente.

Conforme a la Tabla 3/3a se determinaron valores medios de material laminado en frío de espesor 4,1 a 4,2 mm en los estados laminado y recocido por disolución. Las respectivas muestras se laminaron en frío partiendo del estado laminado en caliente, que se habían laminado en caliente a partir de las chapas de 12 mm de espesor.

# ES 2 341 048 T3

TABLA 3

*Propiedades mecánicas (aleaciones exentas de cobalto)*

Estado laminado					
Carga	Aleación	R <sub>p0,2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A <sub>50</sub> (%)	Dureza HRB
LB 1018	Pernifer 40 Ti HS	715	801	11	100
LB 1019	Pernifer 41 Ti HS	743	813	11	101
151292	Pernifer 36 Mo So 2	693	730	12	95
50576	Pernifer 36	558	592	13	90
Recocido por disolución 1140°C/3 min					
Carga	Aleación	R <sub>p0,2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A <sub>50</sub> (%)	Dureza HRB
LB 1018	Pernifer 40 Ti HS	394	640	40	82
LB 1019	Pernifer 41 Ti HS	366	619	40	85
151292	Pernifer 36 Mo So 2	327	542	38	79
50576	Pernifer 36	255	433	38	66

TABLA 3a

*Propiedades mecánicas (aleaciones que contienen cobalto)*

Estado laminado					
Carga	Aleación	R <sub>p0,2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A <sub>50</sub> (%)	Dureza HRB
LB 1020	Pernifer 37 TiCo HS	762	819	11	100
LB 1021	Pernifer 39 TiCo HS	801	813	12	98
LB 1022	Pernifer 40 TiCo HS	782	801	13	98
LB 1023	Pernifer 37 TihCo HS	719	790	12	98
LB 1024	Pernifer 39 TihCo HS	727	801	13	99
LB 1025	Pernifer 40 TihCo HS	706	781	15	97
151292	Pernifer 36 Mo So 2	693	730	12	95
50576	Pernifer 36	558	592	13	90
Recocido por disolución 1140°C/3 min					
Carga	Aleación	R <sub>p0,2</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A <sub>50</sub> (%)	Dureza HRB
LB 1020	Pernifer 37 TiCo HS	439	660	38	84
LB 1021	Pernifer 39 TiCo HS	415	645	37	85
LB 1022	Pernifer 40 TiCo HS	401	655	42	83
LB 1023	Pernifer 37 TihCo HS	453	675	36	87
LB 1024	Pernifer 39 TihCo HS	437	667	37	83
LB 1025	Pernifer 40 TihCo HS	436	680	41	81
151292	Pernifer 36 Mo So 2	327	542	38	79
50576	Pernifer 36	255	433	38	66

## ES 2 341 048 T3

Conforme a la Tabla 4/4a están representadas las propiedades mecánicas de las dos o seis cargas de laboratorio en comparación con Pernifer 36 a temperatura ambiente en estado recocido por disolución y endurecido así como en estado solo endurecido. Se determinaron valores medios de muestras laminadas en frío de espesor 4,1 a 4,2 mm en los estados laminado y recocido por disolución. Las muestras se laminaron en frío partiendo del material laminado en caliente, que se habían laminado en caliente a partir de las chapas de 12 mm de espesor.

TABLA 4

*Propiedades mecánicas a temperatura ambiente  
(aleaciones exentas de cobalto)*

<b>Endurecido a 732°C/1h</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1018	Pernifer 40 Ti HS	1205	1299	3	113
LB 1019	Pernifer 41 Ti HS	1197	1286	2	112
151292	Pernifer 36 Mo So 2	510	640	23	91
50576	Pernifer 36	269	453	40	73
<b>Recocido por disolución + endurecido 1140°C/3 min + 732°C/1h</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1018	Pernifer 40 Ti HS	896	1135	12	10
LB 1019	Pernifer 41 Ti HS	901	1125	10	112
151292	Pernifer 36 Mo So 2	319	539	38	77
50576	Pernifer 36	242	427	43	65

TABLA 4a

*Propiedades mecánicas a temperatura ambiente  
(aleaciones que contienen cobalto)*

<b>Endurecido a 732°C/1h</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1020	Pernifer 37 TiCo HS	1182	1304	4	114
LB 1021	Pernifer 39 TiCo HS	1144	1257	3	111
LB 1022	Pernifer 40 TiCo HS	1185	1290	3	111
LB 1023	Pernifer 37 TiCo HS	1183	1308	6	112
LB 1024	Pernifer 39 TiCo HS	1147	1248	4	111
LB 1025	Pernifer 40 TiCo HS	1173	1277	3	114
151292	Pernifer 36 Mo So 2	510	640	23	91

ES 2 341 048 T3

50576	Pernifer 36	269	453	40	73
<b>Recocido por disolución + endurecido 1140°C/3 min + 732°C/1h</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1020	Pernifer 37 TiCo HS	986	1180	12	111
LB 1021	Pernifer 39 TiCo HS	946	1148	9	112
LB 1022	Pernifer 40 TiCo HS	899	1133	11	111
LB 1023	Pernifer 37 TihCo HS	980	1183	11	111
LB 1024	Pernifer 39 TihCo HS	946	1155	9	110
LB 1025	Pernifer 40 TihCo HS	911	1148	11	111
151292	Pernifer 36 Mo So 2	319	539	38	77
50576	Pernifer 36	242	427	43	65

La Tabla 5/5a muestra las propiedades mecánicas de las dos o seis cargas de laboratorio en comparación con Pernifer 36 a temperatura ambiente en estado recocido por disolución (1140°C/3 min) y en estado endurecido (732°C/6 h, arriba; 600°C/16 h, abajo). Se determinaron valores medios de muestras laminadas en frío de espesor 4,1 a 4,2 mm en los estados laminado y recocido por disolución. Las muestras se laminaron en frío partiendo del material laminado en caliente, que se habían laminado en caliente a partir de las chapas de 12 mm de espesor.

TABLA 5

*Propiedades mecánicas a temperatura ambiente  
(aleaciones exentas de cobalto)*

<b>Recocido por disolución + endurecido 1140°C/3 min + 732°C/6h/OK</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1018	Pernifer 40 Ti HS	926	1152	12	111
LB 1019	Pernifer 41 Ti HS	929	1142	12	112
151292	Pernifer 36 Mo So 2	326	542	37	76
50576	Pernifer 36	260	441	38	66
<b>Recocido por disolución + endurecido 1140°C/3 min + 600°C/16h</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1018	Pernifer 40 Ti HS	815	1007	20	105
LB 1019	Pernifer 41 Ti HS	814	1031	18	106
151292	Pernifer 36 Mo So 2	330	544	36	78
50576	Pernifer 36	257	442	37	66

# ES 2 341 048 T3

TABLA 5a

*Propiedades mecánicas a temperatura ambiente  
(aleaciones que contienen cobalto)*

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

<b>Recocido por disolución + endurecido 1140°C/3 min + 732°C/6h/OK</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1020	Pernifer 37 TiCo HS	949	1164	14	112
LB 1021	Pernifer 39 TiCo HS	921	1141	13	110
LB 1022	Pernifer 40 TiCo HS	916	1142	14	111
LB 1023	Pernifer 37 TihCo HS	950	1179	14	111
LB 1024	Pernifer 39 TihCo HS	927	1157	13	110
LB 1025	Pernifer 40 TihCo HS	930	1151	12	111
151292	Pernifer 36 Mo So 2	326	542	37	76
50576	Pernifer 36	260	441	38	66
<b>Recocido por disolución + endurecido 1140°C/3 min + 600°C/16h</b>					
<b>Carga</b>	<b>Aleación</b>	<b>R<sub>p0,2</sub> (MPa)</b>	<b>R<sub>m</sub> (MPa)</b>	<b>A<sub>50</sub> (%)</b>	<b>Dureza HRB</b>
LB 1020	Pernifer 37 TiCo HS	905	1068	16	107
LB 1021	Pernifer 39 TiCo HS	915	1075	13	107
LB 1022	Pernifer 40 TiCo HS	871	1065	14	107
LB 1023	Pernifer 37 TihCo HS	983	1125	13	107
LB 1024	Pernifer 39 TihCo HS	939	1096	14	107
LB 1025	Pernifer 40 TihCo HS	884	1060	15	105
151292	Pernifer 36 Mo So 2	330	544	36	78
50576	Pernifer 36	257	442	37	66

La Tabla 6/6a muestra coeficientes de dilatación térmica medios (20 a 200°C) en 10<sup>-6</sup>/K) de las dos o seis cargas de laboratorio en comparación con Pernifer 36 en distintos estados:

- A) chapa laminada en caliente de 12 mm de espesor, recocida por disolución
- B) chapa laminada en caliente de 12 mm de espesor, recocida por disolución y endurecida durante 1 hora a 732°C
- C,D,E,F) laminada en caliente a 5 mm (partiendo de chapa de 12 mm), laminada en frío a 4,15 mm.
- C) endurecida a 732°C/1 h
- D) recocida por disolución, 1140°C/3 min y endurecida, 732°C/1 h
- E) recocida por disolución, 1140°C/3 min y endurecida, 732°C/6 h
- F) recocida por disolución, 1140°C/3 min y endurecida, 600°C/16 h.

# ES 2 341 048 T3

TABLA 6

	Muestra	12 mm	12 mm	4,15 mm	4,15 mm	4,15 mm	4,15 mm	
	Estado	A	B	C	D	E	F	
	Aleación	Carga						
	Pernifer 40 Ti HS	LB 1018	3,19	2,72	3,45	3,55	3,18	4,26
	Pernifer 41 Ti HS	LB 1019	3,48	3,11	3,01	2,98	3,63	3,43
	Pernifer 36 Mo So 2	151292		1,6	1,97	1,98	2,03	2,13
	Pernifer 36	50576		1,2	1,43	1,44	1,5	1,23

TABLA 6a

	Muestra	12 mm	12 mm	4,15 mm	4,15 mm	4,15 mm	4,15 mm	
	Estado	A	B	C	D	E	F	
	Aleación	Carga						
	Pernifer 37 TiCo HS	LB 1020	2,90	3,00	2,83	3,33	3,04	3,59
	Pernifer 39 TiCo HS	LB 1021	3,33	2,73	2,52	2,87	2,63	2,89
	Pernifer 40 TiCo HS	LB 1022	4,81	3,48	3,28	3,53	3,48	3,31
	Pernifer 37 TiCo HS	LB 1023	3,15	2,50	2,42	3,09	2,68	3,22
	Pernifer 39 TiCo HS	LB 1024	3,91	2,93	2,61	3,24	2,87	2,71
	Pernifer 40 TiCo HS	LB 1025	5,04	3,64	3,46	3,59	3,77	3,48
	Pernifer 36 Mo So 2	151292		1,6	1,97	1,98	2,03	2,13
	Pernifer 36	50576		1,2	1,43	1,44	1,5	1,23

## Discusión de los resultados

### A Aleaciones exentas de cobalto

En estado laminado en frío (Tab. 3, arriba) el límite de fluencia  $R_{p0,2}$  se encuentra en el caso de las cargas de LB entre 715 y 743 MPa. La resistencia a la tracción  $R_m$  se encuentra entre 801 y 813 MPa. Los valores de dilatación  $A_{50}$  se encuentran en el 11%, las durezas HRB entre 100 y 101.

Por el contrario los valores de resistencia mecánicos en el caso de Pernifer 36 Mo So 2 son más bajos ( $R_{p0,2} = 693$  MPa,  $R_m = 730$  MPa) y en el de Pernifer 36 claramente más bajos ( $R_{p0,2} = 558$  MPa,  $R_m = 592\%$ ).

En el estado recocido por disolución (Tabla 3, abajo) los valores del límite de fluencia se encuentran entre 366 y 394 MPa en el caso de las cargas de LB, las resistencias a la tracción  $R_m$  se encuentran entre 619 y 649 MPa. Correspondientemente los valores de dilatación se encuentran por encima y los valores de dureza por debajo. La resistencia de Pernifer 36 Mo So 2 en estado recocido por disolución es inferior ( $R_{p0,2} = 327$  MPa,  $R_m = 542$  MPa) así como la de Pernifer 36 claramente inferior ( $R_{p0,2} = 255$  MPa,  $R_m = 433$  MPa).

Los valores de resistencia más altos se consiguen si las cargas de LB se endurecen (Tabla 4, arriba) p.ej. a 732°C/1 h en el estado laminado anterior (es decir, sin recocido por disolución previo). En este caso las cargas de LB alcanzan valores  $R_{p0,2}$  del límite de fluencia de 1197 a 1205 MPa y para la resistencia a la tracción  $R_m$  los valores entre 1286 y 1299 MPa. Los valores de dilatación se encuentran entonces todavía solo en el 2 a 3%. La dureza HRB sube a valores de 111 a 113. En el mismo estado laminado y recocido las aleaciones Pernifer 36 Mo So 2 y Pernifer 36 presentan valores de resistencia substancialmente menores ( $R_{p0,2} = 510$  MPa y 269 MPa respectivamente;  $R_m = 640$  MPa y 453 MPa respectivamente).

Como para los moldes de chapa el estado recocido por disolución es el adecuado, las propiedades mecánicas en el estado "recocido por disolución + endurecido" son relevantes. En la Tab. 4 abajo están listados los valores

## ES 2 341 048 T3

correspondientes para un tratamiento térmico de 1140°C/3 min + 732°C/1h. En este caso las cargas de LB alcanzan valores  $R_{p0,2}$  del límite de fluencia de 896 a 901 MPa y resistencias a la tracción  $R_m$  entre 1125 y 1135 MPa. En este estado recocido las aleaciones Pernifer 36 Mo So 2 y Pernifer 36 presentan valores de resistencia claramente menores.

5 Una prolongación del tiempo de recocido de 6 h en el tratamiento térmico de endurecimiento a 732°C modifica los valores de resistencia (v. Tab. 5, arriba) a intervalos de  $R_{p0,2}$  de 926 - 929 MPa y resistencias a la tracción  $R_m$  entre 1142 y 1152 MPa. También aquí las aleaciones de comparación presentan valores de resistencia claramente menores.

10 El descenso de la temperatura de recocido a 600°C del tratamiento térmico de endurecimiento con una duración de recocido de 16 h reduce los valores de resistencia en general en las cargas de LB claramente, en especial en el caso de la resistencia a la tracción  $R_m$  (v. Tabla 5, abajo).

15 La Tabla 6 muestra los valores de los coeficientes de dilatación térmica medios CTE(20-100°C) de las aleaciones investigadas en los estados considerados.

La composición química afecta a la temperatura de Curie y con ello a la temperatura de punto de rotura, por encima de la cual la curva de dilatación térmica incrementa su pendiente.

20 La Figura 1 muestra los coeficientes de dilatación (CTE) a 20-100°C y 20-200°C de las cargas de LB en el estado B (v. Tab. 6), es decir chapa de 12 mm laminada en caliente, recocida por disolución + 1 h de endurecimiento a 732°C, en función del contenido de Ni de la masa fundida de laboratorio.

25 La carga LB 1018 con un contenido de Ni de 40,65% presenta un coeficiente de dilatación inferior al de la carga LB 1019 con un contenido de Ni de 41,55%. Una masa fundida de ensayo con todavía menor contenido de Ni (Ni: 39,5%, Ti: 2,28%, Nb: 0,37%, Fe: resto, Al: 0,32%) mostró que el óptimo se alcanzó a aproximadamente 41% de níquel. Para los coeficientes de dilatación térmica entre 20°C y 200°C el óptimo se desplaza a un contenido de níquel algo mayor (aprox. 41,5%).

### B Aleaciones que contienen cobalto

30 En estado laminado (Tab. 3a, arriba) el límite de fluencia  $R_{p0,2}$  se encuentra en el caso de las cargas de LB entre 706 y 801 MPa. El valor más bajo lo presenta la carga LB 1025, el valor más alto la carga LB 1021. La resistencia a la tracción  $R_m$  se encuentra entre 730 y 819 MPa (el valor más bajo en LB 1025, el valor más alto en LB 1020). Los valores de dilatación  $A_{50}$  se encuentran entre el 11 y el 15%, las durezas HRB entre 97 y 100.

35 Por el contrario los valores de resistencia mecánicos en el caso de Pernifer 36 Mo So 2 son más bajos ( $R_{p0,2} = 693$  MPa,  $R_m = 730$  MPa) y en el de Pernifer 36 claramente más bajos ( $R_{p0,2} = 558$  MPa,  $R_m = 592$  MPa).

40 En el estado recocido por disolución (Tabla 3a, abajo) los valores del límite de fluencia se encuentran entre 401 y 453 MPa en el caso de las cargas de LB, las resistencias a la tracción  $R_m$  se encuentran entre 645 y 680 MPa. Correspondientemente los valores de dilatación se encuentran por encima y los valores de dureza por debajo. La resistencia de Pernifer 36 Mo So 2 en estado recocido por disolución es inferior ( $R_{p0,2} = 327$  MPa,  $R_m = 542$  MPa) así como la de Pernifer 36 claramente inferior ( $R_{p0,2} = 255$  MPa,  $R_m = 433$  MPa).

45 Los valores de resistencia más altos pueden conseguirse si las cargas de LB se endurecen (Tabla 4a, arriba) p.ej. a 732°C/1 h en el estado laminado anterior (es decir, sin recocido por disolución previo). En este caso las cargas de LB alcanzan valores  $R_{p0,2}$  del límite de fluencia de 1144 a 1185 MPa y para la resistencia a la tracción  $R_m$  valores entre 1248 y 1308 MPa. Los valores de dilatación se encuentran entonces todavía solo en el 3 a 6%. La dureza HRB sube a valores de 111 a 114. En el mismo estado laminado y recocido las aleaciones Pernifer 36 Mo So 2 y Pernifer 36 presentan valores de resistencia substancialmente menores ( $R_{p0,2} = 510$  MPa y 269 MPa respectivamente;  $R_m = 640$  MPa y 453 MPa respectivamente).

55 Como para los moldes de chapa el estado recocido por disolución es el adecuado, las propiedades mecánicas en el estado "recocido por disolución + endurecido" son relevantes. En la Tab. 4a abajo están listados los valores correspondientes para un tratamiento térmico de 1140°C/3 min + 732°C/1 h. En este caso las cargas de LB alcanzan valores  $R_{p0,2}$  del límite de fluencia de 899 a 986 MPa y resistencias a la tracción  $R_m$  entre 1133 y 1183 MPa. En este estado recocido las aleaciones Pernifer 36 Mo So 2 y Pernifer 36 presentan valores de resistencia claramente menores.

60 Una prolongación del tiempo de recocido de 6 h en el tratamiento térmico de endurecimiento a 732°C modifica los valores de resistencia (v. Tab. 5a, arriba) de modo que se alcanzan valores del límite de fluencia  $R_{p0,2}$  entre 916 y 950 MPa y resistencias a la tracción  $R_m$  entre 1142 y 1179 MPa.

65 El descenso de la temperatura de recocido a 600°C del tratamiento térmico de endurecimiento con una duración de recocido de 16 h reduce los valores de resistencia en general en las cargas de LB claramente, en especial en el caso de la resistencia a la tracción  $R_m$  (v. Tabla 5a, abajo).

En la Tabla 6a están expuestos los valores de los coeficientes de dilatación térmica medios CTE(20-100°C) de las aleaciones investigadas en los estados considerados. LB1021 y LB1023 p.ej. muestran buenos valores.

## ES 2 341 048 T3

La composición química afecta a la temperatura de Curie y con ello a la temperatura de punto de rotura, por encima de la cual la curva de dilatación térmica incrementa su pendiente.

5 En las Figuras 2 y 3 están representados los coeficientes de dilatación a 20-100°C (Fig. 2) y 20-200°C (Fig. 3) de las 6 cargas de LB en las series con contenidos de Co de 4,1% y 5,1% en el estado B (v. Tab. 6a), es decir chapa de 12 mm laminada en caliente, recocida por disolución + 1 h de endurecimiento a 732°C, en función del contenido de Ni de la masa fundida de laboratorio.

10 En la serie con 4,1% de Co se muestra un coeficiente de dilatación mínimo en el intervalo de T entre 20 y 100°C con aproximadamente 38,5% de Ni, en el intervalo de T entre 20 - 200°C con 39,5% de Ni. En el caso de la serie con 5,1% de Co el coeficiente de dilatación disminuye en las tres cargas de LB investigadas al disminuir el contenido de Ni.

15 En especial el intervalo de T entre 20 - 200°C es interesante para la aplicación en la construcción de moldes, pues el endurecimiento del CFK tiene lugar a aproximadamente 200°C. La diferencia en el coeficiente de dilatación térmica entre las aleaciones que contienen 4% de Co y 5% de Co es tan pequeña que por razones de coste las aleaciones con el contenido de Co mayor no están justificadas.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## ES 2 341 048 T3

### REIVINDICACIONES

1. Uso de una aleación de hierro-níquel resistente a la fluencia y de baja dilatación con mayor resistencia mecánica, con (en % en masa)

5	Ni	40 a 43%
	C	máx. 0,1%
10	Ti	2,0 a 3,5%
	Al	0,1 a 1,5%
15	Nb	0,1 a 1,0%
	Mn	0,005 a 0,8%
	Si	0,005 a 0,6%
20	Co	máx. 0,5%
	Cr	máx. 0,1%
25	Mo	máx. 0,1%
	Cu	máx. 0,1%
	Mg	máx. 0,005%
30	B	máx. 0,005%
	N	máx. 0,006%
35	O	máx. 0,003%
	S	máx. 0,005%
	P	máx. 0,008%
40	Ca	máx. 0,005%

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 5 \times 10^{-6}/K$ , en la construcción de moldes de CFK.

2. Uso de una aleación de hierro-níquel resistente a la fluencia y de baja dilatación con mayor resistencia mecánica, con (en % en masa)

50	Ni	37 a 41%
	C	máx. 0,1%
55	Ti	2,0 a 3,5%
	Al	0,1 a 1,5%
60	Nb	0,1 a 1,0%
	Mn	0,005 a 0,8%
	Si	0,005 a 0,6%
65	Co	2,5 a 5,5%

## ES 2 341 048 T3

Cr máx. 0,1%

Mo máx. 0,1%

5 Cu máx. 0,1%

Mg máx. 0,005%

B máx. 0,005%

10 N máx. 0,006%

O máx. 0,003%

15 S máx. 0,005%

P máx. 0,008%

20 Ca máx. 0,005%

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,  
que cumple la siguiente condición

25 
$$\text{Ni} + \frac{1}{2} \text{Co} > 38 \text{ a } < 43,5,$$

presentando la aleación en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 4 \times 10^{-6}/\text{K}$ , en la construcción de moldes de CFK.

30

3. Uso conforme a la reivindicación 1, con (en % en masa)

Ni 40,5 a 42%

35 C 0,001 a 0,05%

Ti 2,0 a 3,0%

40 Al 0,1 a 0,8%

Nb 0,1 a 0,6%

Mn 0,005 a 0,1%

45 Si 0,005 a 0,1%

Co máx. 0,1%

50 el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 4,5 \times 10^{-6}/\text{K}$ .

55

4. Uso conforme a la reivindicación 3, con (en % en masa)

Ni 41 a 42%

60 C 0,001 a 0,05%

Ti 2,0 a 2,5%

Al 0,1 a 0,45%

65 Nb 0,1 a 0,45%

Mn 0,005 a 0,05%

## ES 2 341 048 T3

Si 0,005 a 0,05%

Co máx. 0,05%

5 el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ .

10

5. Uso conforme a la reivindicación 2, con (en % en masa)

Ni 37,5 a 40,5%

15

C máx. a 0,1%

Ti 2,0 a 3,0%

20

Al 0,1 a 0,8%

Nb 0,1 a 0,6%

Mn 0,005 a 0,1%

25

Si 0,005 a 0,1%

Co  $> 3,5$  a  $< 5,5\%$

30

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que cumple la siguiente condición

$$Ni + \frac{1}{2} Co > 38 \text{ a } < 43\%,$$

35

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ .

40

6. Uso conforme a la reivindicación 5, con (en % en masa)

Ni 38,0 a 39,5%

45

C 0,001 a 0,05%

Ti 2,0 a 3,0%

Al 0,1 a 0,7%

50

Nb 0,1 a 0,6%

Mn 0,005 a 0,1%

55

Si 0,005 a 0,1%

Co  $> 4,0$  a  $< 5,5\%$

60

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

que cumple la siguiente condición

$$Ni + \frac{1}{2} Co > 38,5 \text{ a } < 43,0\%,$$

65

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio  $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ .

## ES 2 341 048 T3

7. Uso conforme a la reivindicación 5 ó 6, con (en % en masa)

Ni 38,0 a 39,0%

5 C 0,001 a 0,02%

Ti 2,0 a 2,5%

Al 0,1 a 0,45%

10

Nb 0,1 a 0,45%

Mn 0,005 a 0,05%

15

Si 0,005 a 0,05%

Co > 4,0 a < 5,5%

el resto hierro e impurezas inherentes a la producción,

20

que cumple la siguiente condición

$$\text{Ni} + \frac{1}{2} \text{Co} > 40,0 \text{ a } < 42,0\%$$

25

que presenta en el intervalo de temperaturas de 20 a 200°C un coeficiente de dilatación térmica medio < 3,2 x 10<sup>-6</sup>/K, en especial < 3,0 x 10<sup>-6</sup>/K.

30

8. Uso conforme a alguna de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se utilizan semiproductos de gran tamaño en forma de material de chapa, de fleje o de tubo.

9. Uso conforme a alguna de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se utiliza alambre, especialmente en forma de un material de aportación de soldadura.

35

10. Uso conforme a alguna de las reivindicaciones 1 a 7 como pieza de construcción de moldes para la producción de piezas de aviones de CFK.

40

11. Uso conforme a alguna de las reivindicaciones 1 a 7, en el que a partir de esta aleación se fabrican solo piezas del molde que se carguen mecánicamente fuertemente.

12. Uso conforme a alguna de las reivindicaciones 1 a 7 como piezas de forja.

13. Uso conforme a alguna de las reivindicaciones 1 a 7 como componentes de fundición.

45

50

55

60

65

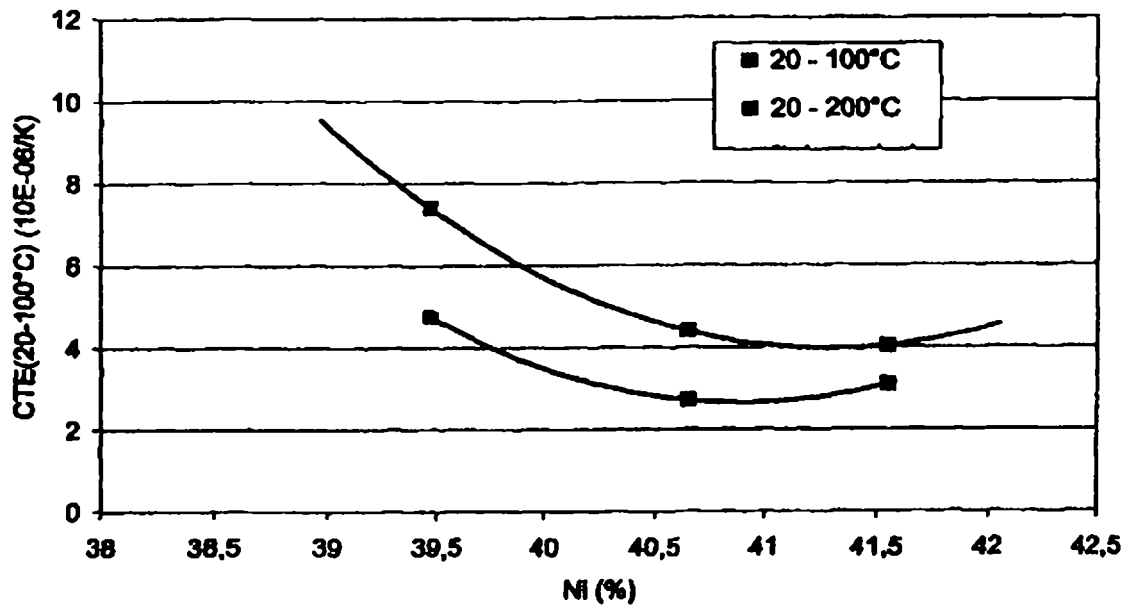


Fig. 1

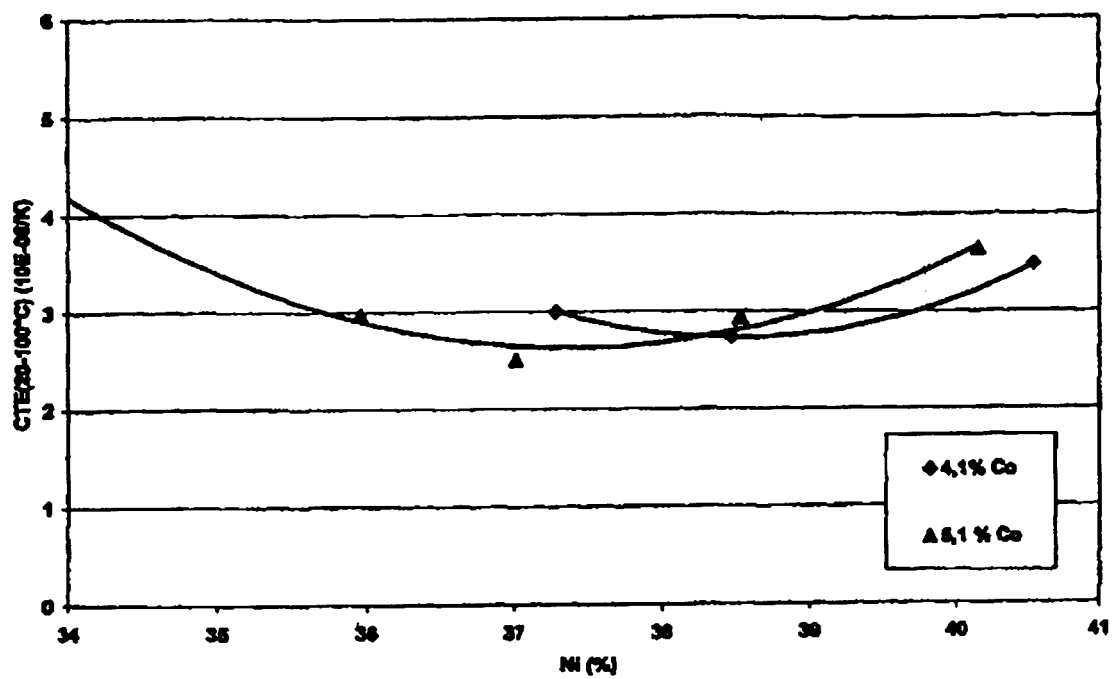


Fig. 2

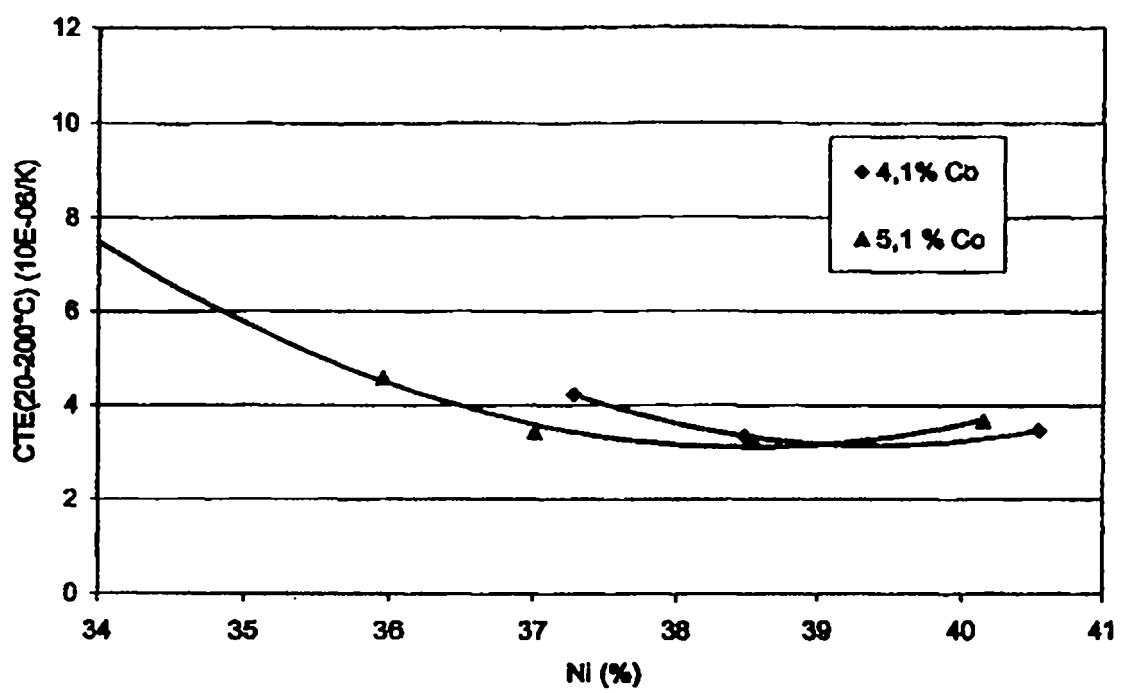


Fig. 3