

(19)



(11)

EP 1 979 501 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
24.03.2010 Patentblatt 2010/12

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

(21) Anmeldenummer: **07721864.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2007/000141

(22) Anmeldetag: **26.01.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/087785 (09.08.2007 Gazette 2007/32)

(54) **EISEN-NICKEL-LEGIERUNG**

IRON-NICKEL ALLOY

ALLIAGE FER-NICKEL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **02.02.2006 DE 102006005250**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.10.2008 Patentblatt 2008/42

(73) Patentinhaber: **ThyssenKrupp VDM GmbH
58791 Werdohl (DE)**

(72) Erfinder:
• **GEHRMANN, Bodo
58840 Plettenberg (DE)**

• **DE BOER, Bernd
58762 Altena (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 063 304 EP-A1- 1 156 126
WO-A-01/07673 JP-A- 10 310 845
JP-A- 11 293 413 US-A- 3 971 677
US-A- 5 688 471**

• **J.R. DAVIS: "Nickel, Cobalt, and their alloys"
2000, ASM INTERNATIONAL , OHIO ,
XP002434631 Seite 352**

EP 1 979 501 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Verwendung einer kriechbeständigen und ausdehnungsarmen Eisen-Nickel-Legierung mit höherer mechanischer Festigkeit.

[0002] In zunehmendem Maße werden Bauteile auch für sicherheitsrelevante Produkte, wie im Flugzeugbau, aus Kohlenfaser verstärkten Kunststoffen (CFK) hergestellt. Für die Produktion derartiger Bauteile werden großformatige Gestellunterlagen als Werkzeugformteile benötigt, wobei bis dato ausdehnungsarme Eisen-Nickel-Legierungen mit etwa 36 % Nickel (Ni36) verarbeitet werden.

[0003] Die bis dato eingesetzten Legierungen haben zwar einen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der unterhalb von $2,0 \times 10^{-6}/K$ liegt, ihre mechanischen Eigenschaften werden jedoch als zu gering angesehen.

[0004] Durch die US 5,688,471 A ist eine hochfeste Legierung mit einem Ausdehnungskoeffizienten von höchstens $4,9 \times 10^{-6}m/m/^{\circ}C$ bei $204^{\circ}C$ bekannt geworden, die sich zusammensetzt aus (in Masse %) 40,5 bis 48 % Ni, 2 bis 3,7 % Nb, 0,75 bis 2 % Ti, höchstens 3,7 % Gesamtgehalt an Nb + Ta, 0 bis 1 % Al, 0 bis 0,1 % C, 0 bis 1 % Mn, 0 bis 1 % Si, 0 bis 1 % Cu, 0 bis 1 % Cr, 0 bis 5 % Co, 0 bis 0,01 % B, 0 bis 2 % W, 0 bis 2 % V, 0 bis 0,01 Gesamtgehalt an Mg + Ca + Ce, 0 bis 0,5 % Y und Seltenen Erden, 0 bis 0,1 % S, 0 bis 0,1 % P, 0 bis 0,1 % N und als Restmaterial Eisen und geringfügigen Verunreinigungen. Die Legierung soll zur Herstellung von Formen für Verbundwerkstoffe mit niedrigem Ausdehnungskoeffizienten, z.B. für Kohlefaser-Verbundwerkstoffe, oder zur Herstellung von Elektronikstreifen, aushärtbaren Leadframes bzw. Masken für Bildschirmröhren einsetzbar sein.

[0005] Der JP 04180542 A1 ist eine hochfeste ausdehnungsarme Legierung, folgender Zusammensetzung (in Masse %) zu entnehmen: $\leq 0,2$ % C, $\leq 2,0$ % Si, $\leq 2,0$ % Mn, 35 - 50 % Ni, ≤ 12 % Cr, 0,2 - 1,0 % Al, 0,5 - 2,0 % Ti, 2,0 - 6,0 % Nb, Rest Fe. Sofern notwendig können noch folgende Elemente vorgesehen werden: $\leq 0,02$ % B und/oder $\leq 0,2$ % Zr. Die Legierung ist u. a. einsetzbar für Metallformen für die Präzisions-Flachglasherstellung.

[0006] Die WO 01/07673 A1 offenbart eine kriechbeständige und ausdehnungsarme Eisen-Nickel-Legierung, die (in Masse-%) neben max. 0,2 C, max. 0,3 % Mn und max. 0,3 % Si einen Al-Gehalt von 0,05 bis 3,0 %, einen Ti-Gehalt von 0,1 bis 3,0 %, $\leq 1,0$ Nb sowie einen Ni-Gehalt von 39,0 bis 45,0 % aufweist, Rest Eisen und herstellungsbedingte Beimengungen, die im Temperaturbereich von 20 bis $100^{\circ}C$ einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 6,0 \times 10^{-6}/K$ aufweist. Diese Eisen-Nickel-Legierung kann für passive Komponenten von Thermo-Bimetallen, Komponenten zur Herstellung, Lagerung und zum Transport von verflüssigten Gasen, Komponenten in der Lasertechnologie, Leadframes, Metallglasanschmelzungen, Rahmentteile von Bildschirm- oder Monitorschattenmasken sowie Bauteile von Elektronenkanonen, insbesondere in Fernsehröhren, verwendet werden.

[0007] In der EP 1 063 304 A1 wird eine Einrichtung für eine Kathodenstrahlbildröhre mit ebenem Bildschirm beschrieben, die einen Halterahmen für eine Schattenmaske und eine Schattenmaske umfasst, die an dem Halterahmen so angebracht ist, dass sie bei Umgebungstemperatur unter Spannung steht. Der Halterahmen besteht aus einer gehärteten Eisen-Nickel-Legierung mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten im Temperaturbereich von 20 bis $150^{\circ}C < 5 \times 10^{-6}/K$. Gleiches gilt für die Schattenmaske, die im genannten Temperaturbereich einen gleichartigen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen soll. Die Eisen-Nickel-Legierung hat folgende Zusammensetzung (in Masse-%):

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

$$0 \% \leq Co \leq 5 \%$$

$$0 \% \leq Cu \leq 3 \%$$

$$1,5 \% \leq Ti \leq 3,5 \%$$

$$0,05 \% \leq Al \leq 1 \%$$

$$C \leq 0,05 \%$$

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

5

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

10

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

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

Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

15

[0008] Durch die JP 10310845 A1 ist eine hochfeste Legierung mit geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten bekannt geworden, die folgende Zusammensetzung (in Masse-%) aufweist: $\leq 0,15 \text{ C}$, $\leq 0,5 \text{ Si}$, $\leq 0,5 \%$ Mn, 0,5 bis 4 % Ti und 0,2 % Al, 30,7 bis 43,0 % Ni, $\leq 14 \%$ Co. Bedarfsweise kann mindestens eines der Elemente V, W, Nb und Mo $\leq 1,0 \%$ sowie mindestens eines der Elemente S, Pb, Ca und SE $\leq 0,5 \%$ hinzugegeben werden. Der Rest wird durch Eisen gebildet.

20

[0009] Neben einem niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten wünschen insbesondere Formenbauer im Flugzeugbau eine verbesserte Legierung, die gegenüber Ni36 eine höhere mechanische Festigkeit aufweisen soll.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, für eine Fe-Ni-Legierung einen neuen Einsatzbereich zu finden, wobei die Legierung neben einem geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten auch eine höhere mechanische Festigkeit aufweisen soll.

25

[0011] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Verwendung einer kriechbeständigen und ausdehnungsarmen Eisen-Nickel-Legierung mit höherer mechanischer Festigkeit, mit (in Masse %)

30

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

35

40

45

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,

50

die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 5 \times 10^{-6}/\text{K}$ aufweist im CFK-Formenbau.

[0012] Diese Aufgabe wird alternativ auch gelöst durch die Verwendung einer kriechbeständigen und ausdehnungsarmen Eisen-Nickel-Legierung mit höherer mechanischer Festigkeit, mit (in Masse %)

55

Ni	37 bis 41 %
C	max. 0,1 %
Ti	2,0 bis 3,5 %

EP 1 979 501 B1

(fortgesetzt)

5

Al	0,1 bis 1,5 %
Nb	0,1 bis 1,0 %
Mn	0,005 bis 0,8 %
Si	0,005 bis 0,6 %
Co	2,5 bis 5,5 %
Cr	max. 0,1 %
Mo	max. 0,1 %
Cu	max. 0,1 %
Mg	max. 0,005 %
B	max. 0,005 %
N	max. 0,006 %
O	max. 0,003 %
S	max. 0,005 %
P	max. 0,008 %
Ca	max. 0,005 %

10

15

20

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die folgender Bedingung genügt

$Ni + \frac{1}{2} Co > 38$ bis $< 43,5$ %, wobei die Legierung im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4 \times 10^{-6}/K$ aufweist im CFK-Formenbau.

25

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen der alternativen einerseits kobaltfreien und andererseits kobalthaltigen Verwendung sind den zugehörigen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0014] Die Legierung kann für gleichartige Anwendungsfälle einerseits kobaltfrei und andererseits mit Zugaben definierter Kobaltgehalte vorgesehen sein. Legierungen mit Kobalt zeichnen sich durch noch geringere Wärmeausdehnungskoeffizienten aus, haben jedoch den Nachteil, dass sie gegenüber kobaltfreien Legierungen mit einem erhöhten Kostenfaktor einhergehen.

30

[0015] Gegenüber bisher zum Einsatz gelangenden Legierungen auf Basis von Ni 36 kann mit den Erfindungsgegenständen den Wünschen der Formenbauer, insbesondere im Flugzeugbau, nach einem für den Anwendungsfall akzeptablen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten bei gleichzeitig höherer mechanischer Festigkeit nachgekommen werden.

35

[0016] Soll die Legierung kobaltfrei sein, weist sie vorteilhafterweise folgende Zusammensetzung (in Masse %) auf

Ni	40,5 bis 42 %
C	0,001 bis 0,05 %
Ti	2,0 bis 3,0 %
Al	0,1 bis 0,8 %
Nb	0,1 bis 0,6 %
Mn	0,005 bis 0,1 %
Si	0,005 bis 0,1 %
Co	max. 0,1 %

40

45

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,

die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4,5 \times 10^{-6}/K$ aufweist.

50

[0017] Je nach Anwendungsfall können die Gehalte der genannten Legierungselemente zur Erzielung von Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4,0 \times 10^{-6}/K$, insbesondere $< 3,5 \times 10^{-6}/K$, in ihren Gehalten weiter eingeschränkt werden. Eine derartige Legierung zeichnet sich durch folgende Zusammensetzung (in Masse %) aus:

Ni	41 bis 42 %
C	0,001 bis 0,02 %
Ti	2,0 bis 2,5 %
Al	0,1 bis 0,45 %
Nb	0,1 bis 0,45 %

55

EP 1 979 501 B1

(fortgesetzt)

Mn	0,005 bis 0,05 %
Si	0,005 bis 0,05 %
Co	max. 0,05 %

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen.

[0018] In folgender Tabelle sind die eher unerwünschten Begleitelemente mit ihren Maximalgehalten angegeben (in Masse %):

Cr	max. 0,1 %
Mo	max. 0,1 %
Cu	max. 0,1 %
Mg	max. 0,005 %
B	max. 0,005 %
N	max. 0,006 %
O	max. 0,003 %
S	max. 0,005 %
P	max. 0,008 %
Ca	max. 0,005 %.

[0019] Soll für den Formenbau eine Legierung mit Kobalt zum Einsatz gelangen, kann selbige, einem weiteren Gedanken der Erfindung gemäß, wie folgt zusammengesetzt sein (in Masse %):

Ni	37,5 bis 40,5 %
C	max. 0,1 %
Ti	2,0 bis 3,0 %
Al	0,1 bis 0,8 %
Nb	0,1 bis 0,6 %
Mn	0,005 bis 0,1 %
Si	0,005 bis 0,1 %
Co	> 3,5 bis < 5,5 %

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die folgender Bedingung genügt

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

die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 3,5 \times 10^{-6}/\text{K}$ aufweist.

[0020] Eine weitere Legierung weist folgende Zusammensetzung (in Masse %) auf:

Ni	38,0 bis 39,5 %
C	0,001 bis 0,05 %
Ti	2,0 bis 3,0 %
Al	0,1 bis 0,8 %
Nb	0,1 bis 0,6 %
Mn	0,005 bis 0,1 %
Si	0,005 bis 0,1 %
Co	> 4 bis < 5,5 %

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen, die folgender Bedingung genügt

Ni + ½ Co > 38,5 bis < 43 %,

5 die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ aufweist.
[0021] Für besondere Anwendungsfälle, insbesondere zur Reduzierung des Wärmeausdehnungskoeffizienten in Bereiche $< 3,2 \times 10^{-6}/K$, insbesondere $< 3,0 \times 10^{-6}/K$, können einzelne der Elemente in ihren Gehalten wie folgt weiter eingeschränkt werden (in Masse %):

10	Ni	38,0 bis 39,0 %
	C	0,001 bis 0,02 %
	Ti	2,0 bis 2,5 %
	Al	0,1 bis 0,45 %
15	Nb	0,1 bis 0,45 %
	Mn	0,005 bis 0,05 %
	Si	0,005 bis 0,5 %
	Co	> 4 bis < 5,5 %

20 Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen, die folgender Bedingung genügt,

Ni + ½ Co > 40 bis < 42 %.

25 **[0022]** Für die Kobalt enthaltenden Legierungen sollen die Begleitelemente folgende Max.-Gehalte nicht überschreiten (in Masse %):

30	Cr	max. 0,1 %
	Mo	max. 0,1 %
	Cu	max. 0,1 %
	Mg	max. 0,005 %
	B	max. 0,005 %
35	N	max. 0,006 %
	O	max. 0,003 %
	S	max. 0,005 %
	P	max. 0,008 %
40	Ca	max. 0,005 %.

[0023] Sowohl die kobaltfreie als auch die kobalthaltige Legierung soll im CFK-Formenbau eingesetzt werden, und zwar in Form von Blech-, Band- oder Rohrmaterial.

[0024] Ebenfalls denkbar ist die Verwendung der Legierung als Draht, insbesondere als Schweißzusatzwerkstoff, zur Verbindung der die Form bildenden Halbzeuge.

45 **[0025]** Besonders vorteilhaft soll die Legierung als Formbauteil zur Erzeugung von CFK-Flugzeugteilen, wie beispielsweise Tragflächen, Rumpfteilen oder Leitwerken eingesetzt werden.

[0026] Auch ist denkbar, die Legierung nur für diejenigen Teile der Form zu verwenden, die mechanisch hoch belastet werden. Die weniger belasteten Teile werden dann in einer Legierung ausgeführt, die ein thermisches Ausdehnungsverhalten aufweist, das dem einzusetzenden Werkstoff angepasst ist.

50 **[0027]** Vorteilhafter Weise werden die Formen als Frästeile aus warmgeformtem (geschmiedetem oder gewalztem) oder gegossenem Massivmaterial herausgearbeitet und bedarfsweise anschließend gegläht.

[0028] Im Folgenden werden bevorzugte Legierungen in Bezug auf ihre mechanischen Eigenschaften mit einer Legierung gemäß Stand der Technik verglichen.

55 **[0029]** Der folgenden Tabelle 1 ist die chemische Zusammensetzung von zwei untersuchten kobaltfreien Laborschmelzen im Vergleich zu zwei dem Stand der Technik zuzuordnenden Legierungen Pernifer 36 zu entnehmen.

EP 1 979 501 B1

Tabelle 1

Legierung	Pernifer 36 MoSo2	Pernifer 36	Pernifer 40 Ti HS	Pernifer 41 Ti HS
LB-Charge	151292	50576	1018	1019
Element (%)				
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
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
Nb	0,08	< 0,01	0.38	0.39
Cu	0,03	0,03	0.01	0.03
Fe	Rest	Rest	R 56.24	R 55.31
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
B			0.0005	0.0005
C			0.003	0.003
N			0.002	0.002
Zr			0.003	0.002
O			0.004	
S			0.002	0.002
P			0.002	0.002
Ca	0,003	0,0003	0.0005	0.0005

[0030] In Tabelle 2 werden kobalthaltige Laborschmelzen mit einer dem Stand der Technik zuzuordnenden Pernifer 36 Legierung verglichen.

Tabelle 2

Legierung	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
LB-Charge	50576	1020	1021	1022	1023	1024	1025
Element (%)							
Cr	0.20 %	0.01	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01
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

EP 1 979 501 B1

(fortgesetzt)

Legierung	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
Fe	Rest	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

[0031] Die Laborschmelzen LB1018 bis LB1025 wurden geschmolzen und im Block vergossen. Die Blöcke wurden an 12 mm Blechstärke warm gewalzt. Jeweils eine Hälfte der Blöcke wurde an 12 mm belassen und lösungsgeglüht. Die zweite Hälfte wurde an 5,1 mm weiter gewalzt.

[0032] Die Tabellen 3/3a und 4/4a zeigen die mechanischen Eigenschaften einerseits der zwei und andererseits der sechs Laborchargen im Vergleich zu den beiden Pernifer-Vergleichschargen bei Raumtemperatur.

[0033] Gemäß Tabelle 3/3a wurden Messwerte an kalt gewalztem Material der Dicke 4,1 bis 4,2 mm in den Zuständen gewalzt und lösungsgeglüht ermittelt. Die jeweiligen Proben wurden, ausgehend vom warmgewalzten Zustand, kalt gewalzt, welche aus den 12 mm dicken Blechen warm gewalzt wurden.

Tabelle 3 - Mechanische Eigenschaften (kobaltfreie Legierungen)

Gewalzter Zustand					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte 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
Lösungsgeglüht 1140°C/3min					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte 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

EP 1 979 501 B1

Tabelle 3a: Mechanische Eigenschaften (kobalthaltige Legierungen)

Gewalzter Zustand					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte 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
Lösungsgeglüht 1140°C/3min					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte 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

[0034] Gemäß Tabelle 4/4a sind die mechanischen Eigenschaften der zwei bzw. sechs Laborchargen im Vergleich zu Pernifer 36 bei Raumtemperatur im lösungsgeglühten und ausgehärteten Zustand sowie im nur ausgehärteten Zustand dargestellt. Messwerte wurden ermittelt an kalt gewalzten Proben der Dicke 4,1 bis 4,2 mm in den Zuständen gewalzt und lösungsgeglüht. Die Proben wurden, ausgehend von warm gewalztem Material, kalt gewalzt, welche aus den 12 mm dicken Blechen warm gewalzt wurden.

Tabelle 4: Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur (kobaltfreie Legierungen)

Ausgehärtet 732°C/1h					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte HRB
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
Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 732°C/1h					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte HRB
LB 1018	Pernifer 40 Ti HS	896	1135	12	110

EP 1 979 501 B1

(fortgesetzt)

Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 732°C/1h					
Charge	Legierung	R_{p0,2} (MPa)	R_m (MPa)	A₅₀ (%)	Härte HRB
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

Tabelle 4a: Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur (kobalthaltige Legierungen)

Ausgehärtet 732°C/1h					
Charge	Legierung	R_{p0,2} (MPa)	R_m (MPa)	A₅₀ (%)	Härte HRB
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 TiHCo HS	1183	1308	6	112
LB 1024	Pernifer 39 TiHCo HS	1147	1248	4	111
LB 1025	Pernifer 40 TiHCo HS	1173	1277	3	114
151292	Pernifer 36 Mo So 2	510	640	23	91
50576	Pernifer 36	269	453	40	73
Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 732°C/1h					
Charge	Legierung	R_{p0,2} (MPa)	R_m (MPa)	A₅₀ (%)	Härte HRB
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

[0035] Tabelle 5/5a zeigt die mechanischen Eigenschaften der zwei bzw. sechs Laborchargen im Vergleich zu Pernifer 36 bei Raumtemperatur im lösungsgeglühten (1140°C/3min) und ausgehärteten Zustand (732°C/6 Std., oben; 600°C/16 Std., unten). Messwerte wurden ermittelt an kalt gewalzten Proben der Dicke 4,1 bis 4,2 mm in den Zuständen gewalzt und lösungsgeglüht. Die Proben wurden, ausgehend von warm gewalztem Material, kalt gewalzt, welche aus den 12 mm dicken Blechen warm gewalzt wurden.

EP 1 979 501 B1

Tabelle 5: Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur (kobaltfreie Legierungen)

Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 732°C/6h/OK					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte HRB
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
Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 600°C/16h					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte HRB
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

Tabelle 5a: Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur (kobalthaltige Legierungen)

Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 732°C/6h/OK					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte HRB
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
Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 600°C/16h					
Charge	Legierung	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅₀ (%)	Härte HRB
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

EP 1 979 501 B1

(fortgesetzt)

Lösungsgeglüht + gehärtet 1140°C/3min + 600°C/16h					
Charge	Legierung	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A50 (%)	Härte HRB
151292	Pernifer 36 Mo So 2	330	544	36	78
50576	Pernifer 36	257	442	37	66

[0036] Tabelle 6/6a zeigt mittlere Wärmeausdehnungskoeffizienten (20 bis 200°C) in $10^{-6}/K$ der zwei bzw. sechs Laborschargen im Vergleich zu Pernifer 36 in verschiedenen Zuständen:

- A) warm gewalztes 12 mm dickes Blech, lösungsgeglüht
- B) warm gewalztes 12 mm dickes Blech, lösungsgeglüht und 1 Stunde bei 732°C ausgehärtet
- C,D,E,F) an 5 mm warm gewalzt (ausgehend vom 12 mm Blech), kalt an 4,15 mm gewalzt.
- C) ausgehärtet bei 732°C/1 Std.
- D) lösungsgeglüht, 1140°C/3 min. und ausgehärtet 732°C/1 Std.
- E) lösungsgeglüht, 1140°C/3 min. und ausgehärtet 732°C/6 Std.
- F) lösungsgeglüht, 1140°C/3 min. und ausgehärtet 600°C/16 Std.

Tabelle 6

	Probe	12mm	12mm	4,15m	4,15m	4,15m	4,15
	Zustand	A	B	C	D	E	F
Legierung	Charge						
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

Tabelle 6a

	Probe	12mm	12mm	4,15m	4,15m	4,15m	4,15
	Zustand	A	B	C	D	E	F
Legierung	Charge						
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 TiHCo HS	LB 1023	3,15	2,50	2,42	3,09	2,68	3,22
Pernifer 39 TiHCo HS	LB 1024	3,91	2,93	2,61	3,24	2,87	2,71
Pernifer 40 TiHCo 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

Diskussion der Ergebnisse

A Kobaltfreie Legierungen

- 5 **[0037]** Im kalt gewalzten Zustand (Tab. 3, oben) liegt die Streckgrenze $R_{p0,2}$ im Fall der LB-Chargen zwischen 715 und 743 MPa. Die Zugfestigkeit R_m liegt zwischen 801 und 813 MPa. Die Dehnwerte A_{50} liegen bei 11 %, die Härten HRB zwischen 100 und 101.
- [0038]** Dagegen sind die mechanischen Festigkeitswerte im Fall von Pernifer 36 Mo So 2 niedriger ($R_{p0,2} = 693$ MPa, $R_m = 730$ MPa) und bei Pernifer 36 deutlich niedriger ($R_{p0,2} = 558$ MPa, $R_m = 592$ MPa).
- 10 **[0039]** Im lösungsgeglühten Zustand (Tab. 3, unten) liegen die Werte der Streckgrenze zwischen 366 und 394 MPa im Fall der LB-Chargen, die Zugfestigkeiten R_m liegen zwischen 619 und 640 MPa. Entsprechend höher liegen die Dehnwerte bzw. niedriger die Härtewerte. Die Festigkeit von Pernifer 36 Mo So 2 ist im lösungsgeglühten Zustand niedriger ($R_{p0,2} = 327$ MPa, $R_m = 542$ MPa) sowie die von Pernifer 36 deutlich niedriger ($R_{p0,2} = 255$ MPa, $R_m = 433$ MPa).
- 15 **[0040]** Die höchsten Festigkeitswerte werden erzielt, wenn die LB-Chargen z.B. bei 732°C/1h im zuvor gewalzten Zustand (d.h. ohne vorherige Lösungsglühung) ausgehärtet werden (Tab. 4, oben). In diesem Fall erreichen die LB-Chargen Werte der Streckgrenze $R_{p0,2}$ von 1197 bis 1205 MPa und für die Zugfestigkeit R_m Werte zwischen 1286 und 1299 MPa. Die Dehnwerte liegen dann nur noch bei 2 bis 3%. Die Härte HRB steigt auf Werte von 111 bis 113. Im gleichen Walz- und Glühzustand weisen die Legierungen Pernifer 36 Mo So 2 und Pernifer 36 wesentlich niedrigere Festigkeitswerte auf ($R_{p0,2} = 510$ MPa bzw. 269 MPa; $R_m = 640$ MPa bzw. 453 MPa).
- 20 **[0041]** Da zum Blechformen der lösungsgeglühte Zustand der geeignete ist, sind die mechanischen Eigenschaften im Zustand "lösungsgeglüht + gehärtet" relevant. In Tab. 4, unten sind die zugehörigen Werte für eine Wärmebehandlung von 1140°C/3min + 732°C/1h aufgelistet. In diesem Fall erreichen die LB-Chargen Werte der Streckgrenze $R_{p0,2}$ von 896 bis 901 MPa und Zugfestigkeiten R_m zwischen 1125 und 1135 MPa. In diesem Glühzustand weisen die Legierungen Pernifer 36 Mo So 2 und Pernifer 36 deutlich niedrigere Festigkeitswerte auf.
- 25 **[0042]** Eine Verlängerung der Glühdauer auf 6h der härtenden Wärmebehandlung bei 732°C verändert die Festigkeitswerte (s. Tab. 5, oben) auf Bereiche $R_{p0,2}$ von 926 - 929 MPa und Zugfestigkeiten R_m zwischen 1142 und 1152 MPa. Auch hier weisen die Vergleichslegierungen deutlich niedrigere Festigkeitswerte auf.
- [0043]** Die Erniedrigung der Glühtemperatur auf 600°C der härtenden Wärmebehandlung bei einer Glühdauer von 16h erniedrigt die Festigkeitswerte im Allgemeinen bei den LB-Chargen deutlicher, insbesondere im Fall der Zugfestigkeit R_m (s. Tab. 5, unten).
- 30 **[0044]** Tabelle 6 zeigt die Werte des mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten CTE(20-100°C) für die untersuchten Legierungen in den betrachteten Zuständen.
- [0045]** Die chemische Zusammensetzung beeinflusst die Curie-Temperatur und damit die Knickpunkttemperatur, oberhalb der die Wärmeausdehnungskurve steiler ansteigt.
- 35 **[0046]** Abbildung 1 zeigt Ausdehnungskoeffizienten (CTE) 20-100°C und 20 - 200°C der LB-Chargen im Zustand B (s. Tab. 6), d.h. warm gewalztes 12mm Blech, lösungsgeglüht + 1h bei 732°C gehärtet, in Abhängigkeit vom Ni-Gehalt der Laborschmelze.
- [0047]** Die Charge LB 1018 mit einem Ni-Gehalt von 40,65% weist einen niedrigeren Ausdehnungskoeffizienten auf als die Charge LB 1019 mit einem Ni-Gehalt von 41,55%. Eine Testschmelze mit noch geringerem Ni-Gehalt (Ni: 39,5%, Ti: 2,28%, Nb: 0,37%, Fe: Rest, Al: 0,32%) zeigte, dass das Optimum bei etwa 41% Nickel erreicht ist. Für den Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen 20°C und 200°C verschiebt sich das Optimum zu etwas höherem Ni-Gehalt (-41,5%).
- 40

B Kobalthaltige Legierungen

- 45 **[0048]** Im gewalzten Zustand (Tab. 3a, oben) liegt die Streckgrenze $R_{p0,2}$ im Fall der LB-Chargen zwischen 706 und 801 MPa. Den niedrigsten Wert weist die Charge LB 1025 auf, den höchsten Wert die Charge LB 1021. Die Zugfestigkeit R_m liegt zwischen 730 und 819 MPa (niedrigster Wert bei LB 1025, höchster Wert bei LB 1020). Die Dehnwerte A_{50} bewegen sich zwischen 11 und 15%, die Härten HRB zwischen 97 und 100.
- 50 **[0049]** Dagegen sind die mechanischen Festigkeitswerte im Fall von Pernifer 36 Mo So 2 niedriger ($R_{p0,2} = 693$ MPa, $R_m = 730$ MPa) und bei Pernifer 36 deutlich niedriger ($R_{p0,2} = 558$ MPa, $R_m = 592$ MPa).
- [0050]** Im lösungsgeglühten Zustand (Tab. 3a, unten) liegen die Werte der Streckgrenze zwischen 401 und 453 MPa im Fall der LB-Chargen, die Zugfestigkeiten R_m liegen zwischen 645 und 680 MPa. Entsprechend höher liegen die Dehnwerte bzw. niedriger die Härtewerte. Die Festigkeit von Pernifer 36 Mo So 2 ist im lösungsgeglühten Zustand niedriger ($R_{p0,2} = 327$ MPa, $R_m = 542$ MPa) sowie die von Pernifer 36 deutlich niedriger ($R_{p0,2} = 255$ MPa, $R_m = 433$ MPa).
- 55 **[0051]** Die höchsten Festigkeitswerte können erzielt werden, wenn die LB-Chargen z. B. bei 732°C/1h im zuvor gewalzten Zustand (d.h. ohne vorherige Lösungsglühung) ausgehärtet werden (Tab. 4a, oben). In diesem Fall erreichen die LB-Chargen Werte der Streckgrenze $R_{p0,2}$ von 1144 bis 1185 MPa und für die Zugfestigkeit R_m Werte zwischen

1248 und 1308 MPa. Die Dehnwerte liegen dann nur noch bei 3 bis 6%. Die Härte HRB steigt auf Werte von 111 bis 114. Im gleichen Walz- und Glühzustand weisen die Legierungen Pernifer 36 Mo So 2 und Pernifer 36 wesentlich niedrigere Festigkeitswerte auf ($R_{p0,2} = 510$ MPa bzw. 269 MPa; $R_m = 640$ MPa bzw. 453 MPa).

[0052] Da zum Blechformen der lösungsgeglühte Zustand der geeignete ist, sind die mechanischen Eigenschaften im Zustand "lösungsgeglüht + gehärtet" relevant. In Tab. 4a, unten sind die zugehörigen Werte für eine Wärmebehandlung von 1140°C/3min + 732°C/1h aufgelistet. In diesem Fall erreichen die LB-Chargen Werte der Streckgrenze $R_{p0,2}$ von 899 bis 986 MPa und Zugfestigkeiten R_m zwischen 1133 und 1183 MPa. In diesem Glühzustand weisen die Legierungen Pernifer 36 Mo So 2 und Pernifer 36 deutlich niedrigere Festigkeitswerte auf.

[0053] Eine Verlängerung der Glühdauer auf 6h der härtenden Wärmebehandlung bei 732°C verändert die Festigkeitswerte (s. Tab. 5a, oben) dergestalt, dass Werte der Streckgrenze $R_{p0,2}$ zwischen 916 und 950 MPa und Zugfestigkeiten R_m zwischen 1142 und 1179 MPa erreicht werden.

[0054] Die Erniedrigung der Glüh Temperatur auf 600°C der härtenden Wärmebehandlung bei einer Glühdauer von 16h erniedrigt die Festigkeitswerte im Allgemeinen bei den LB-Chargen deutlicher, insbesondere im Fall der Zugfestigkeit R_m (s. Tab. 5a, unten).

[0055] In Tabelle 6a sind die Werte des mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten CTE(20-100°C) für die untersuchten Legierungen in den betrachteten Zuständen aufgeführt. Gute Werte zeigen z.B. LB1021 u. LB1023.

[0056] Die chemische Zusammensetzung beeinflusst die Curie-Temperatur und damit die Knickpunkttemperatur, oberhalb der die Wärmeausdehnungskurve steiler ansteigt.

[0057] In den Abbildungen 2 und 3 sind die Ausdehnungskoeffizienten 20 - 100°C (Abb. 2) und 20 - 200°C (Abb. 3) der 6 LB-Chargen in den Serien mit Co-Gehalten 4,1% und 5,1% im Zustand B (s. Tab. 6a), d.h. warm gewalztes 12 mm Blech, lösungsgeglüht + 1h bei 732°C gehärtet, in Abhängigkeit vom Ni-Gehalt der Laborschmelze dargestellt.

[0058] Bei der Serie mit 4,1% Co zeigt sich ein minimaler Ausdehnungskoeffizient im T-Bereich zwischen 20 und 100°C bei etwa 38,5% Ni, im T-Bereich 20 - 200°C bei 39,5% Ni. Im Fall der Serie mit 5,1% Co fällt der Ausdehnungskoeffizient bei den drei untersuchten LB-Chargen mit abnehmendem Ni-Gehalt.

[0059] Insbesondere der T-Bereich 20 - 200°C ist interessant für die Anwendung im Formenbau, da das Aushärten des CFKs bei etwa 200°C erfolgt. Die Unterschiede im Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen den 4% Co- und 5% Co-haltigen Legierungen ist so gering, dass aus Kostengründen die Legierungen mit dem höhere Co-gehalt nicht zu rechtfertigen sind.

Patentansprüche

1. Verwendung einer kriechbeständigen und ausdehnungsarmen Eisen-Nickel-Legierung mit höherer mechanischer Festigkeit, mit (in Masse %)

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

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,

EP 1 979 501 B1

die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 5 \times 10^{-6}/K$ aufweist im CFK-Formenbau.

2. Verwendung einer kriechbeständigen und ausdehnungsarmen Eisen-Nickel-Legierung mit höherer mechanischer Festigkeit, mit (in Masse %)

5

10

15

20

25

Ni	37 bis 41 %
C	max. 0,1 %
Ti	2,0 bis 3,5 %
Al	0,1 bis 1,5 %
Nb	0,1 bis 1,0 %
Mn	0,005 bis 0,8 %
Si	0,005 bis 0,6 %
Co	2,5 bis 5,5 %
Cr	max. 0,1 %
Mo	max. 0,1 %
Cu	max. 0,1 %
Mg	max. 0,005 %
B	max. 0,005 %
N	max. 0,006 %
O	max. 0,003 %
S	max. 0,005 %
P	max. 0,008 %
Ca	max. 0,005 %

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die folgender Bedingung genügt

30

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

35

wobei die Legierung im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4 \times 10^{-6}/K$ aufweist im CFK-Formenbau.

3. Verwendung nach Anspruch 1, mit (in Masse %)

40

45

Ni	40,5 bis 42 %
C	0,001 bis 0,05 %
Ti	2,0 bis 3,0 %
Al	0,1 bis 0,8 %
Nb	0,1 bis 0,6 %
Mn	0,005 bis 0,1 %
Si	0,005 bis 0,1 %
Co	max. 0,1 %

50

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4,5 \times 10^{-6}/K$ aufweist.

4. Verwendung nach Anspruch 3, mit (in Masse %)

55

Ni	41 bis 42 %
C	0,001 bis 0,02 %
Ti	2,0 bis 2,5 %

EP 1 979 501 B1

(fortgesetzt)

5

Al	0,1 bis 0,45 %
Nb	0,1 bis 0,45 %
Mn	0,005 bis 0,05 %
Si	0,005 bis 0,05 %
Co	max. 0,05 %

10

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4,0 \times 10^{-6}/K$, insbesondere $< 3,5 \times 10^{-6}/K$, aufweist.

5. Verwendung nach Anspruch 2, mit (in Masse %)

15

Ni	37,5 bis 40,5 %
C	max. 0,1 %
Ti	2,0 bis 3,0 %
Al	0,1 bis 0,8 %
Nb	0,1 bis 0,6 %
Mn	0,005 bis 0,1 %
Si	0,005 bis 0,1 %
Co	$> 3,5$ bis $< 5,5$ %

20

25

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die folgender Bedingung genügt

30

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

die im Temperaturbereich von 20 bis 200°C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ aufweist.

6. Verwendung nach Anspruch 5, mit (in Masse %)

35

Ni	38,0 bis 39,5 %
C	0,001 bis 0,05 %
Ti	2,0 bis 3,0 %
Al	0,1 bis 0,7 %
Nb	0,1 bis 0,6 %
Mn	0,005 bis 0,1 %
Si	0,005 bis 0,1 %
Co	$> 4,0$ bis $< 5,5$ %

40

45

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die folgender Bedingung genügt:

50

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

die im Temperaturbereich von 20-200° C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 3,5 \times 10^{-6} /K$ aufweist.

55

7. Verwendung nach Anspruch 5 oder 6, mit (in Masse-%)

Ni	38,0 bis 39,0 %
C	0,001 bis 0,02 %

EP 1 979 501 B1

(fortgesetzt)

Ti	2,0 bis 2,5 %
Al	0,1 bis 0,45 %
Nb	0,1 bis 0,45 %
Mn	0,005 bis 0,05 %
Si	0,005 bis 0,05 %
Co	> 4,0 bis < 5,5 %

Rest Fe und herstellungsbedingte Beimengungen,
die folgender Bedingung genügt:

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

die im Temperaturbereich von 20-200° C einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 3,2 \times 10^{-6} / \text{K}$, insbesondere $< 3,0 \times 10^{-6} / \text{K}$ aufweist.

8. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei großformatige Halbzeuge in Form von Blech-, Band- oder Rohrmaterial eingesetzt werden.
9. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei Draht, insbesondere in Form eines Schweißzusatzwerkstoffes, eingesetzt wird.
10. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, als Formbauteil zur Erzeugung von CFK-Flugzeugteilen.
11. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei nur Teile der Form aus dieser Legierung hergestellt werden, die mechanisch hoch beansprucht werden.
12. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 als Schmiedteile.
13. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 als Gussbauteile.

Claims

1. A use of a creep-resistant and low-expansive iron-nickel alloy having a higher mechanical stability and comprising (in % by mass)

Ni	40 to 43 %
C	max. 0.1 %
Ti	2.0 to 3.5 %
Al	0.1 to 1.5 %
Nb	0.1 to 1.0 %
Mn	0.005 to 0.8 %
Si	0.005 to 0.6 %
Co	max. 0.5 %
Cr	max. 0.1 %
Mo	max. 0.1 %
Cu	max. 0.1 %
Mg	max. 0.005 %
B	max. 0.005 %
N	max. 0.006 %
O	max. 0.003 %
S	max. 0.005 %

EP 1 979 501 B1

(continued)

P max. 0.008 %

Ca max. 0.005 %

5

the rest being Fe and admixtures due to manufacturing,
which comprises an average coefficient of thermal expansion of $< 5 \times 10^{-6}/K$ in the temperature range comprised
between 20 and 200°C in carbon fiber reinforced plastic mould making.

- 10 **2.** A use of a creep-resistant and low-expansive iron-nickel alloy having a higher mechanical stability and comprising
(in % by mass)

Ni 37 to 41 %

C max. 0.1 %

15

Ti 2.0 to 3.5 %

Al 0.1 to 1.5 %

Nb 0.1 to 1.0 %

Mn 0.005 to 0.8 %

20

Si 0.005 to 0.6 %

Co 2.5 to 5.5 %

Cr max. 0.1 %

Mo max. 0.1 %

Cu max. 0.1 %

25

Mg max. 0.005 %

B max. 0.005 %

N max. 0.006 %

O max. 0.003 %

30

S max. 0.005 %

P max. 0.008 %

Ca max. 0.005 %

35

the rest being Fe and admixtures due to manufacturing,
which meets the following condition

$$\text{Ni} + \frac{1}{2} \text{Co} > 38 \text{ to } < 43.5 \%,$$

40

wherein the alloy comprises an average coefficient of thermal expansion of $< 4 \times 10^{-6}/K$ in the temperature range
comprised between 20 and 200°C in carbon fiber reinforced plastic mould making.

- 3.** A use according to claim 1, comprising (in % by mass)

45

Ni 40.5 to 42 %

C 0.001 to 0.05 %

Ti 2.0 to 3.0 %

Al 0.1 to 0.8 %

50

Nb 0.1 to 0.6 %

Mn 0.005 to 0.1 %

Si 0.005 to 0.1 %

Co max. 0.1 %

55

the rest being Fe and admixtures due to manufacturing,
which comprises an average coefficient of thermal expansion of $< 4.5 \times 10^{-6}/K$ in the temperature range comprised
between 20 and 200°C.

EP 1 979 501 B1

4. A use according to claim 3, comprising (in % by mass)

5	Ni	41 to 42 %
	C	0.001 to 0.02 %
	Ti	2.0 to 2.5 %
	Al	0.1 to 0.45 %
	Nb	0.1 to 0.45 %
	Mn	0.005 to 0.05 %
10	Si	0.005 to 0.05 %
	Co	max. 0.05 %

the rest being Fe and admixtures due to manufacturing,
which comprises an average coefficient of thermal expansion of $< 4.0 \times 10^{-6}/K$, in particular of $< 3.5 \times 10^{-6}/K$ in the
temperature range comprised between 20 and 200°C.

5. A use according to claim 2, comprising (in % by mass)

20	Ni	37.5 to 40.5 %
	C	max. 0.1 %
	Ti	2.0 to 3.0 %
	Al	0.1 to 0.8 %
	Nb	0.1 to 0.6 %
25	Mn	0.005 to 0.1 %
	Si	0.005 to 0.1 %
	Co	> 3.5 to < 5.5 %

the rest being Fe and admixtures due to manufacturing,
which meets the following condition

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

which comprises an average coefficient of thermal expansion of $< 3.5 \times 10^{-6}/K$ in the temperature range comprised
between 20 and 200°C.

6. A use according to claim 5, comprising (in % by mass)

40	Ni	38.0 to 39.5 %
	C	0.001 to 0.05 %
	Ti	2.0 to 3.0 %
45	Al	0.1 to 0.7 %
	Nb	0.1 to 0.6 %
	Mn	0.005 to 0.1 %
	Si	0.005 to 0.1 %
50	Co	> 4.0 to < 5.5 %

the rest being Fe and admixtures due to manufacturing,
which meets the following condition

$$Ni + \frac{1}{2} Co > 38.5 \text{ to } < 43.0 \%,$$

which comprises an average coefficient of thermal expansion of $< 3.5 \times 10^{-6}/K$ in the temperature range comprised between 20 and 200°C.

7. A use according to claim 5 or 6, comprising (in % by mass)

Ni	38.0 to 39.0 %
C	0.001 to 0.02 %
Ti	2.0 to 2.5 %
Al	0.1 to 0.45 %
Nb	0.1 to 0.45 %
Mn	0.005 to 0.05 %
Si	0.005 to 0.05 %
Co	> 4.0 to < 5.5 %

the rest being Fe and admixtures due to manufacturing,
which meets the following condition

$$Ni + \frac{1}{2} Co > 40.0 \text{ to } < 42.0 \%,$$

which comprises an average coefficient of thermal expansion of $< 3.2 \times 10^{-6}/K$, in particular of $< 3.0 \times 10^{-6}/K$ in the temperature range comprised between 20 and 200°C.

8. A use according to one of the claims 1 through 7, wherein large sized semifinished products in form of sheet metal, strip or tube material will be used.
9. A use according to one of the claims 1 through 7, wherein wire, in particular in the form of weld filler will be used.
10. A use according to one of the claims 1 through 7 as mould component for manufacturing aircraft parts made of carbon fiber reinforced plastic.
11. A use according to one of the claims 1 through 7, wherein only those parts of the mould will be made of this alloy which are subject to a high mechanical stress.
12. A use according to one of the claims 1 through 7 as forged pieces.
13. A use according to one of the claims 1 through 7 as cast components.

Revendications

1. Utilisation d'un alliage fer-nickel résistant à l'essai de fluage et faiblement expansif et ayant une stabilité mécanique plus élevée, comprenant (en % en poids)

Ni	40 à 43 %
C	max. 0,1 %
Ti	2,0 à 3,5 %
Al	0,1 à 1,5 %
Nb	0,1 à 1,0 %
Mn	0,005 à 0,8 %
Si	0,005 à 0,6 %
Co	max. 0,5 %
Cr	max. 0,1 %
Mo	max. 0,1 %

EP 1 979 501 B1

(suite)

5	Cu	max. 0,1 %
	Mg	max. 0,005 %
	B	max. 0,005 %
	N	max. 0,006 %
	O	max. 0,003 %
	S	max. 0,005 %
10	P	max. 0,008 %
	Ca	max. 0,005 %

le reste étant du fer et des additions résultant de l'élaboration,
l'alliage comprenant un coefficient de dilatation thermique moyen de $< 5 \times 10^{-6}/K$ dans l'écart de températures
compris entre 20 et 200°C, en construction de moules en plastique renforcé par fibres de carbone.

2. Utilisation d'un alliage fer-nickel résistant à l'essai de fluage et faiblement expansif et ayant une stabilité mécanique plus élevée, comprenant (en % en poids)

20	Ni	37 à 41 %
	C	max. 0,1 %
	Ti	2,0 à 3,5 %
	Al	0,1 à 1,5 %
	Nb	0,1 à 1,0 %
25	Mn	0,005 à 0,8 %
	Si	0,005 à 0,6 %
	Co	2,5 à 5,5 %
	Cr	max. 0,1 %
30	Mo	max. 0,1 %
	Cu	max. 0,1 %
	Mg	max. 0,005 %
	B	max. 0,005 %
35	N	max. 0,006 %
	O	max. 0,003 %
	S	max. 0,005 %
	P	max. 0,008 %
	Ca	max. 0,005 %

le reste étant du fer et des additions résultant de l'élaboration,
l'alliage satisfaisant à la condition suivante

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

l'alliage comprenant un coefficient de dilatation thermique moyen de $< 4 \times 10^{-6}/K$ dans l'écart de températures
compris entre 20 et 200°C, en construction de moules en plastique renforcé par fibres de carbone.

3. Utilisation selon la revendication 1, comprenant (en % en poids)

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

EP 1 979 501 B1

(suite)

Si	0,005 à 0,1 %
Co	max. 0,1 %

5

le reste étant du fer et des additions résultant de l'élaboration,
l'alliage comprenant un coefficient de dilatation thermique moyen de $< 4,5 \times 10^{-6}/K$ dans l'écart de températures
compris entre 20 et 200°C.

10 **4.** Utilisation selon la revendication 3, comprenant (en % en poids)

Ni	41 à 42 %
C	0,001 à 0,02 %
Ti	2,0 à 2,5 %
Al	0,1 à 0,45 %
Nb	0,1 à 0,45 %
Mn	0,005 à 0,05 %
Si	0,005 à 0,05 %
Co	max. 0,05 %

15

20

le reste étant du fer et des additions résultant de l'élaboration,
l'alliage comprenant un coefficient de dilatation thermique moyen de $< 4,0 \times 10^{-6}/K$ dans l'écart de températures
compris entre 20 et 200°C.

25

5. Utilisation selon la revendication 2, comprenant (en % en poids)

Ni	37,5 à 40,5 %
C	max. 0,1 %
Ti	2,0 à 3,0 %
Al	0,1 à 0,8 %
Nb	0,1 à 0,6 %
Mn	0,005 à 0,1 %
Si	0,005 à 0,1 %
Co	$> 3,5$ à $< 5,5$ %

30

35

le reste étant du fer et des additions résultant de l'élaboration,
l'alliage satisfaisant à la condition suivante

40

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

45

l'alliage comprenant un coefficient de dilatation thermique moyen de $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ dans l'écart de températures
compris entre 20 et 200°C.

6. Utilisation selon la revendication 5, comprenant (en % en poids)

Ni	38,0 à 39,5 %
C	0,001 à 0,05 %
Ti	2,0 à 3,0 %
Al	0,1 à 0,7 %
Nb	0,1 à 0,6 %
Mn	0,005 à 0,1 %
Si	0,005 à 0,1 %

50

55

EP 1 979 501 B1

(suite)

Co > 4,0 à < 5,5 %

5 le reste étant du fer et des additions résultant de l'élaboration,
l'alliage satisfaisant à la condition suivante

10 **Ni + ½ Co > 38,5 à < 43,0 %,**

l'alliage comprenant un coefficient de dilatation thermique moyen de $< 3,5 \times 10^{-6}/K$ dans l'écart de températures compris entre 20 et 200°C

15 **7.** Utilisation selon la revendication 5 ou 6, comprenant (en % en poids)

20	Ni	38,0 à 39,0 %
	C	0,001 à 0,02 %
	Ti	2,0 à 2,5 %
	Al	0,1 à 0,45 %
	Nb	0,1 à 0,45 %
	Mn	0,005 à 0,05 %
	Si	0,005 à 0,05 %
25	Co	> 4,0 à < 5,5 %

le reste étant du fer et des additions résultant de l'élaboration,
l'alliage satisfaisant à la condition suivante

30 **Ni + ½ Co > 40,0 à < 42,0 %,**

35 l'alliage comprenant un coefficient de dilatation thermique moyen de $< 3,2 \times 10^{-6}/K$, notamment de $< 3,0 \times 10^{-6}/K$, dans l'écart de températures compris entre 20 et 200°C.

8. Utilisation selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle on utilise des produits semi-finis de grand format sous forme de matière de tôle, de feuillard ou de tubulure.

40 **9.** Utilisation selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle on utilise du fil de fer, notamment sous forme d'un métal d'apport.

10. Utilisation selon l'une des revendications 1 à 7, en tant que composant de moule pour la fabrication des éléments d'avion en plastique renforcé par fibres de carbone.

45 **11.** Utilisation selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle on ne fabrique de tels éléments de la moule en cet alliage que ceux qui sont soumis à une grande sollicitation mécanique.

12. Utilisation selon l'une des revendications 1 à 7 en tant que pièces de forge.

50 **13.** Utilisation selon l'une des revendications 1 à 7 en tant que composants coulés.

55

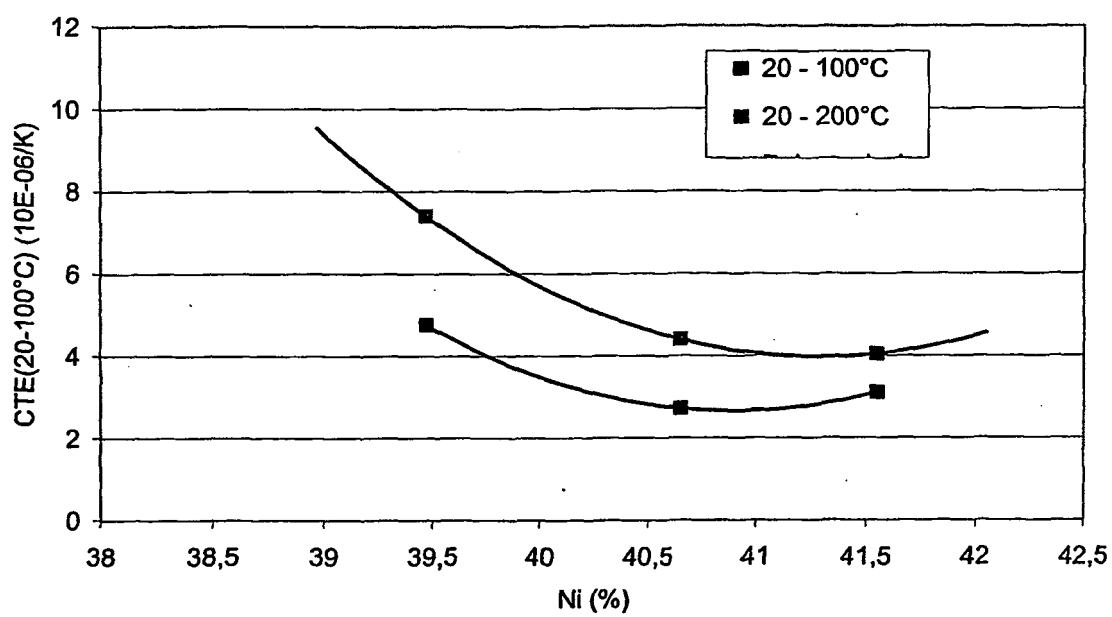


Abb. 1

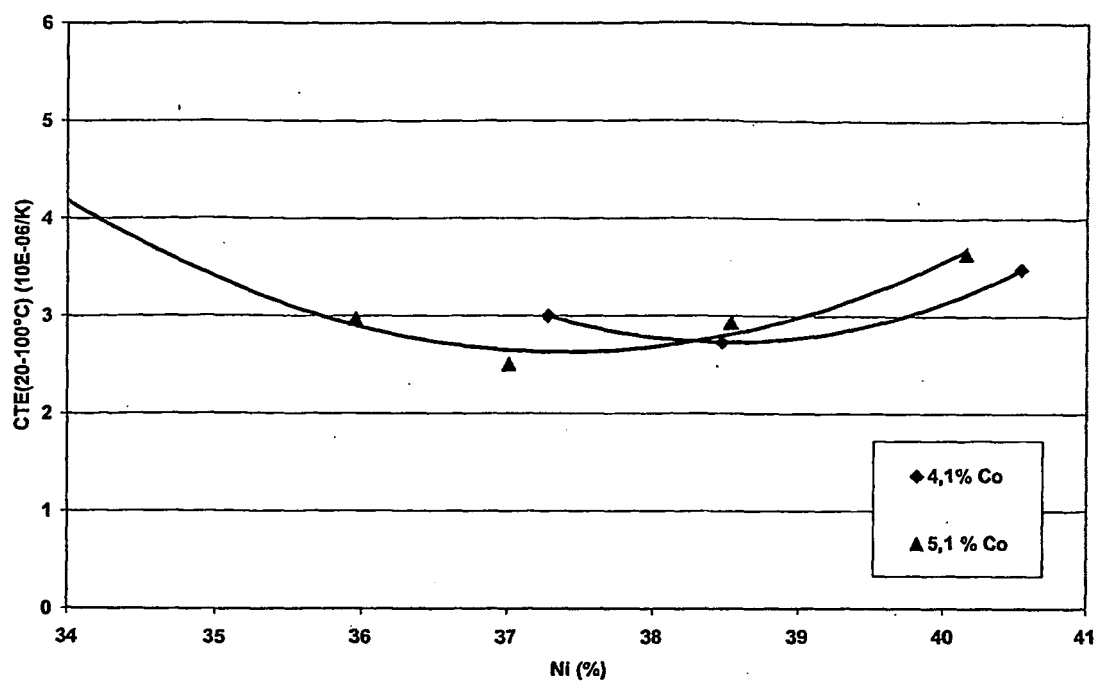


Abb. 2

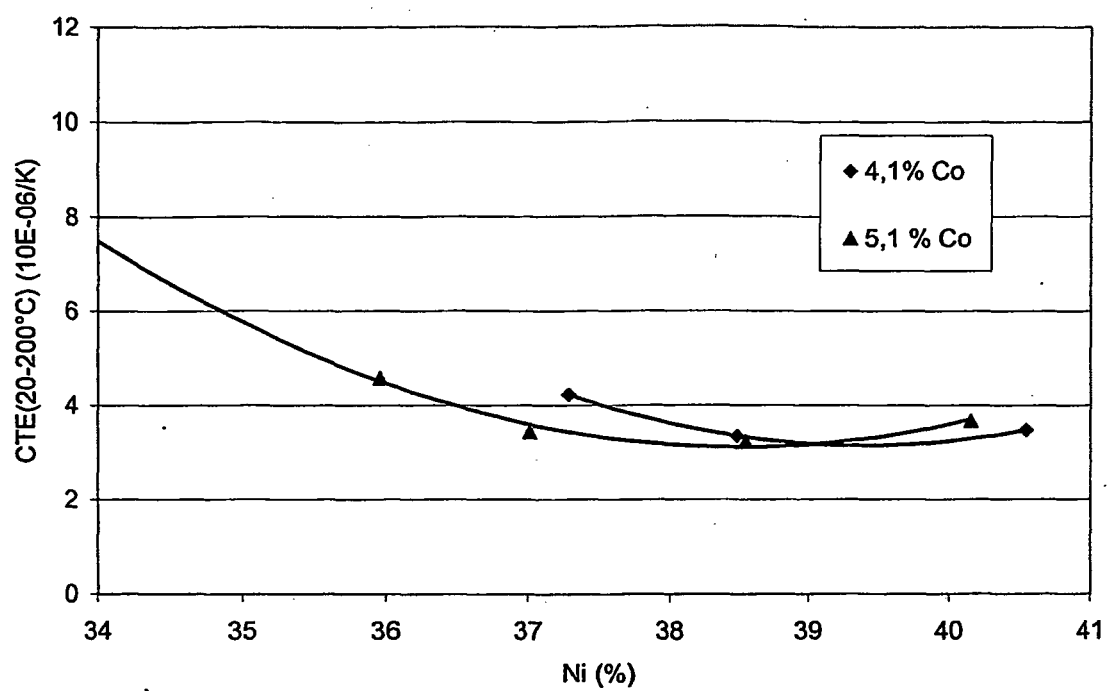


Abb. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5688471 A [0004]
- JP 04180542 A [0005]
- WO 0107673 A1 [0006]
- EP 1063304 A1 [0007]
- JP 10310845 A [0008]