



(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2305/90

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : **C22C 19/05**

(22) Anmeldetag: 15.11.1990

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 2.1992

(45) Ausgabetag: 12.10.1992

(30) Priorität:

17.11.1989 US 437707 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1 0039450

(73) Patentinhaber:

HAYNES INTERNATIONAL, INC.  
46904 KOKOMO (US).

(54) KORROSIONSBESTÄNDIGE NI-CR-SI-CU-LEGIERUNGEN

(57) Es wird eine Legierung auf Nickelbasis für den Einsatz in "superoxidierender" Umgebung, beispielsweise konzentrierter Schwefelsäure, rauchender Salpetersäure, Chromsäure und Chromsäure enthaltenden Mischungen, offenbart. Die Legierung weist gute Festigkeit auf und kann ausscheidungsgehärtet werden. Ihre thermische Stabilität und Schweißbarkeit sind ausgezeichnet. Die Legierung zeigt ein hohes Maß an Beständigkeit gegen Lochkorrosion. Die erfindungsgemäße Legierung enthält bis zu 1,5 Gew.-% Aluminium, bis zu 0,06 Gew.-% Kohlenstoff, bis zu 3 Gew.-% Niob, 11 bis 29 Gew.-% Chrom, bis zu 20 Gew.-% Cobalt, 1 bis 3 Gew.-% Kupfer, bis zu 19 Gew.-% Eisen, bis zu 2 Gew.-% Mangan, 1 bis 6,5 Gew.-% Molybdän, bis zu 0,2 Gew.-% Stickstoff, 3,5 bis 6,5 Gew.-% Silicium, bis zu 2 Gew.-% Titan, bis zu 2,5 Gew.-% Wolfram und den Rest Nickel und normale Verunreinigungen, wobei der Wert  $(20-Fe) \times (Si-3)$  größer als 5 ist.

AT 395 176 B

Diese Erfindung bezieht sich auf Nickelbasislegierungen, die Chrom, Silicium, Kupfer und wahlweise andere Elemente enthalten, um wertvolle Konstruktionseigenschaften für den Einsatz in Umgebungen hoher Temperatur und starker Korrosion zu bieten.

Viele industrielle Produkte und Verfahren sind eingeschränkt, weil es Beschränkungen in bezug auf die mechanischen und/oder chemischen Eigenschaften von Bestandteilen gibt. Beispielsweise würden Turbinen effizienter arbeiten, wenn die Bestandteile längere Lebensdauer bei höheren Temperaturen hätten. Auch die Verarbeitung von Produkten wie Chemikalien wäre effizienter, wenn die Bestandteile der Verarbeitungsvorrichtungen beständiger gegen Korrosion und/oder hohe Temperaturen wären.

Die Nickelbasislegierungen des Standes der Technik erfüllen nicht alle Erfordernisse der Industrie wegen vieler Unzulänglichkeiten der Korrosions- und mechanischen Eigenschaften. Aus diesem Grund müssen viele Legierungen auf Nickelbasis entwickelt werden, um diese Erfordernisse zu erfüllen. Die Unterschiede zwischen neuen Nickelbasislegierungen können gering sein, oder sogar subtil, da sie oft so entwickelt werden müssen, daß sie gewisse Kombinationen von Eigenschaften besitzen, wie sie unter spezifischen Einsatzbedingungen erforderlich sind.

Die Tabelle 1 gibt eine Anzahl von Legierungen von Patenten des Standes der Technik an. Alle in dieser Patentbeschreibung und in den Ansprüchen angegebenen Zusammensetzungen sind in Gew.-%, sofern nicht anders angegeben. Jede der Legierungen bietet im allgemeinen ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit oder ausgezeichnete Schweißzähigkeit oder ausgezeichnete Kerbschlagzähigkeit nach Charpy oder ausgezeichnete Alterungshärtungseigenschaften. Einige der Legierungen können mehr als eine dieser Eigenschaften bieten; aber keine bietet eine gute Kombination aller dieser Eigenschaften. Die Zusammensetzung von Nickelbasislegierungen des Standes der Technik in der Tabelle 1 können fast alle neben anderen Elementen Chrom, Kupfer, Molybdän und Silicium enthalten. Größtenteils sind die Legierungen wegen der Kombination von hohem Chrom-, Silicium-, Kohlenstoff- und Kupfergehalt auf die Verwendung in gegossener Form beschränkt.

Es blieb Bedarf an Legierungen, die dem Ausfüllen von Carbid und intermetallischer Phasen erfolgreich widerstehen, während sie noch einen weiten Bereich der Korrosionsbeständigkeit gegenüber stark oxidierenden Bedingungen im lösungsgeglühten Zustand bieten. Legierungen des Standes der Technik bieten keine ausreichende Korrosionsbeständigkeit in manchen stark oxidierenden Umgebungen.

Das Hauptziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, Legierungen auf Nickelbasis mit ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit in oxidierender Umgebung im geglühten, geschweißten und thermisch gealtertem Zustand zu bieten.

Ein anderes Ziel besteht darin, solche Legierungen zu bieten, die nicht nur ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit aufweisen, sondern die auch hervorragende thermische Stabilität und Beständigkeit gegenüber dem Verlust der mechanischen Eigenschaften aufgrund der Gefügeänderungen während des Alterns oder der thermomechanischen Umformung haben.

Ein weiteres Ziel besteht darin, Legierungen zu bieten, die gegenüber Spannungsrißkorrosion in Chlorid-Umgebung im ausscheidungsgehärteten Zustand beständig sind.

Es ist ein weiteres Ziel, Nickelbasislegierungen in festen Lösungen zu bieten, die leicht in geschmiedeter oder gegossener Form produziert und gefertigt werden können und im Gleichgewichtszustand homogen sind.

Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die obigen Ziele und Vorteile erreicht, indem man sorgfältig die Zusammensetzung der essentiellen Elemente innerhalb des weiten Bereiches, der in der Tabelle 2 angegeben wird, kontrolliert. Alle Versuchslegierungen enthielten die wahlfreien Elemente Aluminium, Kohlenstoff, Niob, Cobalt, Eisen, Stickstoff, Titan und Wolfram im wesentlichen innerhalb des weiten Bereiches, wie er in der Tabelle 2 angegeben wird. In den meisten Fällen wurden keine vorsätzlichen Zugaben dieser Elemente gemacht und ihre Gehalte liegen innerhalb der normalen Verunreinigungsgehalte.

Die Legierungen sind beständig gegenüber vielen verschiedenen oxidierenden Säuren in einer Vielzahl von Konzentrationen und Temperaturen. Sie haben ausgezeichnete Schweißzähigkeit, wie die Ergebnisse der Biegeversuche zeigen werden. Die thermische Stabilität ist, wie durch die Ergebnisse der Kerbschlagbiegeversuche nach Charpy gezeigt wird, sehr vorteilhaft. Die Legierungen haben gute Alterungshärtungseigenschaften. Die Legierungen sind im alterungsgehärteten Zustand auch beständig gegen Spannungsrißkorrosion.

#### Beispiele und Testergebnisse: Korrosion:

Es wurde eine Reihe von Versuchen durchgeführt, um die Effekte von Chrom, Silicium, Molybdän und Kupfer auf die Korrosion zu bestimmen. Die vorteilhaften Effekte von Kombinationen von Chrom und Silicium, stark oxidierenden Lösungen wie konzentrierter Schwefelsäure zu widerstehen, wurden in vielen Patenten gezeigt. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die erforderlichen Gehalte an Silicium recht kritisch sind und vom Chromgehalt abhängen. Wie in der Tabelle 3 gezeigt wird, ist für stark oxidierende Umgebungen (Umgebung B in der Tabelle 3) Legierung desto beständiger, je höher der Siliciumgehalt. In etwas weniger oxidierenden Umgebungen (Umgebungen A und C) geht die Korrosionsrate mit Silicium durch ein Maximum, wobei kleine Mengen von Silicium (bis zu 3 %)

nachteilig sind und höhere Gehalte vorteilhaft sind. In noch weniger oxidierenden Säuren wie Umgebung D in der Tabelle 3 ist Silicium ungünstig und Chrom vorteilhaft. Also muß das Verhältnis Chrom-zu-Silicium innerhalb eines gewissen Intervalls passen, damit die Legierung Beständigkeit in einer großen Auswahl von Umgebungen zeigt. Diese gegensätzlichen Effekte von Si und Cr werden in der Fig. 1 als relative Korrosionsrate gegen 2 Si/Cr-Verhältnis (die 2, um die höhere Wirksamkeit von Silicium und das niedrigere Atomgewicht zu berücksichtigen) präsentiert. Anhand der Fig. 1 scheint es, daß dieses Verhältnis zwischen 0,3 - 0,6 für Gesamtbeständigkeit gegen eine große Auswahl von Oxidationsmittel fallen würde. Dieses Verhältnis kommt zu Limits bei Cr und Si dazu.

Zusätzlich kann man die vorteilhaften Effekte von Mo und Cu in 90%iger  $H_2SO_4$  (Umgebung C) sehen. Kupfer ist besonders vorteilhaft in dieser Umgebung. Ein zu hoher Kupfergehalt (über 3,0 %) ist jedoch nachteilig für die Beständigkeit gegen Lochkorrosion und die Verarbeitbarkeit. Etwa 2 % werden bevorzugt.

#### Schweißfähigkeit:

Legierungen dieser Klasse müssen einen hohen Grad an Schweißbarkeit aufweisen. Es wurde eine Serie von Versuchen durchgeführt, wie in der Tabelle 4 gezeigt. Die Schweißbiegefähigkeit wurde nach dem gut bekannten 2-T-Radius-Biegetest (T steht für Dicke) bestimmt. Die Ergebnisse des Tests zeigen, daß das Verhältnis von Ni zu Fe über 1,0 betragen muß. Verhältnisse von weniger als 1 definieren Eisenbasislegierungen, beispielsweise Typ-20-Stähle und Duplexstahl, die nicht die Korrosionsbeständigkeit gegenüber einer unterschiedlichen Kombination von Säuren haben.

Silicium in rostfreien Stählen und einigen Ni-Legierungen ist bekannt dafür, daß es Schweißrißprobleme verursacht und die Schweißfähigkeit vermindert. Die erfindungsgemäßen Legierungen sind gegenüber solchen Problemen erstaunlich beständig, unter der Voraussetzung, daß der Nickelgehalt über einem bestimmten Bereich liegt. Das ist ein Hauptpunkt dieser Erfindung. Die Ergebnisse der Biegetests werden in der Tabelle 4 gezeigt. Man kann anhand der Tabelle 4 sehen, daß, wenn der Nickelgehalt niedrig ist (weniger als etwa 12 %) oder wenn der Nickelgehalt über einem bestimmten Wert liegt (etwa 25 %), die Schweißungen den 2-T-Biegetest bestehen. Unter 12 % Ni (in den 20 Cr, 12 Co, 5 Si Legierungen) hat die Legierung etwas Ferrit im Gefüge, und es ist gut bekannt, daß kleine Mengen Ferrit am Beginn der Schweißverfestigung für die Zähigkeit vorteilhaft sind. Dieser Zustand findet sich jedoch nicht bei homogenen festen Lösungen-Nickelbasislegierungen dieser Erfindung. Während eine kleine Menge Ferrit in rostfreiem Stahl für die Beständigkeit gegen Ribbildung während des Schweißens vorteilhaft ist, kann Ferrit zu erhöhter Ribbildung während des Exponierens bei Temperaturen von 871,1 °C (1600 °F), die bei Warmverformungsoperationen angetroffen werden, führen. Die Legierungen mit hohem Nickelgehalt sind jedoch auch gegen Ribbildung bei diesen Temperaturen beständig.

#### Thermische Stabilität:

Die thermische Stabilität einer Reihe von Legierungen wurde nach Exponieren bei 871,1 °C für 6 Minuten und 30 Minuten dem Schlagversuch unterworfen. Die Testergebnisse werden in der Tabelle 5 gezeigt. Die Daten zeigen, daß eine erfindungsgemäße Legierung (Legierung 5-8) adäquate Schlagzähigkeit hat, obwohl die Probe unterdimensioniert war. Die erfindungsgemäße Legierung 5-9 wurde 6 Minuten und 1 Stunde 871,1 °C ausgesetzt. Beide Legierungen zeigten gute Schlagzähigkeit im Vergleich zu Legierungen mit einem (20-Fe x Si-3)-Wert von weniger als 5. Eisen muß weniger als 19 % betragen.

#### Alterungshärtung:

Ein weiterer Vorteil dieser Legierungen ist die Fähigkeit, substantiell durch Wärmebehandlung gehärtet zu werden. Silicium agiert ähnlich wie Al und Ti, aber es gibt beträchtliche Unterschiede. Die Alterungstemperatur, die erforderlich ist, um Härtung zu induzieren, ist für die Si-Legierung niedriger, was sie leichter alterungshärtbar macht. Der Eisengehalt muß weniger als etwa 19 % betragen und der Siliciumgehalt muß größer als 3 % sein. Die Zahl (20-Fe) x (Si-3) muß größer als 5 sein, damit Härtung beobachtet wird. Die Daten werden in der Tabelle 6 gezeigt.

Die Beispiele und Testergebnisse beschreiben die Erfindung. Die Testergebnisse zeigen, daß die erfindungsgemäße Legierung eine einzigartige Kombination von Konstruktionseigenschaften hat. Die Verhältnisse und Zusammensetzungsbereiche wurden aufgestellt, um die Legierung auf pragmatische Weise zu identifizieren. Obwohl der exakte Mechanismus der Erfindung nicht ganz verstanden wird, wurde bestimmt, daß die Verhältnisse, wie sie angegeben sind, beste Ergebnisse herbeiführen. Die Erfindung erfordert also nicht nur die speziellen Zusammensetzungsbereiche für die kritischen Elemente, sondern auch die Verhältnisse unter gewissen Elementen, wie sie offenbart werden.

Die experimentellen Beispiele erfindungsgemäßer Legierung wurden in Form von Blechen, Gußstücken, Schweißmaterialien und dergleichen ohne Verarbeitungsschwierigkeiten gemacht. Die erfindungsgemäße Legierung kann in Form von gegossenen, geschmiedeten und Pulverprodukten sowie Gegenständen zur Verwendung in Schweißprozessen und Schweißkonstruktionen hergestellt werden.

Es wird den Fachleuten auf diesem Gebiet klar sein, daß die hier in Verbindung mit spezifischen Beispielen

offenbaren neuartigen Prinzipien dieser Erfindung verschiedene andere Modifizierungen und Anwendungen derselben unterstützen. Es ist daher erwünscht, daß bei der Auslegung des Umfangs der angefügten Ansprüche diese nicht auf die beschriebenen spezifischen Beispiele der Erfindung limitiert werden.

5

Tabelle 1

Legierungen des Standes der Technik

10

		<u>Zusammensetzung in Gew.-%</u>					
		US-A	US-A	US-A	US-A	US-A	US-A
		<u>2,103,855</u>	<u>2,821,474</u>	<u>3,758,296</u>	<u>4,033,767</u>	<u>2,938,786</u>	<u>4,836,985</u>
15	Al	-	-	-	-	-	-
	C	<.30	-	.05-.25	.05-.25	bis zu .03	bis zu .11
	Nb	-	-	-	-	-	-
	Cr	20-30	9-30	30-34	30-35	19-26	31-33
	Co	-	-	4-7,5	4-7,5	-	1,2 max.
20	Cu	3,5-7	.05-5	2,5-8	2,5-8	4-7	2,7-4
	Fe	2-12	-	bis zu 25	bis zu 25	bis zu 10	Rest bis zu 23,0
	Mn	<1	-	1-3,5	1-3,5	bis zu 1,5	bis zu 2,0
	Mo	2-6	-	4-5,25	bis zu 4	5-9	4-5,2
	N	-	-	-	-	-	.04-.62
25	Ni*	50-55	Rest	26-48	30-48	46-69	36-40,5
	Si	3,5-5	6-12	bis zu 4,0	bis zu 4	1,5-7,5	2,5-6
	Ti	-	-	-	-	-	-
	W	1-3	-	-	-	-	bis zu .07
	B	-	-	bis zu .10	bis zu .10	.025-.55	-
30	Si + Mo	-	-	-	< als 4	-	-
	Verunreinigungen	-	-	-	-	Rest (geschmiedet)	bis zu .25
	Ti+Nb+Ta	-	-	-	-	-	bis zu .05

35

Tabelle 2

Erfindungsgemäße Legierungen

40

		<u>Zusammensetzung, Gew.-%</u>						
		mittlerer Bereich	bevorzugter Bereich	<u>Typische Legierungen</u>				
weiter Bereich				Legierung 3-9	Legierung 5-9	Legierung 6-7	Legierung 6-8	Legierung 6-13
45	Al: bis zu 1,5 %	bis zu 0,5	bis zu .3	-	-	-	-	-
	C: bis zu 0,06 %	bis zu 0,04	bis zu .02	-	-	-	-	-
	Nb: bis zu 3 %	bis zu 1,0	bis zu .3	-	-	-	-	-
50	Cr: 11 - 29 %	16-23	19 - 21	20	19	25	22	22
	Co: bis zu 20 %	bis zu 10	bis zu 5	-	-	-	-	-
	Cu: 1 - 3,0 %	-	1,5-2,5	2,3	2,3	2	1,8	2,2
	Fe: bis zu 19 %	1 - 10	3 - 7	-	4,6	1,8	1,8	0,12
	Mn: bis zu 2 %	bis zu 1	bis zu 0,5	-	-	-	-	-
55	Mo: 1 - 6,5 %	1 - 5	1,5 - 3	3,0	1,5	3,00	3	2,8
	N: bis zu 0,2 %	bis zu 0,1	bis zu .03	-	-	-	-	-
	Ni: Rest*	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest

Tabelle 2 (Fortsetzung)

5	<u>Zusammensetzung, Gew.-%</u>							
	<u>weiter Bereich</u>	<u>mittlerer Bereich</u>	<u>bevorzugter Bereich</u>	<u>Typische Legierungen</u>				
			<u>Legie- rung 3-9</u>	<u>Legie- rung 5-9</u>	<u>Legie- rung 6-7</u>	<u>Legie- rung 6-8</u>	<u>Legie- rung 6-13</u>	
10	Si: 3,5 - 6,5 %	4 - 6	4,5 - 5,5	5,0	5,2	5,00	5,2	5,0
	Ti: bis zu 2 %	bis zu 1	bis zu 0,2	-	-	-	-	-
	W: bis zu 2,5 %	bis zu 1	bis zu 0,5	-	-	-	-	-
	2 Si/Cr: 0,35 - 0,6							
	Ni/Fe: größer als 2							
15	(20-Fe) x (Si-3): größer als 5							
	* Nickel plus Verunreinigungen							

20

Tabelle 3

Die Effekte von Cr, Si, Mo, und Cu auf die Korrosion in verschiedenen oxidierenden Umgebungen

25

Legierung Nr.	<u>Gew.-%</u>						<u>Korrosionsrate, x 0,0254 mm/Jahr</u>				
	<u>Cr</u>	<u>Fe</u>	<u>Si</u>	<u>Mo</u>	<u>W</u>	<u>Cu</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	
<u>Effekt von Silicium</u>											
30	3-1	21,2	0,1	0,09	0,0	0,0	0,0	2,2	108,0	123,5	8,8
	3-2	21,4	0,22	2,87	0,0	0,0	0,0	16,7	13,2	45,7	13,4
	3-3	21,5	0,11	3,79	0,0	0,0	0,0	18,3	5,9	94,3	16,6
	3-4	21,4	0,1	4,86	0,0	0,0	0,0	1,4	2,9	97,5	21,4
<u>Effekt von Mo, W, Cu</u>											
35	3-5	21,2	1,91	4,92	2,8	0,0	0,0	1,8	2,1	46,5	27,2
	3-6	21,3	0,12	4,78	2,8	2,6	0,0	1,7	1,9	78,1	34,3
	3-7	21,5	0,18	5,09	6,7	0	0,0	2,5	5,2	79,9	33,4
	3-8*	21,8	0,13	4,64	2,7	0	2,0	0,2	1,8	6,3	28,8
	3-9*	19,8	4,95	5,09	3,0	0	2,3	-	2,6	5,4	29,6
40	3-10*	19,1	4,6	5,22	1,5	0	2,3	-	2,6	13,4	23,4
<u>Effekt von Cr</u>											
	3-11*	29,3	4,92	5,11	0,0	0	2,1	-	3,5	10,0	12,6
	3-12	17,6	0,1	4,79	0,0	0	0,0	3,4	2,7	95,6	27,7
45	3-13*	11,9	4,95	5,19	3,0	0	2,2	-	3,0	26,0	115,0
	3-14*	21,8	4,93	6,60	2,9	0	2,1	-	Risse beim Schmieden		

50

Oxidierende UmgebungenA = 99 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 130 °CB = 30 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 5 % CrO<sub>3</sub>, 79 °CC = 90 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 80 °CD = 50 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 42 G/L Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, siedend (ASTM G-28A)

55

\* Erfindungsgemäße Legierungen

Tabelle 4

Effekt von Ni, Fe, Si auf die Schweißbiegezeit

5

	Legierung Nr.	Gew.-%						Ni/Fe	2-T-Radius-Biegetestergebnisse
		Fe	Co	Ni	Si	Cr	Mo		
10	4-1	44,0	11,10	19,50	4,83	20,30	0,00	0,44	rissig geworden, leichtes Biegen, 0,25"-Platte (0,635 cm)
	4-2	46,40	5,90	21,70	5,11	20,40	0,00	0,47	beim Schweißen rissig geworden
	4-3	49,00	0,00	24,60	5,20	20,50	0,00	0,50	beim Schweißen rissig geworden
	4-4	38,00	5,97	25,60	4,30	20,30	3,00	0,67	rissig geworden, leichtes Biegen, 0,25"-Platte (0,635 cm)
15	4-5	41,00	5,90	25,10	3,10	20,00	3,10	0,61	rissig geworden, leichtes Biegen, 0,25"-Platte (0,635 cm)
	4-6	55,50	5,60	12,50	4,90	21,10	0,10	0,23	nicht rissig geworden, 0,5"-Platte (1,27 cm)
	4-7	53,00	11,80	10,00	4,10	20,40	1,40	0,19	
20	4-8	53,00	11,70	10,00	5,00	20,00	0,00	0,19	
	4-9	0,14	0,00	74,10	5,50	19,20	0,00	529,29	nicht rissig geworden, 0,5"-Platte (1,27 cm)
	4-10	0,14	11,60	62,50	5,80	19,70	0,00	446,43	nicht rissig geworden, 0,5"-Platte (1,27 cm)
	4-11	19,45	11,80	42,60	5,66	20,29	0,00	2,19	nicht rissig geworden, 0,5"-Platte (1,27 cm)
	4-12*	4,95	0	64,73	5,09	19,78	2,96	13,08	nicht rissig geworden, 0,5"-Platte (1,27 cm)**

25

\* Erfindungsgem. Legierung - enthält 2,29 % Kupfer

\*\* 2,5-T-Radius-Biegetest

30

Tabelle 5

35

Effekte von Ni, Co, Fe, und Si auf die thermische Stabilität

	Legierung Nr.	Gew.-%							Charpy-Spitzkerb- Zähigkeit, x 1,3554 (Ws)		
		Fe	Co	Ni	Si	Cr	Mo	Cu	Ni/Fe	871,1 °C/ 6MIN	871,1 °C/ 30MIN
45	5-1	46,40	5,90	21,70	5,11	20,40	0,00	-	0,47	7,75	4,50
	5-2	55,50	5,60	12,50	4,90	21,10	0,10	-	0,23	3,25	3,25
	5-3	53,00	11,80	10,00	4,10	20,40	1,40	-	0,19	6,63	7,00
	5-4	53,00	11,70	10,00	5,00	20,00	0,00	-	0,19	5,00	4,25
	5-5	0,14	0,00	74,10	5,50	19,20	0,00	-	529,29	249,00	187,00
50	5-6	0,14	11,60	62,50	5,80	19,70	0,00	-	446,43	199,33	140,00
	5-7	19,45	11,80	42,60	5,66	20,29	0,00	-	2,19	147,33	94,17
	5-8*	5,00	0,00	65,08	5,14	19,66	3,05	1,9	13,02	65,8	-
	5-9*	4,60	-	66,9	5,22	19,14	1,46	2,28	14,54	70,7	63,7**

55

\* Legierungen dieser Erfindung

\*\* 1 Stunde

Tabelle 6

Effekt von Fe und Si auf den durch Altern induzierten Anstieg der Streckgrenze (yield strength, Y. S.)

5

Legierung Nr.	Gew.-%							(20-Fe)x (Si-3)	Y. S.-An- stieg MPa	Y. S. ge- glüht	0,2 % Y. S., 593,3 °C/24 h
	Co	Cr	Fe	Mo	Ni	Cu	Si				
6-1	0,00	21,60	0,10	0,00	77,98	-	0,10	-57,71	24	233	257
6-2	0,00	21,76	0,22	0,00	74,43	-	3,14	2,77	0	248	245
6-3	11,76	20,29	19,45	0,00	42,64	-	5,66	1,46	28	241	269
6-4	0,00	21,76	11,62	0,00	60,72	-	5,70	22,63	419	243	662
6-5*	0,00	21,68	9,37	2,99	55,91	2,1	4,91	20,30	392	362	754
6-6	0,00	21,55	4,78	0,00	67,62	-	5,85	43,38	491	237	728
6-7*	0,00	24,73	1,75	3,00	60,88	1,9	5,00	36,50	421	391	812
6-8*	0,00	21,73	1,81	2,98	63,90	1,8	5,22	40,38	569	360	929
6-9	0,00	21,30	1,87	2,73	67,95	-	5,89	52,40	589	352	941
6-10	0,00	21,68	0,19	6,56	65,68	-	5,66	52,69	546	392	938
6-11	0,00	19,15	0,14	0,49	74,13	-	5,48	49,25	489	241	730
6-12	11,64	19,68	0,14	0,00	62,49	-	5,83	56,20	441	241	682
6-13*	0,00	21,99	0,12	2,84	67,60	2,2	5,02	40,16	567	324	891
6-14	0,00	21,43	0,11	2,78	67,52	-	5,77	55,10	587	381	968
6-15	0,00	23,96	0,11	0,00	69,87	-	5,84	56,49	436	256	692
6-16	0,00	21,40	0,11	0,00	72,58	-	5,66	52,91	528	284	812
6-17	0,00	21,73	0,11	0,00	73,63	-	4,29	25,66	357	246	603
6-18	0,00	17,52	0,10	0,00	76,34	-	5,82	56,12	524	256	780

30

\* Y. S.-Anstieg = Y. S. (gealtert) - Y. S. (geglüht)

\* Legierungen dieser Erfindung

35

### PATENTANSPRÜCHE

40

1. Nickelbasislegierung, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie bis zu 1,5 Gew.-% Aluminium, bis zu 0,06 Gew.-% Kohlenstoff, bis zu 3 Gew.-% Niob, 11 bis 29 Gew.-% Chrom, bis zu 20 Gew.-% Cobalt, 1 bis 3 Gew.-% Kupfer, bis zu 19 Gew.-% Eisen, bis zu 2 Gew.-% Mangan, 1 bis 6,5 Gew.-% Molybdän, bis zu 0,2 Gew.-% Stickstoff, 3,5 bis 6,5 Gew.-% Silicium, bis zu 2 Gew.-% Titan, bis zu 2,5 Gew.-% Wolfram und den Rest Nickel und normale Verunreinigungen enthält, wobei der Wert (20-Fe) x (Si-3) größer als 5 ist.

45

2. Legierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie bis zu 0,5 Gew.-% Aluminium, bis zu 0,04 Gew.-% Kohlenstoff, bis zu 1 Gew.-% Niob, 16 bis 23 Gew.-% Chrom, bis zu 10 Gew.-% Cobalt, 1 bis 3 Gew.-% Kupfer, 1 bis 10 Gew.-% Eisen, bis zu 1 Gew.-% Mangan, 1 bis 5 Gew.-% Molybdän, bis zu 0,1 Gew.-% Stickstoff, 4 bis 6 Gew.-% Silicium und bis zu 1 Gew.-% Titan und bis zu 1 Gew.-% Wolfram enthält.

50

3. Legierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie bis zu 0,3 Gew.-% Aluminium, bis zu 0,02 Gew.-% Kohlenstoff, bis zu 0,3 Gew.-% Niob, 19 bis 21 Gew.-% Chrom, bis zu 5 Gew.-% Cobalt, 1,5 bis 2,5 Gew.-% Kupfer, 3 bis 7 Gew.-% Eisen, bis zu 0,5 Gew.-% Mangan, 1,5 bis 3 Gew.-% Molybdän, bis zu 0,03 Gew.-% Stickstoff, 4,5 bis 5,5 Gew.-% Silicium, bis zu 0,2 Gew.-% Titan und bis zu 0,5 Gew.-% Wolfram enthält.

55

AT 395 176 B

4. Legierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wert  $2 \text{ Si/Cr}$  zwischen 0,35 und 0,6 liegt und der Wert  $\text{Ni/Fe}$  größer als 2 ist, um verbesserte Beständigkeit gegen Korrosion und hohe Temperatur zu bieten.

5 Verwendung einer Legierung nach Anspruch 1 in Form von geschmiedetem Material, gegossenem Material, Pulver- oder Schweißmaterial.

10

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

15

20

25

30

35

40

45

50

55

# Fig. 1

2Si/Cr GEGEN KORROSIONSRATE  
IN VERSCHIEDENEN OXIDIERENDEN SÄUREN

