

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 1365/97

(51) Int.Cl.⁶ : C22C 38/58
C21D 1/78

(22) Anmeldetag: 13. 8.1997

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1998

(45) Ausgabetag: 25. 6.1999

(56) Entgegenhaltungen:

EP 0455625B1

(73) Patentinhaber:

BÖHLER EDELSTAHL GMBH
A-8605 KAPFENBERG, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:

HOCHÖRTLER GÜNTER DR.
KAPFENBERG, STEIERMARK (AT).
UGGOWITZER PETER DR.
OTTENBACH (CH).

(54) **DUPLEXLEGIERUNG FÜR KOMPLEX BEANSPRUCHTE BAUTEILE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Duplexlegierung für komplex beanspruchte Bauteile mit hoher Korrosionsbeständigkeit und hoher Festigkeit sowie Zähigkeit. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß die Legierung eine chemische Zusammensetzung in Gew.-% von

Kohlenstoff max 0,04
Silizium 0,21 bis 0,82
Mangan 2,50 bis 3,50
Phosphor max. 0,03
Schwefel max 0,005
Chrom 24,0 bis 26,0
Molybdän 4,0 bis 5,0
Nickel 6,51 bis 7,50
Wolfram 0,51 bis 1,00
Kupfer max. 0,8
Stickstoff 0,351 bis 0,39
Vanadin 0,021 bis 0,202
Niob/Tantal 0 bis 0,1
Calcium 0 bis 0,05
Magnesium 0 bis 0,025
Aluminium 0,003 bis 0,062
Bor max 0,003

Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen besitzt, wobei der PREN-Faktor der Legierung, gebildet aus (% Cr + 3,3x % Mo + 20 x N), einen Wert zwischen 44,5 und 50 aufweist und der aus dieser Legierung gefertigte Roh- oder Bauteil nach einer Wärmebehandlung durch ein Lösungsglühen im Temperaturbereich zwischen 1180°C und 850 °C mit anschließender forcierter Abkühlung eine Mikrostruktur mit einem den Ferritgehalt übersteigenden Austenitgehalt hat.

Die Erfindung betrifft eine Duplexlegierung für komplex beanspruchte Bauteile mit hoher Korrosionsbeständigkeit und hoher Festigkeit enthaltend die Legierungsbestandteile Si, Mn, Cr, Mo, Ni, W, N, Al und V, Rest Fe und Begleitelemente, welche im wärmebehandeltem Zustand ein im wesentlichen sigmaphasen- und nitridfreies Mikrogefüge und eine Materialfestigkeit RM von größer als 800 MPa, eine 0,2 Dehngrenze von mindestens 600 MPa und eine Charpy-V-Zähigkeit von höher als 125 Joule aufweist.

Duplexlegierungen sind Werkstoffe für komplex beanspruchte Bauteile, welche hohe mechanische Werte betreffend die Festigkeit und die Zähigkeit des Materials besitzen und eine Zähigkeitsübergangstemperatur vom möglichst unter - 20 °C aufweisen sollen. Weiters ist die Korrosionsbeständigkeit der Duplexlegierungen von großer Bedeutung, weil diese, abgekürzt DSS (Duplex- Stainless-Steels), in korrosiven Medien in der chemischen Industrie und insbesondere in der OFFSHORE-TECHNIK für Anlagenkomponenten Verwendung finden. Eine gute Schweißbarkeit und dabei eine Vermeidung jeglicher Risse sowie ein Erhalt der Korrosionsbeständigkeit in der durch eine Schweißung wärmebeeinflussten Zone sind weitere Forderungen an derartige Werkstoffe.

Ausgehend von einer Standard-Duplexlegierung, enthaltend im wesentlichen in Gew.-% 1,2 Mn, 23,0 Cr, 3,2 Mo, 6,0 Ni und 0,18 N, wurde einerseits erfolgreich versucht, die Festigkeit des Materials durch eine Erhöhung des Stickstoffgehaltes auf 0,35 Gew.-% sowie der Cr- und Mn-Konzentration auf 26,0 und 5,7 Gew.-% bei einer Verminderung des Ni- und Mo-Anteiles auf 4,0 und 2,0 Gew.-% anzuheben. Andererseits erfolge eine metallurgische Weiterentwicklung in der Richtung einer verbesserten Korrosionsbeständigkeit, was durch ein Anheben in geringerem Ausmaß des Ni- Gehaltes bei einer Vergrößerung der N- und insbesondere der Mo-Konzentration in der Legierung erreicht wurde.

Eine sowohl hinsichtlich des Korrosionsverhaltens verbesserte als auch in den mechanischen und Schweißigenschaften erhöhte Duplexlegierung, ein sogenannter SDSS (Super-Duplex-Stainless-Steel), offenbart die EP-455625-B. Bei einer Legierungszusammensetzung von im wesentlichen in Gew.-% 2,4 Mn, 25,0 Cr, 4,0 Mo, 6,8 Ni, 0,75 W, 0,25 N und 0,1 V, Rest Fe und Begleitelemente und einem Einstellen eines in Grenzen bestimmten Ni- zu Mn- Verhältniswertes sowie eines Gefügephasenfaktors sind die Eigenschaften insgesamt verbessert.

Ausgehend von diesem Stand der Technik (EP-455 625-B) stellt sich die Erfindung die Aufgabe, eine gattungsgemäße Duplexlegierung zu schaffen, welche sowohl in der Korrosions- und Schweißigkeit verbessert ist, als auch höhere mechanische Werkstoffwerte und zwar eine Materialfestigkeit RM von größer als 800 MPa, eine 0,2 Dehngrenze von mindestens 600 MPa und eine Charpy-V-Zähigkeit von höher als 125 Joule aufweist.

Diese Aufgabe wird durch eine Duplexlegierung der eingangs genannten Art dadurch erreicht, daß die Legierung eine chemische Zusammensetzung in Gew.-% von

Kohlenstoff max. 0,04
 Silizium 0,21 bis 0,82
 Mangan 2,50 bis 3,50
 Phosphor max. 0,03
 Schwefel max. 0,005
 Chrom 24,0 bis 26,0
 Molybdän 4,0 bis 5,0
 Nickel 6,51 bis 7,50
 Wolfram 0,51 bis 1,00
 Kupfer max. 0,8
 Stickstoff 0,351 bis 0,391
 Vanadin 0,021 bis 0,202
 Niob/Tantal 0 bis 0,1
 Kalzium 0 bis 0,05
 Magnesium 0 bis 0,025
 Aluminium 0,003 bis 0,062
 Bor max. 0,003

Eisen Rest und herstellungsbedingte Verunreinigungen besitzt, wobei der PREN-Faktor der Legierung, gebildet aus (% Cr + 3,3x% Mo + 20x% N), einen Wert zwischen 44,5 und 50 aufweist und der aus dieser Legierung gefertigte Roh- oder Bauteil nach einer Wärmebehandlung durch ein Lösungsglühen im Temperaturbereich zwischen 1180 °C und 850 °C mit anschließend forcierter Abkühlung eine Mikrostruktur mit einem den Ferritgehalt übersteigenden Austenitgehalt hat.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Duplexlegierung bestehen insbesondere darin, daß diese verbesserte Korrosionsbeständigkeit und erhöhte mechanische Eigenschaften des Werkstoffes gleichzeitig aufweist. Dabei wird weitem der Temperaturbereich für das Lösungsglühen vor dem verstärkten Abkühlen der

Roh- oder Bauteile erweitert, so daß die Wärmebehandlung zur Einstellung der gewünschten Austenit-Ferrit-Struktur im Gefüge weniger Genauigkeit bei deren Ausführung fordert bzw. die Erzeugungssicherheit wesentlich verbessert ist. Es liegt nämlich bei dieser neuen Legierung durch die Summenwirkung der vorgesehenen Elemente in einem weiten Lösungsglüh- Temperaturbereich ein im wesentlichen gleichbleibendes und in dieser Form gewünschtes Verhältnis Ferrit zu Austenit im Werkstoff vor, was einen vorteilhaften Spielraum betreffend die Temperaturführung bei der Wärmebehandlung erbringt. Daraus ergibt sich ein weiterer Vorteil bei einer Verwendung der erfindungsgemäßen Legierung, daß auch dickwandige Teile mit einer über den Querschnitt im wesentlichen gleichmäßiger Mikrostruktur herstellbar sind.

Weil nun einerseits eine starke Wechselwirkung der Legierungselemente miteinander gegeben ist und andererseits höchste korrosionschemische und mechanische Eigenschaften erreicht werden, liegt die Zusammensetzung des erfindungsgemäßen Duplexmaterials jeweils in engen Grenzen vor.

Chrom, Molybdän, Wolfram sowie Stickstoff verbessern im allgemeinen mit steigenden Gehalten die Korrosionsbeständigkeit des Werkstoffes, weisen jedoch in ihrer Wirkung und gegenseitigen Beeinflussung der Gefügemorphologie ausgeprägte Grenzwerte auf. Bei einem Überschreiten der anspruchsgemäßen Grenzen von 26,0, 5,0, 1,0 und 0,39 in Gew.-% für diese oben angeführten Elemente werden, wie gefunden wurde, eine Bildung der Sigmaphase gefördert und Nitride ausgeschieden. Dadurch bzw. durch diese Ausscheidungen verschlechtern sich nicht nur die mechanischen Eigenschaften und die Schweißbarkeit des Materials sprunghaft, auch die Korrosionsbeständigkeit desselben wird durch eine sogenannte Phasengrenzbereichsverarmung nachteilig beeinflusst. Bei Konzentrationen unter 24 Gew.-% Cr, 4 Gew.-% Mo, 0,51 Gew.-% W und insbesondere unter 0,351 Gew.-% N vermindern sich die Korrosionsbeständigkeit und insbesondere die Festigkeit der Legierung.

Ein vergleichsweise hoher Stickstoffgehalt in engen Grenzen von 0,351 bis 0,39 Gew.-% ist beim erfindungsgemäßen Werkstoff wichtig, weil dadurch, wie überraschend festgestellt werden konnte, eine vorteilhaft homogene Elementeverteilung zwischen Austenit und Ferrit im Gefüge erreicht wird, mit anderen Worten, Chrom, Wolfram und Molybdän werden durch die hohen Stickstoffgehalte ausgleichend vom üblicherweise überlegierten Ferrit in den unterlegierten Austenit verbracht, was eine wesentliche Steigerung der Korrosionsbeständigkeit bewirkt und die Neigung zur Ausscheidung der SIGMA-Phase weitgehend unterdrückt. Dabei ist es wichtig, daß Mangan in einem Konzentrationsbereich von 2,5 bis 3,5 Gew.-% vorliegt, weil Mangan einerseits die Stickstofflöslichkeit erhöht und andererseits eine Austenitbildnerfunktion ausübt. Gehalte über 3,5 Gew.-% Mn vergrößern zwar den Austenitanteil im Gefüge, vermindern jedoch die Korrosionsbeständigkeit, wirken auch gegebenenfalls nachteilig hinsichtlich der erreichbaren Materialfestigkeit und insbesondere der sicheren Einstellung eines gewünschten Verhältnisses von Ferrit zu Austenit bei der Wärmebehandlung der Teile. Niedrigere Mangangehalte als 2,5 Gew.-% vergrößern jedoch die Aktivität von Stickstoff im Stahl und damit die Gefahr von Nitridausscheidungen und ändern auch die Phasenverteilung der Gefügestuktur in nachteiliger Weise.

Weil nun bei erfindungsgemäß hohem Stickstoffgehalt durch entsprechende Gehalte an Mn, Cr, Mo, W, Ni legierungstechnisch der Austenitanteil im Gefüge größer als derjenige des Ferrites eingestellt ist, ist, wie die Untersuchungsergebnisse zeigten, die Neigung zur Bildung von Nitriden, insbesondere von Chromnitrid (Cr_2N), weitgehend unterdrückt, wodurch beste Korrosionsbeständigkeit des Werkstoffes erreichbar ist.

Von besonderer Wichtigkeit für eine Gefügestabilität und einen hohen, in engen Grenzen einzustellenden Austenitanteil sind Gehalte von 6,5 bis 7,5 Gew.-% Ni. Höhere Ni-Gehalte als 7,5 Gew.-% wirken in der Legierung außerordentlich stabilisierend, was hohe thermische Behandlungszeiten und ungleich hohe Austenitgehalte in Abhängigkeit von der Temperatur erbringen, wobei niedrigere Konzentrationen als 6,5 Gew.-% an Nickel höhere Ferritgehalte mit den dadurch bewirkten Ausscheidungen nach sich ziehen.

Wolframanteile von 0,5 bis 1,0 Gew.-% erhöhen die Korrosionsbeständigkeit und vermindern die Neigung zur Ausbildung intermetallischer Phasen bei der Wärmebehandlung des Materials. Bei W-Gehalten unter 0,5 Gew.-% sind die mechanischen Materialeigenschaften verschlechtert, wohingegen die Grenze von 1,0 Gew.-% überschreitende W-Werte Produktionsnachteile verursachen können.

Der Legierungsbestandteil Vanadin als starker Nitridbildner ist in den vorgesehenen Grenzen im Hinblick auf eine feine Gefügebildung und eine hohe Homogenität des Werkstoffes bedeutungsvoll. Höhere Vanadinegehalte als 0,2 Gew.-% maskieren Stickstoff und bilden schädliche, insbesondere reihenförmig ausgebildete Nitride, wohingegen niedrigere Vanadinanteile nicht mehr kornfeinend wirksam sind, so daß in nachteiliger Weise Grobkorn entstehen kann. Dies gilt auch für die diesbezüglich teilweise substituierbaren Elemente Ti und Nb/Ta.

Siliziumgehalte im Bereich zwischen 0,2 und 0,8 Gew.-% sind im Hinblick auf die Materialgüte wichtig. Geringere Konzentrationen von Si können erhöhte Sauerstoffgehalte und einen schlechten Reinheitsgrad des Werkstoffes verursachen. Hohe, über einem Gehalt von 0,8 Gew.-% liegende Werte beeinflussen auf Grund der ferritbildenden und nitridbildenden Wirkung von Si die Phasenbildung nachteilig. Ein weiterer

Nachteil höherer Si-Gehalte liegt darin, daß diese eine Bildung von intermetallischen Phasen bzw. Ausscheidungen begünstigen

Zur Erreichung einer besonderen Kornfeinheit sind erfindungsgemäß auch Aluminiumgehalte von 0,003 bis 0,006 Gew.-% in der Legierung vorgesehen. Höhere Al-Gehalte wirken wieder fördernd für eine Nitridbildung und dadurch Herabsetzung des Anteiles an gelöstem Stickstoff mit all den vorab dargelegten Nachteilen und kleinere Aluminiumwerte steigern die Tendenz zur Grobkornbildung.

Obwohl in Standard-Duplexlegierungen der Austenit im Vergleich mit dem Ferrit die Phase mit der geringeren Härte und Festigkeit ist, ist es für Bauteile aus der erfindungsgemäßen Legierung wichtig, daß der Volumsanteil von Austenit größer als derjenige des Ferrits im Gefüge vorliegt. Einerseits wird dadurch die Neigung zu einer Bildung von Chromnitrid, was eine Verschlechterung der Gebrauchseigenschaften des Teiles bewirkt, verringert, andererseits wird die Austenitphase durch den gelösten Stickstoff hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften verbessert.

Der neue erfindungsgemäße Duplexstahl, in Fachkreisen HDSS (Hyper-Duplex-Stainless-Steel) genannt, verbindet niedrigste Korrosionspotentialdifferenzen zwischen Alpha und Gamma bzw. höchste Korrosionsbeständigkeit und optimale Phasenbildungskinetik bei weitgehend homogener Elementenverteilung zwischen Ferrit und Austenit und ist deshalb betreffend den chemischen Angriff, die Schweißbarkeit und die Festigkeitseigenschaften den gattungsgemäßen Werkstoffen gemäß dem Stand der Technik überlegen.

Die vorteilhaften Eigenschaften der Duplexlegierung können optimiert werden, wenn diese eine chemische Zusammensetzung in Gew.-% von

Kohlenstoff max. 0,028

Silizium 0,30 bis 0,62

Mangan 2,92 bis 3,38

Phosphor max. 0,028

Schwefel max. 0,004

Chrom 24,8 bis 25,8

Molybdän 4,1 bis 4,7

Nickel 6,9 bis 7,4

Wolfram 0,6 bis 0,8

Kupfer max. 0,5

Stickstoff 0,352 bis 0,385

Vanadin 0,05 bis 0,1

Aluminium 0,005 bis 0,009

Eisen Rest und herstellungsbedingte Verunreinigungen besitzt.

Besonders wichtig ist, wie auch oben erwähnt, eine Einhaltung von Konzentrationswerten für Cr, Mo, W, Si und Al einerseits und für Mn, Ni und N andererseits in den gekennzeichneten Bereichen der Legierung. Erfindungsgemäß werden nach einer Wärmebehandlung durch ein Lösungsglühen zwischen 1180 °C und 850 °C, vorzugsweise zwischen 1150 °C und 1000 °C, mit nachfolgendem Abschrecken des gemäß der Kennzeichnung zusammengesetzten Teiles eine wesentliche verbesserte Korrosionsbeständigkeit, eine erhöhte Festigkeit bei guter Zähigkeit und niedriger FATT, eine geringe Neigung zur Ausscheidung von intermetallischen Phasen, insbesondere von SIGMA- und EPSILON-Phasen, und eine geringere Tendenz zur Bildung von sekundären Austenit beim Abkühlen des Materials erreicht.

Wenn dabei der aus der aktuellen Legierungszusammensetzung errechnete PREN-Faktor einen Wert zwischen 44,6 und 49,5, vorzugsweise zwischen 45,5 und 48,0, aufweist, kann höchste Korrosionsbeständigkeit des Duplexmaterials erstellt werden.

Um weiters verbesserte Korrosionsbeständigkeit hinsichtlich Loch-, Spalt- und Spannungsrißkorrosion bei erhöhter Festigkeit des Duplexwerkstoffes sowie verminderte Ausscheidungsneigung und geringere Tendenz zur Bildung von sekundärem Ferrit zu erwirken, ist es von Vorteil, wenn mittels der Wärmebehandlung ein Verhältniswert von Ferrit zu Austenit im Gefüge zwischen 0,42 und 0,8, vorzugsweise zwischen 0,60 und 0,69, eingestellt wird, wobei der Anteil der Sigma-Phase und der Nitridanteil und der Anteil an Karbiden unter 5 Gew.-%, vorzugsweise unter 0,5 Gew.-% ausgebildet ist. Die gute Schweißbarkeit des Werkstoffes wird dabei weiter verbessert, wobei auch insbesondere in den durch die Schweißung wärmebeeinflussten Zonen des Grundmaterials praktisch keinerlei Beeinträchtigung der Eigenschaften bewirkt sind.

Die Homogenität der Materialeigenschaften insbesondere hinsichtlich einer mechanischen Beanspruchung, aber auch das örtliche Korrosionsverhalten können auf ein höheres Niveau gebracht werden, wenn ein aus der Duplexlegierung gebildeter Formteil einen Verformungsgrad von mindestens 2,5fach, insbesondere von mindestens 3,8fach, aufweist, wobei der Verformungsgrad als Summe der Reduktion der

Querschnittsfläche zu verstehen ist.

Anhand von Tabellen wird die Erfindung weiter erläutert.

Es zeigen

Tab.1 die chemische Zusammensetzung von Duplexstahlproben

5 Tab. 2 die Erprobungsergebnisse, erhalten an geschmiedetem Stabstahl im Abmessungsbereich \varnothing 100 bis \varnothing 200 mm,

In der Tab. 1 sind die chemische Zusammensetzung und der errechnete PREN-Faktor von untersuchten Schmelzen bzw. Proben angegeben.

In der Tab. 2 sind die Wärmebehandlung und die Erprobungsergebnisse zusammengestellt.

10

Patentansprüche

1. Duplexlegierung für komplex beanspruchte Bauteile mit hoher Korrosionsbeständigkeit und hoher Festigkeit enthaltend die Legierungsbestandteile Si, Mn, Cr, Mo, Ni, W, N, Al und V, Rest Fe und Begleitelemente, welche Legierung in wärmebehandeltem Zustand ein im wesentlichen sigmaphasen- und nitridfreies Mischgefüge und eine Materialfestigkeit RM von größer als 800 MPa, eine 0,2 Dehngrenze RP 0,2 von mindestens 600 MPa und eine Charpy-V-Zähigkeit von höher als 125 Joule aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung eine chemische Zusammensetzung in Gew.-%

20 Kohlenstoff max 0,04

Silizium 0,21 bis 0,82

Mangan 2,50 bis 3,50

Phosphor max. 0,03

Schwefel max. 0,005

25 Chrom 24,0 bis 26,0

Molybdän 4,0 bis 5,0

Nickel 6,51 bis 7,50

Wolfram 0,51 bis 1,00

Kupfer max. 0,8

30 Stickstoff 0,351 bis 0,39

Vanadin 0,021 bis 0,202

Niob/Tantal 0 bis 0,1

Calcium 0 bis 0,05

Magnesium 0 bis 0,025

35 Aluminium 0,003 bis 0,062

Bor max. 0,003

40 Eisen Rest und herstellungsbedingte Verunreinigungen besitzt, wobei der PREN-Faktor der Legierung, gebildet aus ($\% \text{Cr} + 3,3 \times \% \text{Mo} + 20 \times \% \text{N}$), einen Wert zwischen 44,5 und 50 aufweist und der aus dieser Legierung gefertigten Roh- oder Bauteil nach einer Wärmebehandlung durch ein Lösungsglühen im Temperaturbereich zwischen 1180°C und 850°C mit anschließender forcierter Abkühlung eine Mikrostruktur mit einem den Ferritgehalt übersteigenden Austenitgehalt hat.

2. Duplexlegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß diese eine chemische Zusammen-

45 Kohlenstoff max. 0,028

Silizium 0,30 bis 0,62

Mangan 2,92 bis 3,38

Phosphor max. 0,028

Schwefel max. 0,004

50 Chrom 24,8 bis 25,8

Molybdän 4,1 bis 4,7

Nickel 6,9 bis 7,4

Wolfram 0,6 bis 0,8

Kupfer max. 0,5

55 Stickstoff 0,352 bis 0,385

Vanadin 0,05 bis 0,1

Aluminium 0,005 bis 0,009

Eisen Rest und herstellungsbedingte Verunreinigungen besitzt.

AT 405 297 B

3. Duplexlegierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der errechnete PREN-Faktor einen Wert zwischen 44,5 und 49,5, vorzugsweise zwischen 45,5 und 48,0 aufweist.
- 5 4. Duplexlegierung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels der Wärmebehandlung ein Verhältniswert von Ferrit zu Austenit im Gefüge zwischen 0,42 und 0,8, vorzugsweise zwischen 0,60 und 0,69 eingestellt wird, wobei der Anteil der Sigmaphase und der Nitridanteil und der Anteil an Karbiden unter 5 Gew.-%, vorzugsweise unter 0,5 Gew.-%, ausgebildet ist.
- 10 5. Duplexlegierung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet** daß ein daraus gebildeter Formteil einen Verformungsgrad von mindestens 2,5fach, insbesondere von mindestens 3,8fach, aufweist, wobei der Verformungsgrad als Summe der Reduktion der Querschnittsfläche zu verstehen ist.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle 1

Chemische Zusammensetzung in Gew.-%																
Probe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	W	Cu	N	V	Nb+Ta	Ca	Mg	Al
A	0.021	0.43	1.37	0.032	0.017	22.7	3.18	5.65	0.08	0.10	0.184	0.05	0.06	0.0003	0.000	< 0.001
B	0.026	0.59	1.23	0.020	0.012	21.4	3.24	5.90	0.21	0.31	0.190	0.04	0.08	NB	NB	NB
C	0.029	0.78	4.9	0.022	0.004	27.6	2.4	4.51	0.8	0.43	0.312	0.06	0.09	0.0016	0.000	0.021
D	0.028	0.68	5.74	0.027	0.005	26.3	2.17	4.10	0.52	NB	0.353	0.009	NB	0.0011	NB	0.002
E	0.031	0.38	2.16	0.020	0.003	24.8	4.01	6.23	0.63	0.38	0.29	0.014	0.04	0.0012	0.000	0.001
F	0.028	0.50	0.66	0.009	0.001	25.9	3.83	7.15	0.64	0.61	0.236	0.021	NB	NB	NB	0.005
G	0.030	0.68	3.41	0.007	0.001	24.6	4.33	6.58	0.82	0.14	0.382	0.11	0.01	NB	NB	0.011
H	0.021	0.51	3.13	0.009	0.003	25.8	4.24	7.28	0.56	0.09	0.358	0.06	NB	0.006	0.005	0.007
I	0.027	0.38	3.04	0.010	0.002	25.1	4.53	7.16	0.62	0.28	0.371	0.08	0.04	0.002	NB	0.019

NB = NICHT BESTIMMT

Tabelle 2

Probe	PREN-Faktor (% Cr+3,3xMo+20xN)	Lösungsglüh- Temp. [°C]	RM [MPa]	RP 0,2 [MPa]	AV (iso-v) [Joule]	FATT [°C]
A	36.9	1100	730	498	> 300	-30
B	35.9	1110	744	506	296	-25
C	41.7	1100	758	572	134	+/- 0
D	40.6	1120	774	594	128	-5
E	43.8	1100	782	586	261	-23
F	43.2	1100	760	571	287	-20
G	46.5	1060	929	660	202	-22
H	47.0	1070	901	631	210	-25
I	47.5	1100	912	642	218	-22

G,H,I erfindungsgemäße Duplexlegierung