



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer : **0 455 625 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **91890088.7**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **C22C 38/58**

(22) Anmeldetag : **25.04.91**

(30) Priorität : **03.05.90 AT 1007/90**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**06.11.91 Patentblatt 91/45**

(84) Benannte Vertragsstaaten :  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

(71) Anmelder : **BÖHLER Gesellschaft m.b.H.**  
**Mariazellerstrasse 25**  
**A-8605 Kapfenberg (AT)**

(72) Erfinder : **Hochörtler, Günter, Dr.**  
**Peter Tunnerstrasse 15**  
**A-8605 Kapfenberg (AT)**  
Erfinder : **Zechner, Werner**  
**A. Stifterstrasse 5**  
**A-8605 Kapfenberg (AT)**  
Erfinder : **Heissenberger, Ernst, Dipl.-Ing.**  
**Hofwiesengasse 12**  
**A-2630 Ternitz (AT)**  
Erfinder : **Leban, Karl, Dipl.-Ing.**  
**Raugasse 4**  
**A-2700 Wiener Neustadt (AT)**

(54) **Hochfeste korrosionsbeständige Duplexlegierung.**

(57) Die Erfindung betrifft eine gut schweißbare Duplex-Legierung mit ausgezeichneter Beständigkeit gegen Korrosion und hohem mechanischen Eigenschaftsniveau bei guten Zerspanungseigenschaften. Die erfindungsgemäße Legierung weist nach forcierter Abkühlung von einer Temperatur zwischen 1020°C und 1150°C Ferrit und Austenit mit einem Verhältnis von 40 bis 60 % auf, enthält im wesentlichen in Gew.-% 0,15 - 0,55 Si, 2,0 - 2,9 Mn, 23,0 - 27,0 Cr, 3,0 - 5,0 Mo, 5,6 - 8,0 Ni, 0,5 - 1,0 W, 0,2 - 0,35 N, 0,04 - 0,25 V, Rest Eisen, wobei ein Verhältniswert G des Nickelgehaltes zum Mangangehalt größer als 2,0 und kleiner als 4,0 ist und der Gefügephasenfaktor P gebildet aus  $[2,9 \times (\%) Cr + 2,9 \times (\%) Mo + 1,4 \times (\%) W + 4,4 \times (\%) Si - 2,1 \times (\%) Ni - 1,0 \times (\%) Mn - 62,5 \times (\%) N]$  einen Wert von größer als 40 und kleiner als 65 aufweist.

Die Erfindung betrifft eine hochfeste, gut schweißbare, im wesentlichen die Legierungsbestandteile C, Si, Mn, Cr, Mo, Ni, W, N und V enthaltende Duplex-Legierung mit ausgezeichneter Beständigkeit gegen Korrosion, insbesondere allgemeine bzw. flächenabtragende Korrosion, Loch- und Spaltkorrosion sowie Spannungs- und Schwingungsrißkorrosion, in chloridhaltigen und phosphorsäurehaltigen Medien und im wärmebehandelten Zustand mit einer Materialfestigkeit RM von mindestens 750 MPa, einer 0,2 Dehngrenze RP<sub>0,2</sub> von mindestens 550 MPa und einer Charpy-V Zähigkeit von mindestens 100 Joule bei guten Zerspanungseigenschaften.

Legierungen dieser Art werden für mechanisch hochbeanspruchte Anlagenteile in korrosiven Medien in der chemischen Industrie und insbesondere in der OFF-SHORE-TECHNIK bei der Suche nach bzw. Förderung und Verteilung von Erdöl und Erdgas benötigt. Dabei ist es erforderlich, daß diese Werkstoffe gut schweißbar und leicht bearbeitbar sind, hohen mechanischen Beanspruchungen widerstehen können und auch bei Temperaturen unter 0°C überdurchschnittliche Zähigkeitseigenschaften besitzen.

Weiters müssen die Werkstoffe eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen jegliche Art von Korrosion aufweisen, weil chloridhaltige und phosphorsäurehaltige Medien bei Anlagenteilen, Rohren und dergleichen, die gegebenenfalls mechanischen Gleichspannungen oder mechanischen Wechselspannungen ausgesetzt sind, zumeist neben einer allgemeinen flächenabtragenden Korrosion eine rasch fortschreitende Loch- und interkristalline Spaltkorrosion sowie eine Spannungs- und Schwingungsrißkorrosion bewirken.

Es wurde versucht, die Festigkeit und die Korrosionsbeständigkeit der Legierung durch vermehrte Gehalte von Chrom, Molybdän und Silizium zu verbessern. Weil diese Elemente Ferritbildner sind, ist damit eine Vergrößerung des Ferritanteiles im Gefüge verbunden und es würden eine wesentliche Verschlechterung der Warmverformbarkeit, der Zähigkeit und der Schweißbarkeit sowie eine Versprödung des Werkstoffes bewirkt.

Um diese Nachteile zu vermeiden, wurde weiters versucht, den Gehalt an austenitbildenden Elementen zu erhöhen und insbesondere den Stickstoffgehalt zu vergrößern, weil Stickstoff einerseits ein starker Austenitbildner ist und andererseits die Korrosionsbeständigkeit günstig beeinflußt. Hohe Stickstoffkonzentrationen sind jedoch bei Anwendung einer üblichen Herstelltechnologie für derartige Legierungen nicht möglich, weil auf Grund des Löslichkeitssprunges bei der Erstarrung gasförmiger Stickstoff gebildet wird, welcher Ungänzen, z.B. Blasen und Poren, im Gußstück bewirkt. Es hat sich gezeigt, daß die komplexen Anforderungen betreffend die mechanischen Kennwerte und die Korrosionsbeständigkeit an eine Legierung am ehesten dann erfüllt werden können, wenn diese einen Ferrit- und Austenitanteil im Verhältnis 1:1 aufweisen und insbesondere die Gehalte der die Korrosionsbeständigkeit verbessernden Elemente derart abgestimmt sind daß eine im wesentlichen ausreichende Verarbeitbarkeit, Bearbeitbarkeit und Schweißbarkeit vorliegen.

Zur Legierungstechnischen Einstellung eines Verhältnisses von Ferrit zu Austenit im Gefüge werden in der Literatur unter Zugrundelegung des Cr-Äquivalentes und Ni-Äquivalentes Angaben gemacht, die für das Schweißen bzw. für ein Abkühlen aus der Flüssigphase gelten. Aus Korrosionsbeständigen Duplex-Legierungen gefertigte Teile werden jedoch einer Glühbehandlung unterworfen, bei welcher sich in Abhängigkeit von der Temperatur und der Legierungszusammensetzung die Anteile an Ferrit und Austenit ausbilden. Sowohl der Temperatureinfluß als auch der Einfluß der Konzentrationen der einzelnen Legierungselemente sind bei den bekannten Werkstoffzusammensetzungen sehr groß, sodaß die entsprechenden Eigenschaften nicht immer mit Sicherheit erreicht werden können und ein hohes komplexes Eigenschaftsniveau nicht gezielt einstellbar ist.

Eine bekannte stickstoffhaltende Duplex-Legierung mit hoher Korrosionsbeständigkeit (EP-A2-0220141) ist derart zusammengesetzt, daß diese einen Ferritgehalt von 30 bis 55 % aufweist, wobei der Korrosionswiderstand durch Cr, Mo und N erhöht und durch Mangan und Schwefel erniedrigt wird. Die Gehalte der Elemente Wolfram und insbesondere Mangan sind im Hinblick auf die Beständigkeit in chloridhaltigen Medien mit 0,5 Gew.-% und 1,2 Gew.-% nach oben limitiert. Bei der Herstellung sind jedoch zur Einhaltung entsprechender Merkmale des Werkstoffes genaueste und aufwendige technische Maßnahmen zu treffen, wobei es zumeist nicht gelingt, eine gewünschte thermische Gefügestabilität bei der Lösungsglühbehandlung zu erreichen.

Aus der EP-A1-0107489 ist eine Korrosionsbeständige Duplex-Legierung bekannt, welche zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und der Beständigkeit gegen Lochkorrosion sowie Spannungsrißkorrosion in Meerwasser insbesondere hohe Mangangehalte von 3,5 bis 5,0 % aufweist, um höhere Stickstoffmengen in Lösung zu halten und die Zugfestigkeit und Dehngrenze anzuheben. Nachteilig dabei ist, daß bei langsameren Abkühlgeschwindigkeiten derartiger Werkstoffe SigmaPhase gebildet und die Zähigkeit wesentlich verschlechtert werden.

Mn-Gehalte von 5 bis 7 Gew.-%, Stickstoffgehalte bis 0,4 Gew.-% und zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit Kupfergehalte von 1,1 bis 3,0 Gew.-% werden in einer Duplex-Legierung mit einem Gehalt an Chrom plus 3x Molybdän von größer als 32 Gew.-% gemäß WO 85/05129 vorgeschlagen. Derartige Werkstoffe weisen zwar schon im Gußzustand eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit auf, die Verarbeitbarkeit und die mechanischen Werte, insbesondere die Zähigkeitseigenschaften, sind jedoch zumeist nicht ausreichend hoch.

Weiters entspricht das Schweißverhalten auch im Hinblick auf den Schweißzusatzwerkstoff zumeist nicht den Erfordernissen.

Weiters ist aus EP-A1-0320548 eine Duplex-Legierung mit verbesserten mechanischen Eigenschaften mit besseren Zähigkeitswerten als FERRALIUM-Legierung 255 oder SAF 2205 bekannt. kennzeichnend für diese Legierung ist die Einstellung eines Verhältnisses von Cr-Äquivalent und Ni-Äquivalent in engen Grenzen, wobei auf Grund von Mangankonzentrationen bis 2,0 hohe Nickelgehalte von 8,0 bis 11,0 Gew.-% einzuhalten sind. Bei einer schmelzmetallurgischen Herstellung dieses Werkstoffes kann es jedoch , insbesondere bei höheren Stickstoffgehalten, zu einer Porenbildung im Gußstück kommen und es kann auch die Warmverformung schwer durchführbar sein, sodaß daraus vorzugsweise eine Fertigung von geschmiedeten oder insbesondere gegossenen Teilen vorgesehen ist.

Es wurde auch versucht ( EP-A3-0151487), durch zusätzliche Kupfergehalte die Korrosionsbeständigkeit und durch Kobaltkonzentrationen von 0,2 bis 4,0 Gew.-% die Streckgrenze des Werkstoffes zu erhöhen.

Aus der DE-B2-26 16 599 ist eine Legierung mit einer Zusammensetzung in weiten Grenzen für die Herstellung von Rohren und Rohrverbindungen bekannt, welche Teile für einen Transport und eine Weiterverarbeitung von Sauergas eingesetzt werden. Zur Erhöhung der Streckgrenze sind diese Teile nach dem Lösungsglühen einer kaltverformung zu unterwerfen, was insbesondere bei komplizierten Formen erhebliche Nachteile bei der Fertigung bewirkt.

Die Erfindung geht von einer typischen Duplex-Legierung aus, deren Zusammensetzung im wesentlichen innerhalb der nachfolgend angegebenen konzentrationsgrenzen in Gew.-% der Elemente liegt.

20

C = max 0,08

25

Si = max 2,0

Mn = max 1,5

30

Cr = 23,0 – 27,0

Mo = 1,75 – 5,0

Ni = 4,0 – 11,0

N = 0,1 – 0,4

Rest im wesentlichen Eisen.

35

Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, eine Duplex-Legierung, insbesondere für die OFF-SHORE-Anwendung im Erdöl-und Erdgasbereich sowie für die chemische Industrie zu schaffen, die wirtschaftlich und mit hoher Erzeugungssicherheit herstellbar und verarbeitbar ist sowie gute Warmverformungseigenschaften aufweist, wobei die daraus gefertigten Teile gut schweißbar und gut bearbeitbar bzw. zerspanbar sind und der Werkstoff hohe mechanische kennwerte bei ausgezeichneter Beständigkeit gegen jegliche Art von korrosion besitzt.

Zusätzlich zur verbesserten Herstellbarkeit ist es hiebei somit wesentlich, daß die Eigenschaftskombination aus hoher Materialfestigkeit, hoher Dehngrenze, guter Zähigkeit und Beständigkeit gegen flächenabtragende korrosion, Loch- und Spaltkorrosion sowie Spannungs- und Schwingungsrisskorrosion optimiert wird.

45

Es hat sich nun völlig überraschend gezeigt, daß gemäß der vorliegenden Erfindung diese komplexe Aufgabe dadurch gelöst wird, daß die nach einer Wärmebehandlung durch forcierte Abkühlung von einer Temperatur zwischen 1020°C und 1150°C Ferrit und Austenit mit einem Verhältnis von 40 bis 60 % aufweisende Legierung in Gew.-%

50

55

	Kohlenstoff	max	0,04
	Silizium	0,15	bis 0,55
5	Mangan	2,0	bis 2,9
	Phosphor	max	0,025
	Schwefel	max	0,005
10	Chrom	23,0	bis 27,0
	Molybdän	3,0	bis 5,0
	Nickel	5,6	bis 8,0
15	Wolfram	0,5	bis 1,0
	Kupfer	max	0,5
	Stickstoff	0,2	bis 0,35
20	Vanadin	0,04	bis 0,25
	Niob/Tantal	0	bis 0,20
	Calzium	0	bis 0,04
25	Magnesium	0	bis 0,02
	Aluminium	max	0,06

Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen enthält mit der Maßgabe, daß bei einem Verhältniswert G des Nickelgehaltes in Gew.-% zum Mangangehalt in Gew.-% von größer als 2,0 jedoch kleiner als 4,0 der Gefügephasenfaktor P gebildet aus  $[2,9x(\%Cr)+2,9x(\%Mo)+1,4x(\%W)+4,4x(\%Si)-2,1(\%Ni)-1,0x(\%n)-62,5x(\%N)]$  einen Wert von größer als 40 jedoch kleiner als 65 aufweist.

Dieses gewünschte Eigenschaftsniveau, welches den komplexen Anforderungen Rechnung trägt, kann offensichtlich nur durch synergetische Wirkung im wesentlichen aller Elemente mit bestimmten Konzentrationsverhältnissen in engen Grenzen zueinander erreicht werden.

Im folgenden wird die Erfindung mit den Wirkungsmechanismen der Gefügeteile und der Legierungselemente näher erläutert.

Duplex-Legierungen werden von einer Lösungsglühtemperatur, bei welcher sich temperaturabhängig der Anteil an Austenit und Ferrit einstellt, abgekühlt. Steigende Ferritanteile erhöhen die Festigkeit des Werkstoffes, die Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit werden dadurch jedoch negativ beeinflußt. Bei einem Anteil von 40 bis 60 % von Ferrit im Gefüge werden bei hoher Festigkeit des Materials auch ausreichend hohe Zähigkeitswerte erreicht. Wichtig für die Einstellung der Gefügeanteile ist die Höhe der Lösungsglühtemperatur von 1020°C bis 1150°C, vorzugsweise von 1050°C bis 1100°C.

Kohlenstoff ist ein starker Austenitbildner, reagiert jedoch mit karbidbildenden Elementen, wobei Karbide entstehen, die die Zähigkeit und insbesondere die Korrosionsbeständigkeit verschlechtern. Maximale Kohlenstoffgehalte von 0,04 Gew.-%, vorzugsweise von 0,03 Gew.-%, haben keinen nachteiligen Einfluß auf die Werkstoffeigenschaften.

Silizium ist ein starker Ferritbildner und ist schmelzmetallurgisch für eine Desoxidation des flüssigen Stahles erforderlich. Hohe Gehalte an Silizium verschlechtern die Zerspanbarkeit und fördern die Sigmaphasenbildung, welche zähigkeitsmindernd wirkt. Deshalb sind Siliziumgehalte von 0,15 bis 0,55, vorzugsweise von 0,2 bis 0,5, wesentlich.

Mangan ist ein Austenitbildner und vergrößert die Stickstofflöslichkeit der Schmelze, begünstigt jedoch in höheren Konzentrationen die zähigkeitsmindernde Ausscheidung von Sigmaphase. Geringe Mangangehalte bewirken schmelzmetallurgische und gießtechnische Probleme bei verminderter Stickstofflöslichkeit und gegebenenfalls Verschlechterung der Warmverformbarkeit. Weiters bindet Mangan den Schwefel unter Sulfidbildung, welche Sulfideinschlüsse insbesondere die Loch- und Spaltkorrosion begünstigen. Es ist somit erfindungswesentlich, daß der Mangangehalt der Legierung in engen Grenzen und zwar mit einer Konzentration von 2,0 bis 2,9, vorzugsweise 2,1 bis 2,7, Gew.-% vorliegt und daß der Schwefelgehalt geringer als 0,005 Gew.-%

% ist.

Chrom ist wichtig zur Einstellung eines Passivzustandes gegenüber einem korrosionsmedium und wirkt ferritbildend. Im Bereich von 23 bis 27, vorzugsweise 24 bis 26, Gew.-% Chrom der Legierung wird gute korrosionsbeständigkeit bewirkt.

5 Molybdän ist besonders wirksam gegen Loch-und Spaltkorrosion, insbesondere in chloridhaltigen Medien. Durch hohe Molybdängehalte können jedoch molybdänreiche Phasen gebildet werden, welche die korrosionsbeständigkeit des Werkstoffes nachteilig beeinflussen. Auch zur Erzielung einer guten Schweißbarkeit ist ein Molybdängehalt der Legierung von 3,0 bis 5,0, vorzugsweise 3,5 bis 4,5, Gew.-% wichtig.

10 Nickel ist ein wesentlicher Austenitbildner und wird zur Einstellung des Duplexgefuges mit konzentrationen von 5,6 bis 8,0, vorzugsweise 6,2 bis 7,4, Gew.-% benötigt.

Wolfram in den Gehaltsgrenzen von 0,5 bis 2,0, vorzugsweise 0,55 bis 0,9, Gew.-% verbessert die Warmverformbarkeit der Legierung entscheidend und ist auch wesentlich für die Erhöhung der Beständigkeit der Legierung gegen Loch- und Spaltkorrosion.

15 kupferhaltige Phasen verschlechtern die Loch- und Spaltkorrosionsbeständigkeit in chloridhaltigen Medien, sodaß der kupfergehalt maximal 0,5, vorzugsweise maximal 0,35,- Gew.-% beträgt.

Stickstoff ist ein äußerst wichtiges Legierungselement, weil Stickstoff als Austenitbildner die Austenitphase ohne Zähigkeitsverlust verfestigt. Weiters hemmt Stickstoff die Ausscheidung intermetallischer Phasen und begünstigt die Chromverteilung zwischen Austenit und Ferrit. Stickstoffgehalte von 0,2 bis 0,35 Gew.-% sind besonders wirksam.

20 Vanadin bildet in einem konzentrationsbereich von 0,04 bis 0,25, vorzugsweise von 0,05 bis 0,15, Gew.-% feine Vanadinkarbide, insbesondere Vanadinkarbonitride, wodurch eine Kornfeinung und eine Verfestigung des Werkstoffes bei einer verbesserten Schweißbarkeit und thermischen Gefügestabilität bewirkt wird. Niedrigere Vanadingehalte können zu Grobkombildung, höhere konzentrationen zu einer für die Werkstoffeigenschaften nachteiligen koagulation der karbonitride und Nitride führen.

25 Ein Aluminiumgehalt der Legierung kann in den meisten schmelzmetallurgischen Prozessen nicht absolut verhindert werden, muß jedoch wegen der die Zähigkeit entscheidend verschlechternden Aluminiumnitridbildung auf maximal 0,06, vorzugsweise auf maximal 0,04, Gew.-% beschränkt sein.

Niob/Tantal verstärkt die günstige Wirkung von Vanadin und kann mit Gehalten bis 0,02, vorzugsweise bis 0,01, Gew.-% in der Legierung vorgesehen sein.

30 Calcium ist ein besonders wirksames Desoxidationselement sowie ein starker Sulfidbildner und verbessert bei konzentrationen bis 0,04 Gew.-% den Reinheitsgrad und die Eigenschaften, insbesondere die Bearbeitbarkeit, der Legierung. Durch Calcium mit Gehalten von 0,001 bis 0,015 Gew.-% wird die Bildung von schädlichen Mangansulfiden weitestgehend verhindert, wobei Calciumeinschlüsse die spanabhebende Bearbeitung positiv beeinflussen.

35 Magnesiumgehalte bis 0,02 Gew.-% begünstigen die Warmverformungseigenschaften und können den Reinheitsgrad des Werkstoffes erhöhen.

Erfindungswesentlich für ein den komplexen Anforderungen an die Legierung entsprechendes hohes Eigenschaftsniveau der mechanischen und korrosions-chemisch-metallurgischen kennwerte des Werkstoffes ist ein Verhältniswert G des Nickelgehaltes zum Mangangehalt bei einem Gefügefaktor P, der die unterschiedliche und verschieden starke Wirkung der einzelnen Elemente auf die Phasenverteilung nach einer Wärmebehandlung berücksichtigt.

40 Vollkommen überraschend hat sich gezeigt, daß in einem sehr engen Bereich des Nickelgehaltes zum Mangangehalt der Legierung, also bei einem Verhältniswert G von 2,0 bis 4,0, vorzugsweise von 2,3 bis 3,5, in einem durch einen Gefügephasenfaktor P von 40 bis 60, insbesondere von 45 bis 59, bestimmten, engen 45 Zusammensetzungsbereich bei hoher Erzeugungssicherheit wesentlich verbesserte mechanische Eigenschaften und überragende Beständigkeit gegen alle Arten der korrosion erreicht werden.

Bei einer durch den Verhältniswert G und den Gefügephasenfaktor P bestimmten engen Auswahl aus einer Duplex-Legierung mit eingeengten konzentrationsbereichen der Legierungskomponenten ist eine gute Warmverformbarkeit bei feiner Gefügeausbildung gegeben. Es können Festigkeitswerte RM von über 750 MPa bei einer Dehngrenze RP<sub>0,2</sub> von größer als 550 MPa und eine Charpy-V-Zähigkeit von größer als 100 Joule des Werkstoffes eingestellt werden, wobei ausgezeichnete Beständigkeit gegen korrosion, insbesondere Loch- und Spaltkorrosion sowie Spannungsrißkorrosion, gegeben ist. Weiters wird eine hohe Gefügestabilität und Temperaturstabilität der Ferrit/Austenit-Legierung erreicht. Der Werkstoff besitzt gute Schweißbarkeit, wobei auch in den wärmebeeinflußten Zonen des Grundmaterials keinerlei Beeinträchtigung der Eigenschaften bewirkt wird. Auch die Bearbeitbarkeit, insbesondere die Zerspanbarkeit, des Materials ist wesentlich verbessert, wodurch bei einer dementsprechenden Formgebung die Werkzeugkosten gesenkt werden.

Anhand von Diagrammen mit Untersuchungsergebnissen wird die Erfindung weiter erläutert.  
Es zeigen

Fig. 1 Versprödungsverhalten in Abhängigkeit vom Ni/Mn-Verhältniswert G

Fig. 2 Warmstauchversuche in Abhängigkeit vom Ni/Mn-Verhältniswert G

Fig. 3 Lochkorrosionspotential in synth. Meerwasser

Fig. 4 korrosionsverhalten in Phosphorsäure

5 Fig. 5 Zerspanungsverhalten in Abhängigkeit vom Ni/Mn-Verhältniswert G

von Duplex-Legierungen.

In Fig. 1 ist die kerbschlagzähigkeit nach einer 475°C -Versprödungsbehandlung gemessen im Charpy-V-Test in Relation zum Verhältniswert G aus Nickelgehalt zu Mangangehalt dargestellt, wobei der maximal erreichbaren Zähigkeit der Wert 100% zugeordnet ist. Es zeigt sich, daß erfindungsgemäß Legierungen im engen Bereich zwischen 2,0 und 4,0 des Verhältniswertes G keine wesentliche Versprödungsneigung besitzen, wogegen bei Vergleichslegierungen ein deutlicher Abfall der kerbschlagzähigkeit durch eine einstündige Glühung bei 475°C eintritt.

In Fig. 2 ist die von Duplex-Legierungen ermittelte Warmverformbarkeit durch Stauchversuche dem jeweiligen Nickel- zu Mangan- Verhältniswert G gegenübergestellt. Bei einer Warmstauchuntersuchung werden zylindrische Proben mit einem Durchmesser von 12 mm und einer Höhe von 18 mm bei einer Temperatur von 1150 C in einer Presse oder einem Schlagwerk auf ein Drittel der Ausgangshöhe gestaucht und die durch eine freie Breitung tonnenförmig gebildete Seitenfläche auf Risse untersucht. Bei diesen Versuchen entstehen an schlecht warmverformbaren Materialien meist netzförmige Risse.

Wie aus dem Schaubild der Fig. 2 hervorgeht, sinkt ab einem Verhältniswert G von 4, also oberhalb des erfindungsgemäßen Bereiches, die Warmverformbarkeit des Werkstoffes stark ab.

Fig. 3 zeigt den Einfluß des Schwefel- und Mangangehaltes von Duplex-Legierungen auf das Lochkorrosionspotential in synth. Meerwasser, belüftet bei einer Temperatur von 80°C. Dem Diagramm ist zu entnehmen, daß erfindungsgemäß zur Erlangung einer hohen Beständigkeit des Werkstoffes gegen Lochkorrosion Schwefelgehalte von unter 0,005 Gew.-% erforderlich sind, wobei der Mangangehalt im wesentlichen die Stickstofflöslichkeit der Schmelze bzw. den Stickstoffgehalt der Legierung erhöht, wodurch eine Verbesserung der korrosionsbeständigkeit bewirkt wird.

Das Diagramm der Fig. 4 zeigt das Korrosionsverhalten von erfindungsgemäßen Duplex-Legierungen in Phosphorsäure in Abhängigkeit von der Temperatur anhand von Isokorrosionslinien a, b und c.

Das Zerspanungsverhalten von Ferrit-Austenit-Werkstoffen zeigt das Schaubild der Fig. 5. Ein Zerspanungsverhalten wird durch Bohren bei Messung der Gesamtbohrtiefe und/oder durch Drehen bei Ermittlung des zerspanten Volumens geprüft. Erfindungsgemäß Legierungen mit einem Verhältniswert G (Nickelgehalt zu Mangangehalt) von 2 bis 4 und einem Calciumgehalt von ca 0,006 Gew.-% weisen ein gutes Zerspanungsverhalten auf, wogegen Vergleichslegierungen, insbesondere solche mit niedrigen Mangankonzentrationen bzw. hohen G- Werten, schlecht zerspanbar sind.

35

### Patentansprüche

1. Hochfeste, gut schweißbare, im wesentlichen die Legierungsbestandteile C, Si, Mn, Cr, Mo, Ni, W, N und V enthaltende Duplexlegierung mit ausgezeichneter Beständigkeit gegen Korrosion, insbesondere allgemeine bzw. flächenabtragende Korrosion, Loch- und Spaltkorrosion sowie Spannungs- und Schwingungsrißkorrosion, in chloridhaltigen und phosphorsäurehaltigen Medien und im wärmebehandelten Zustand mit einer Materialfestigkeit RM von mindestens 750 MPa, einer 0,2 Dehngrenze RP<sub>0,2</sub> von mindestens 550 MPa und einer Charpy-V-Zähigkeit von mindestens 100 Joule bei guten Zerspanungseigenschaften, dadurch gekennzeichnet, daß die nach einer Wärmebehandlung durch forcierte Abkühlung von einer Temperatur zwischen 1020°C und 1150°C Ferrit und Austenit mit einem Verhältnis von 40 bis 60 % aufweisende Legierung in Gew.-%

50

55

	Kohlenstoff	max 0,04
	Silizium	0,15 bis 0,55
5	Mangan	2,0 bis 2,9
	Phosphor	max 0,025
	Schwefel	max 0,005
10	Chrom	23,0 bis 27,0
	Molybdän	3,0 bis 5,0
	Nickel	5,6 bis 8,0
15	Wolfram	0,5 bis 1,0
	Kupfer	max 0,5
20	Stickstoff	0,2 bis 0,35
	Vanadin	0,04 bis 0,25
	Niob/Tantal	0 bis 0,20
25	Calzium	0 bis 0,04
	Magnesium	0 bis 0,02
	Aluminium	max 0,06
30	Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen	enthält mit der Maßgabe, daß bei einem Verhältniswert G des Nickelgehaltes in Gew.-% zum Mangangehalt in Gew.-% von größer als 2,0 jedoch kleiner als 4,0 der Gefügephasenfaktor P gebildet aus
35	[ 2,9 x (% Cr)+ 2,9 x ( % Mo)+ 1,4 x (% W )+4,4 x (% Si)- 2-1 ( % Ni) - 1,0 x ( % Mn) - 62,5 x (% N )]	einen Wert von größer als 40 jedoch kleiner als 65 aufweist.
40	2. Duplexlegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie in Gew.-%	
45		
50		
55		

	Kohlenstoff	max 0.03
	Silizium	0.2 bis 0.5
5	Mangan	2.1 bis 2.7
	Phosphor	max 0,025
	Schwefel	max 0,005
10	Chrom	24.0 bis 26.0
	Molybdän	3.5 bis 4.5
	Nickel	6.2 bis 7.4
15	Wolfram	0.55 bis 0.9
	Kupfer	max 0.35
	Stickstoff	0.20 bis 0.30
20	Vanadin	0.05 bis 0.15
	Niob/Tantal	bis 0.1
	Calzium	bis 0.02
25	Magnesium	bis 0.02
	Aluminium	max 0.04

30       enthält

- 3. Duplexlegierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie in Gew.-% Calzium 0,001 bis 0,015 enthält.
- 35     4. Duplexlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie in Gew.-% Aluminium max 0,025 enthält.
- 40     5. Duplexlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Verhältniswert G größer als 2,2 jedoch kleiner als 3,5 ist.
- 6. Duplexlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Gefügephasenfaktor P einen Wert von größer als 45 jedoch kleiner als 59 aufweist.
- 45     7. Duplexlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie durch Abkühlung von einer Temperatur zwischen 1050°C und 1100°C unter Verwendung von Wasser oder eines Inertgases, z.B. Wasserstoff, wärmebehandelt ist.

50

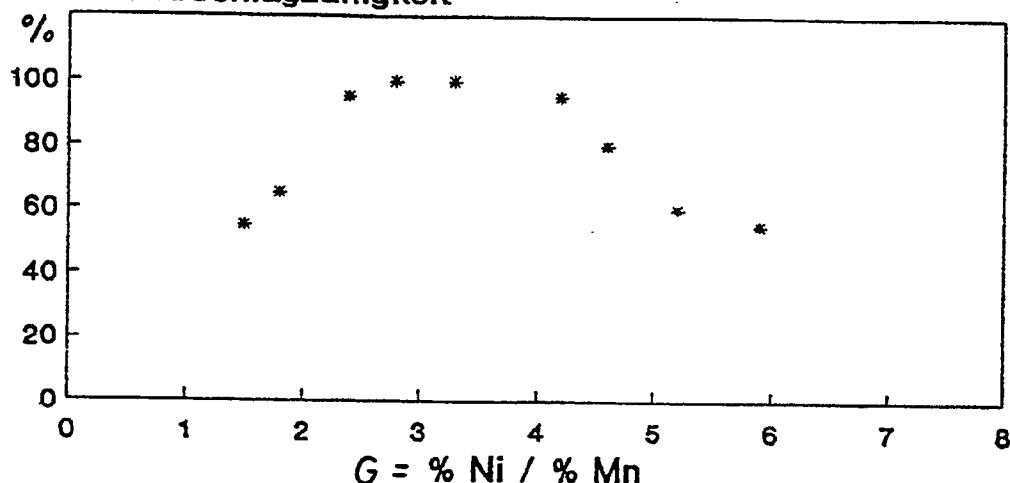
55

## Versprödungsverhalten Duplexstähle

Glühung

\* 1 Std. 475°C

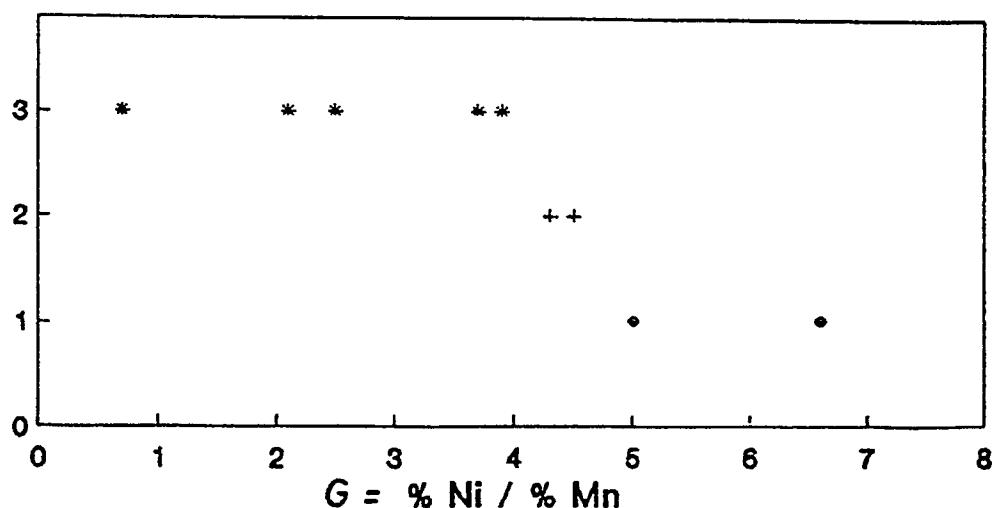
### Kerbschlagzähigkeit

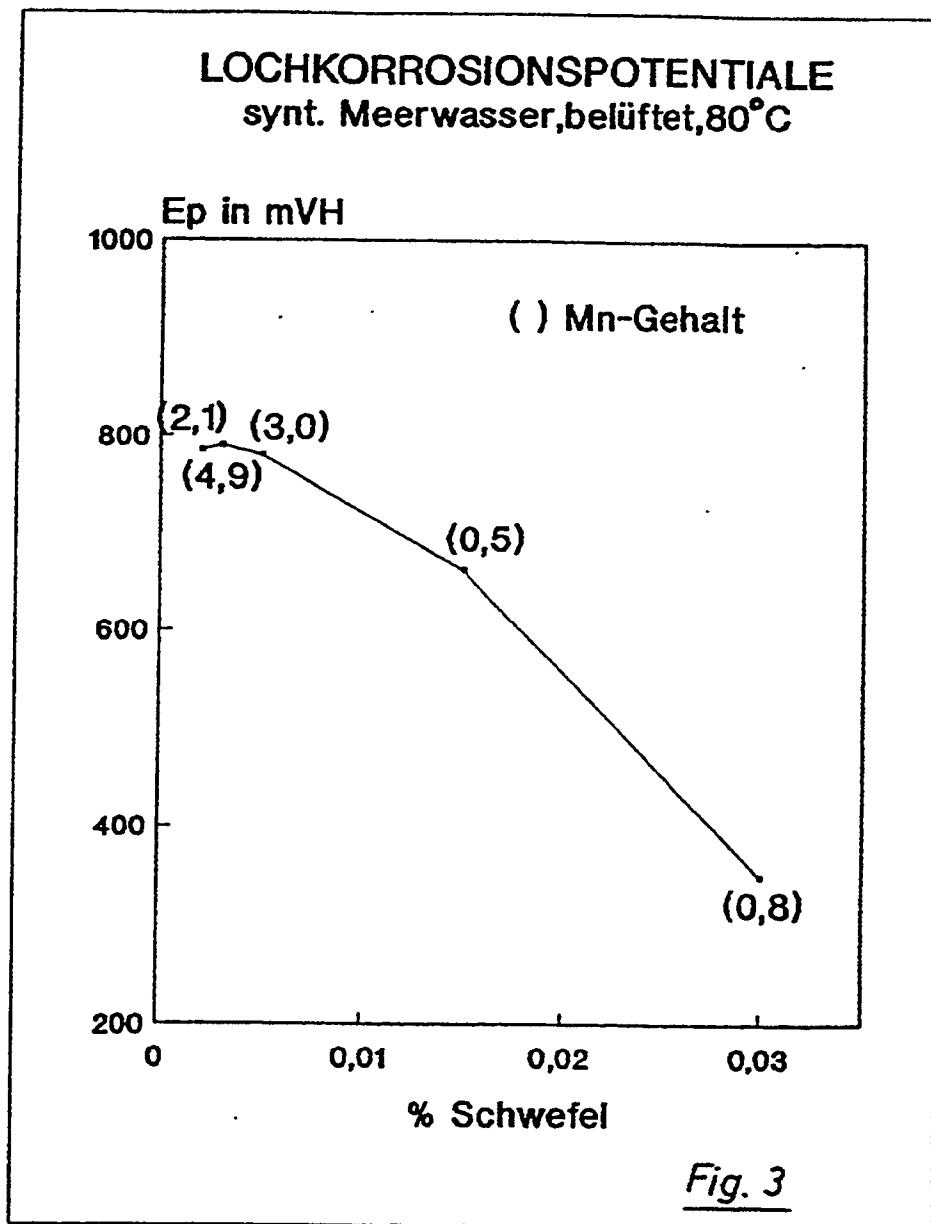
Fig. 1

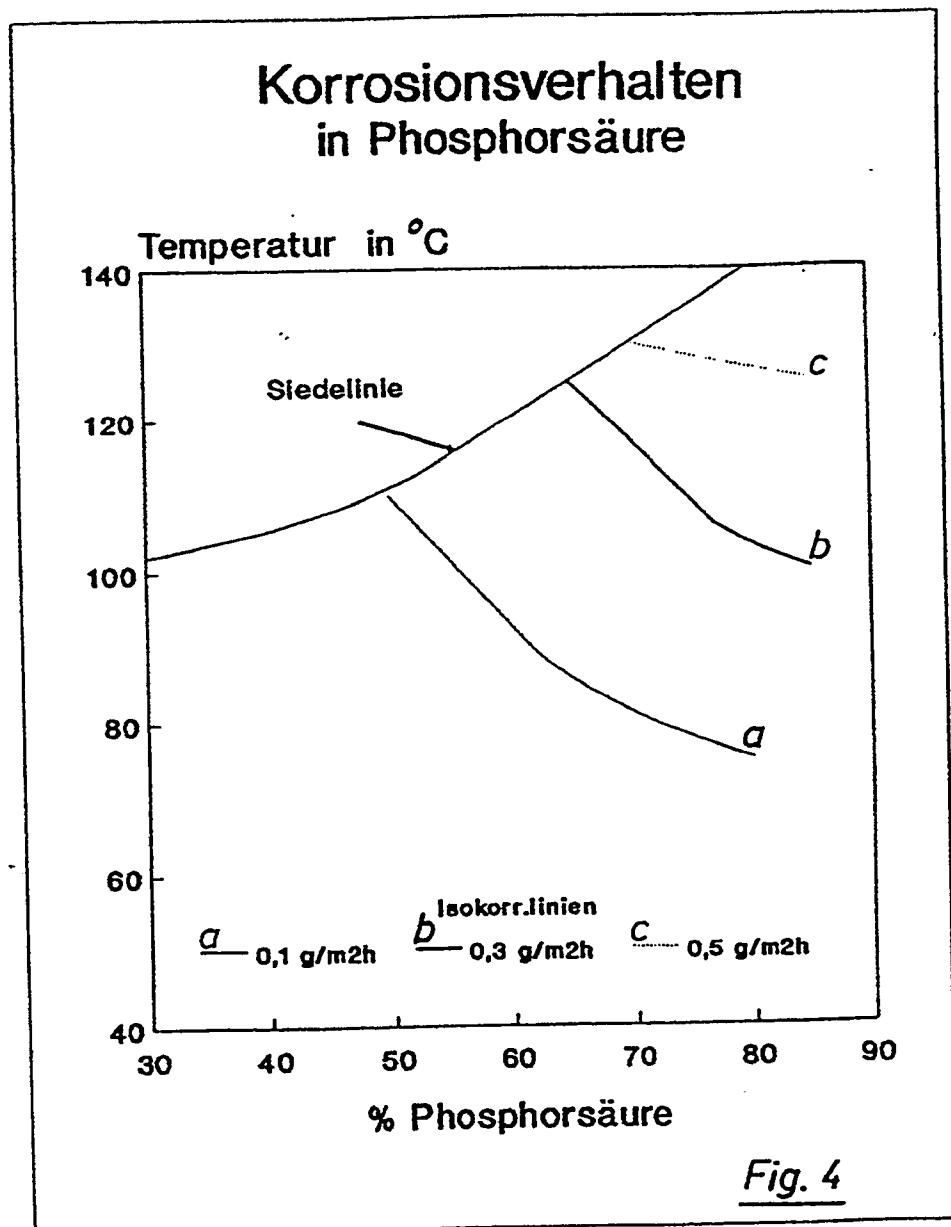
## Warmstauchversuche Duplexstähle

1150°C

- 1 - Risse
- + 2 - teilw. Risse
- \* 3 - keine Risse

Fig. 2





Zerspanungsverhalten  
Duplexstähle

\* 1 = gut      + 2 = problematisch      ○ 3 = schlecht

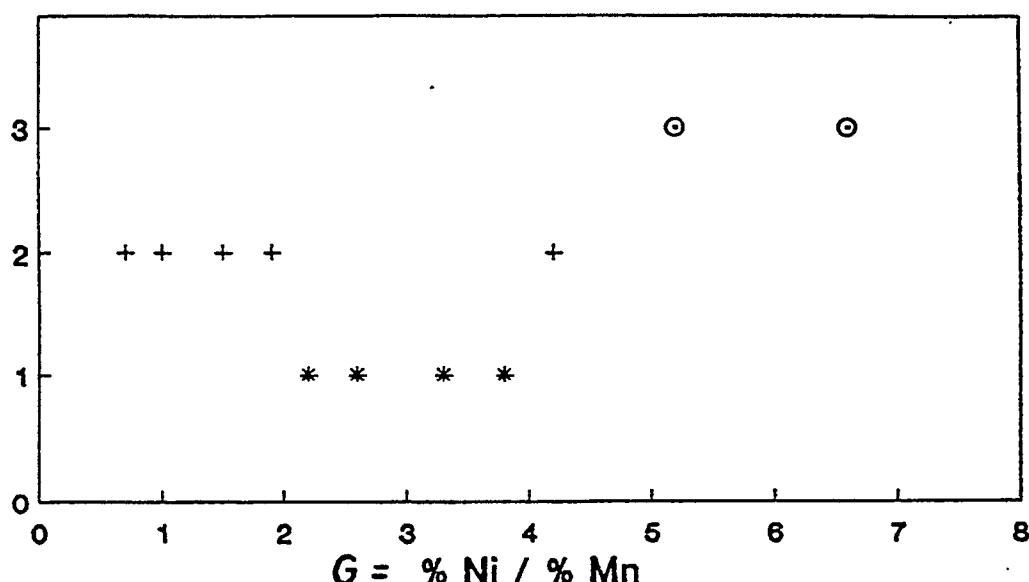


Fig. 5



EP 91 89 0088

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE									
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL.5)						
A,D	EP-A-0 220 141 (SANTRADE LTD) * Patentansprüche 1-8 * ---	1,2	C 22 C 38/58						
A,D	EP-A-0 107 489 (MATHER & PLATT) * Patentansprüche 1-8 * ---	1,2							
A,D	WO-A-8 505 129 (BONAR Langley ALLOYS LTD) * Patentansprüche 1,2 * ---	1,2							
A,D	EP-A-0 320 548 (ESCO CORP.) * Patentansprüche 1-6 * ---	1,2,7							
A,D	EP-A-0 151 487 (KUBOTA LTD) * Patentanspruch 1 * ---	1,2							
A	GB-A-2 160 221 (NIPPON KOKAN K.K.) * Patentansprüche 1-3; Seite 3, Zeilen 4-7, 11-12 * ---	1,2							
A	GB-A-2 123 437 (K.K. KOBE SEIKO) * Patentansprüche 1,2 * ---	1,2	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. CL.5)						
A	US-A-4 816 085 (FLASCHE et al.) * Patentansprüche 1-3 * -----	1,2	C 22 C						
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchierter</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 34%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>26-07-1991</td> <td>LIPPENS M.H.</td> </tr> </table> <p><b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b></p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorie oder Grundsätze  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus andern Gründen angeführtes Dokument  &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>				Recherchierter	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	26-07-1991	LIPPENS M.H.
Recherchierter	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
DEN HAAG	26-07-1991	LIPPENS M.H.							