

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Dezember 2005 (08.12.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/116285 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C22C 38/58**,
38/00, 38/42, 38/44, 38/52, 38/54, 38/48

(74) **Anwalt: COHAUSZ & FLORACK**; Bleichstrasse 14,
40211 Düsseldorf (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/005423

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Mai 2005 (19.05.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(30) **Angaben zur Priorität:**
04012322.6 25. Mai 2004 (25.05.2004) EP

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (*nur für US*): **GRÜNEBERG, Peter** [DE/DE]; Parkstrasse 84, 47829 Krefeld (DE). **KRABIELL, Armin** [DE/DE]; Gatzenstrasse 46, 47802 Krefeld (DE). **WULFMEIER, Ekkehard** [DE/DE]; Horstidyk 45, 47803 Krefeld (DE). **JOHN, Hendrik** [DE/DE]; Lückenweg 19, 29227 Celle (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** NON-MAGNETIC AUSTENITIC STEEL AND USE OF SAID STEEL

(54) **Bezeichnung:** NICHTMAGNETISIERBARER, AUSTENITISCHER STAHL UND VERWENDUNGEN DIESES STAHLs

(57) **Abstract:** The invention relates to a non-magnetic austenitic steel, with a high resistance to corrosion, in particular, to pitting, contact and stress corrosion and with particularly high strength. Said steel thus comprises (in wt. %) C: 0.010 0.050 %, Si: 0.01 - 0.35 %, Mn: 12.0 22.0 %, P: = 0.030 %, S: = 0.010 %, Cr: 15.0 23.5 %, Mo: 1.0 4.0 %, Ni: 0.3 5.5 %, Al: = 0.050 %, N: 0.40 0.68 %, B: 0.0008 0.0040 %, at least one of the elements Cu and/or Co, where the following is valid for the content of said elements: Cu: 1.0 5.0 % and Co: 1.0 6.5 % and, optionally, Nb with a content of 0.001 0.1 %, the remainder being iron and unavoidable impurities.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung stellt einen nichtmagnetisierbaren, austenitischen Stahl zur Verfügung, der eine hohe Beständigkeit gegen Korrosion, insbesondere gegen Lochfraß, Kontakt- und Spannungskorrosion, besitzt und gleichzeitig besonders hohe Festigkeiten aufweist. Zu diesem Zweck enthält der erfindungsgemäße Stahl (in Gew.-%) C: 0,010 - 0,050 %, Si: 0,01 - 0,35 %, Mn: 12,0 - 22,0 %, P: ≤ 0,030 %, S: ≤ 0,010 %, Cr: 15,0 - 23,5 %, Mo: 1,0 - 4,0 %, Ni: 0,3 - 5,5 %, Al: ≤ 0,050 %, N: 0,40 - 0,68 %, B: 0,0008 - 0,0040 %, mindestens eines der Elemente Cu und/oder Co, wobei für den Gehalt dieser Elemente gilt Cu: 1,0 - 5,0 % und Co: 1,0 - 6,5 %, sowie wahlweise Nb mit einem Gehalt von 0,001 - 0,1 %, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen.



WO 2005/116285 A1

NICHTMAGNETISIERBARER, AUSTENITISCHER STAHL UND VERWENDUNGEN DIESES STAHL

Die Erfindung betrifft einen nichtmagnetisierbaren, austenitischen Stahl von hoher Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit. Die Eigenschaft, nicht-magnetisch zu sein, erhält der Stahl dadurch, dass er eine stabil austenitische Gitterstruktur aufweist, bei der keine martensitische Umwandlung eintritt und die frei von Ferritanteilen ist.

Stähle dieser Art sind aufgrund ihrer sehr geringen Permeabilität für Anwendungen geeignet, bei denen die Wechselwirkung zwischen den aus dem jeweiligen Stahl gefertigten Bauteilen und magnetischen Feldern in der Umgebung oder hysteresebedingte Verluste zu vermeiden sind. Beispiele für derartige Einsatzgebiete finden sich in der Kältetechnik, im Schiffs- oder Sonderschiffsbau, im Generatorbau, im Offshore-Bereich, in der Tiefbohrtechnik, der Medizintechnik oder der Elektroindustrie.

Neben der Forderung nach weitestgehender Nicht-Magnetisierbarkeit bringen diese Verwendungen hohe Anforderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Stähle mit sich. Insbesondere werden eine hohe Dehngrenze $R_{p0,2}$ und eine hohe Festigkeit gefordert.

Zusätzlich müssen die Stähle besonders korrosionsbeständig sein, da sie vielfach in hinsichtlich eines Korrosionsangriffs kritischen Umgebungen eingesetzt werden.

Daher wird in der Regel verlangt, dass die Stähle in hohem Maße unempfindlich sind gegen Lochfraß, Kontakt- und Spannungsrisskorrosion.

Diese Anforderungen lassen sich durch hochlegierte Mangan-Chrom-Stähle erfüllen, die hohe Stickstoffgehalte besitzen. Zur Sicherung eines stabil austenitischen Gefüges dienen dabei vorrangig Mn-Gehalte von mehr als 20 % und hohe Stickstoffgehalte. In Folge ihrer Zusammensetzung und zusätzlicher bei ihrer Herstellung angewendeter Maßnahmen weisen diese Stähle $R_{p0,2}$ -Werte auf, die über 950 MPa liegen. Ihre Zugfestigkeiten können bis zu 1000 MPa betragen.

Neben der erwähnten Wirkung auf die Ausbildung eines austenitischen Gefüges tragen die hohen N-Gehalte auch zu einer Steigerung der Korrosionsbeständigkeit bei. Diese wird zusätzlich unterstützt durch Chromgehalte, die bei den bekannten Stählen üblicherweise 14 - 20 Gew.-% betragen. Weitere Verbesserungen der Korrosionsbeständigkeit lassen sich durch Zusätze an Mo erreichen.

Ein Beispiel für einen solchen speziell für Anwendungen am menschlichen Körper bestimmten Stahl ist in der EP 0 640 695 A1 beschrieben. Der aus dieser Veröffentlichung bekannte Stahl weist (in Gew.-%) max. 0,1 % C, max. 1,0 % Si, 11,0 - 25,0 % Mn, 10,0 - 20,0 % Cr, max. 1,0 % Mo und 0,05 - 0,55 % N, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen auf. Zusätzlich kann der bekannte Stahl Gehalte an V, Nb, Ta, W, Al, Ti, Cu oder Bor aufweisen, wenn der Gehalt dieser Elemente 2,0 Gew.-% nicht überschreitet. Die Einflüsse, die diese Elemente auf den

bekannten Stahl haben, sind in der EP 0 640 695 A1 allerdings nicht erläutert.

Als Anhaltsgröße für die Beurteilung der Lochfraß-Beständigkeit hat sich in der Praxis der so genannte PREN-Wert eingebürgert, der üblicherweise gemäß der Formel $PREN = \%Cr + 3,3 \%Mo + 16 \%N$ (mit $\%Cr$ = Cr-Gehalt, $\%Mo$ = Mo-Gehalt, $\%N$ = N-Gehalt) bestimmt wird. Es zeigt sich, dass auf dem Markt erhältliche Cr-Mn-Stähle den sich im praktischen Einsatz hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit ergebenden Anforderungen oftmals nicht gewachsen sind, obwohl ihre PREN-Werte im Bereich von 24 - 31 liegen.

Zur Beseitigung dieses Problems sind Stähle eingeführt worden, die höhere Gehalte an Molybdän oder weiter angehobene Stickstoffgehalte besitzen. Ein Beispiel für einen solchen Stahl ist in der EP 0 875 591 B1 beschrieben. Auch dieser bekannte Stahl ist für biokompatible Anwendungen bestimmt. Er weist (in Gew.-%) 5 - 26 % Mn, 11 - 24 % Cr, mehr als 2,5 - 6 % Mo, mehr als 0,2 - 2,0 % N und 0,1 - 0,9 % C auf, wobei für N-Gehalte von mehr als 0,55 % gelten soll, dass der C-Gehalt mehr als 0,3 % beträgt. Ohne dass dafür in der EP 0 875 591 B1 ein Grund angegeben ist, kann der aus diesem Dokument bekannte Stahl ebenfalls zusätzliche Gehalte an Ni, Si, S, Bi, Cu, Co, V, Nb, Ta, Ti, Zr, Hf, W, Al, B, Ce oder Ca mit einem Gehalt von bis zu 2 Gew.-% aufweisen.

Schließlich ist aus der DE 196 07 828 C2 ein hochfester, korrosionsbeständiger Stahl der in Rede stehenden Art bekannt, der (in Gew.-%) bis zu 0,1 % C, 8 - 12,5 % Mn, 13 - 17,5 % Cr, 2,5 - 6 % Mo, ≤ 5 % Ni, mehr als 0,55 - 1,1

% N, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthalten kann. Zusätzlich können diesem bekannten Stahl bis zu 0,05 % B, bis zu 0,2 % S, jeweils bis zu 1 % Si, V, Nb, Ti, Zr, Hf, Ta und Al sowie bis zu 5 % Cu und bis zu 6 % W beigegeben werden. Allerdings findet sich auch in der DE 196 07 828 C2 keine Erläuterung zu den Effekten, die mit der Zugabe dieser Elemente erreicht werden können.

Auch wenn die voranstehend erläuterten bekannten Stähle hinsichtlich ihrer Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit gegenüber dem bis dahin bekannten Stand der Technik weiter verbessert sind, muss dafür ein erhöhter Herstellungsaufwand in Kauf genommen werden, der durch den mit der Anhebung des Stickstoff-Gehaltes verfahrenstechnischen Aufwand verursacht wird. Hinzu kommt, dass bei den bekannten Stählen der Zugabe von Molybdän Grenzen gesetzt sind, da Mo abhängig von der Gesamtzusammensetzung des jeweiligen Stahls ein starker Ferritbildner ist. Stähle, die die an ihre nicht-magnetischen Eigenschaften jeweils gestellten Anforderungen erfüllen, weisen daher in der Praxis Mo-Gehalte auf, die auf maximal 3,5 Gew.-% beschränkt sind. Obwohl diese Stähle verbesserte PREN-Werte von 33 - 35 erreichen, erweist sich ihre Korrosionsbeständigkeit in der Praxis als vielfach nicht ausreichend. Darüber hinaus liegen die Festigkeiten dieser in bekannter Weise erzeugten und zusammengesetzten Stähle auf einem Niveau, dass nicht ausreicht für die Verwendung auf den hier interessierenden, eingangs genannten Gebieten. Ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, einen Stahl zu schaffen, der eine weiter gesteigerte Korrosionsbeständigkeit, insbesondere gegen

Lochfraß, Kontakt- und Spannungskorrosion, besitzt und gleichzeitig besonders hohe Festigkeiten aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen nichtmagnetisierbaren, austenitischen Stahl von hoher Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit gelöst, der (in Gew.-%) C: 0,010 - 0,050 %, Si: 0,01 - 0,35 %, Mn: 12,0 - 22,0 %, P: $\leq$ 0,030 %, S: $\leq$ 0,010 %, Cr: 15,0 - 23,5 %, Mo: 1,0 - 4,0 %, Ni: 0,3 - 5,5 %, Al: $\leq$ 0,050 %, N: 0,40 - 0,68 %, B: 0,0008 - 0,0040 %, mindestens eines der Elemente Cu und/oder Co, wobei für den Gehalt dieser Elemente gilt Cu: 1,0 - 5,0 %, Co: 1,0 - 6,5 %, sowie wahlweise Nb mit einem Gehalt von 0,001 - 0,1 %, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält.

Mit der Erfindung steht ein Stahl zur Verfügung, der sich durch eine besonders hohe Stabilität seines austenitischen Gefüges und eine dementsprechend minimierte Magnetisierbarkeit auszeichnet. Aufgrund dieser Eigenschaften werden relative Permeabilitätswerte μ_r von $< 1,005$ sicher erreicht. Gleichzeitig weist erfindungsgemäßer Stahl eine gegenüber den bekannten nicht magnetischen Stählen bei nach wie vor guter Festigkeitslage deutlich verbesserte Korrosionsbeständigkeit auf. Dies macht erfindungsgemäßen Stahl insbesondere für den Einsatz in aggressiver Umgebung geeignet, wie sie beispielsweise im Bereich der Offshore-Technik, oder in der Tiefbohrtechnik, insbesondere im Bereich der Erdöl- und Erdgasexploration, gegeben ist. Auch lässt sich erfindungsgemäßer Stahl aufgrund dieser Eigenschaftskombination besonders gut im Generatorbau, in der Kältetechnik oder in der Medizintechnik einsetzen.

Kennzeichnende Merkmale der erfindungsgemäßen Zusammensetzung sind die spezielle Legierungsabstimmung, bei der die Wirkung bestimmter Legierungselemente insbesondere zur Steigerung der Korrosionsbeständigkeit genutzt worden ist. Die legierungstechnischen Maßnahmen gegenüber den bekannten Stählen betreffen insbesondere die Modifizierung der Gehalte an Molybdän und Nickel sowie die vom jeweiligen Verwendungsfall abhängige einzelne oder kombinierte Zugabe an Kupfer und Kobalt.

Sowohl Kupfer als auch Kobalt führen zu einer besonderen Zunahme der Korrosionsbeständigkeit, insbesondere der Kontaktkorrosionsbeständigkeit.

Wird dem erfindungsgemäßen Stahl Kupfer von mindestens 1 Gew.-% zugegeben, so wird dadurch der Passivitätsbereich gegenüber kupferfreien Stählen aufgeweitet. Auf diese Weise wird beim Kontakt des erfindungsgemäßen Stahls mit korrosiv wirkenden Medien in einem breiten Bereich des Temperatur-Konzentrationsfeldes eine Reduzierung der Materialabtragsraten erreicht. Die korrosionshemmende Wirkung zeigt sich dabei in besonders hohem Maße gegenüber Angriff durch nichtoxidierende Medien, wie schwefelhaltige Substanzen, und HCL-Angriff. Der stärkste Effekt hinsichtlich der Korrosionshemmung wird durch die gelösten Anteile an Kupfer erzielt. Bei hinreichend homogener und feiner Verteilung tragen ergänzend auch ausgeschiedene Kupferanteile zur Reduzierung des Massenabtrags bei. Neben der Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit unterstützt Kupfer die Stabilisierung des austenitischen Gefüges und ermöglicht so die Nutzung des korrosionshemmenden Einflusses weiterer Elemente, z.B. höhere Gehalte an Molybdän. Als Obergrenze des Cu-Gehaltes sind 5 Gew.-%,

bevorzugt 4 Gew.-%, einzuhalten, um die Bildung von Kupferphasen zu vermeiden, die zum einen bei gröberer, inhomogener Verteilung ihren korrosionshemmenden Effekt verlieren und zum anderen das Umformverhalten der Stähle in starkem Maße beeinträchtigen. Durch Zugaben von Kobalt in Gehalten von mindestens 1 Gew.-% kann dagegen die Beständigkeit des erfindungsgemäßen Stahls auch gegen oxidierende Medien gezielt verbessert werden. Auch Kobalt führt dabei in ähnlicher Weise wie Kupfer zu einer Verbreiterung des Passivitätsbereiches im Temperatur-Konzentrationsfeld der Kontaktmedien. Vergleichbar mit Nickel unterstützt die Anwesenheit von Kobalt in erfindungsgemäßen Stahl darüber hinaus die Austenitstabilisierung. Durch Zugabe von Kobalt können demzufolge die Gehalte an solchen Legierungselementen erhöht werden, die wegen ihrer ferritbildenden Eigenschaft an sich unerwünscht sind, jedoch zu der optimierten Korrosionsbeständigkeit des erfindungsgemäßen Stahls beitragen. Überraschend ergab sich in diesem Zusammenhang, dass eine Reduzierung des Ni-Gehaltes zu Gunsten der Anwesenheit von Kobalt starke Effekte erzielt, so dass die kombinierte Anwesenheit von Ni und Co bessere Wirkung zeigte als die einzelne Anwesenheit von Ni ohne Co. Bei Co-Gehalten, die weit über 6,5 Gew.-% liegen, konnte keine weitere Steigerung der Wirkung festgestellt werden. Ein optimales Verhältnis aus erzielter Eigenschaftsverbesserung und Legierungsaufwand ergab sich, wenn die Co-Gehalte bis maximal 4 Gew.-% variiert worden sind.

Mit der Vorschrift, einem erfindungsgemäßen Stahl jeweils Cu, Co alleine oder in Kombination zuzugeben, stellt die Erfindung somit eine Möglichkeit zur Verfügung, einen hochfesten und nicht magnetischen Stahl hinsichtlich seiner

Korrosionsbeständigkeit so an die im jeweiligen Einsatzgebiet auftretenden korrosiven Medien anzupassen, dass eine optimale Beständigkeit gegen die im jeweiligen Anwendungsgebiet auftretenden Korrosionsangriffe gewährleistet ist. Die Anwesenheit von Molybdän in Gehalten von 1,0 - 4,0 Gew.-% trägt ebenfalls zur hohen Korrosionsbeständigkeit eines erfindungsgemäßen Stahls bei. Die Wirkung von Mo lässt sich dabei in an sich bekannter Weise durch die PRE-Zahl ($PRE = \%Cr + 3,3 \%Mo$, mit $\%Cr$ = Gehalt an Cr, $\%Mo$ = Gehalt an Mo) beschreiben. Diese Zahl bringt die Fähigkeit des jeweiligen Stahls zum Ausdruck, korrosivem Angriff zu widerstehen. Die Nutzung von Molybdän war bei der Gattung des erfindungsgemäßen Stahls gehörenden bekannten Stählen bisher wegen der stark ferritbildenden Eigenschaft von Mo nur sehr eingeschränkt möglich. Die erfindungsgemäße Stahlzusammensetzung ermöglicht aufgrund der durch die Anwesenheit von Cu und / oder Co verbesserten Austenitstabilität eine erhöhte Zugabe von Mo mit der Folge, dass insgesamt eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit erzielt wird. Bei Gehalten von weniger als 1,0 Gew.-% treten die vorteilhaften Effekte von Mo nicht ein. Gehalte von mehr als 4,0 Gew.-% würden dagegen wieder die Gefahr von Ferritbildung mit sich bringen und zudem die Umformbarkeit des Stahls beeinträchtigen.

Nickel wird erfindungsgemäßem Stahl zur Austenitstabilisierung in Gehalten von 0,3 - 5,5 Gew.-% zugegeben. Bevorzugt wird der maximale Ni-Gehalt auf 5,0 Gew.-% beschränkt, um die überraschend festgestellte Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit des reduzierten Ni-Gehaltes bei gleichzeitiger Anwesenheit von Cu und / oder Co auszunutzen.

Durch Stickstoff-Gehalte von 0,40 - 0,68 Gew.-% wird die Entstehung eines stabil austenitischen Gefüges unterstützt. Zusätzlich trägt Stickstoff in an sich bekannter Weise zur Verbesserung der Korrosionseigenschaften bei. Besonders sicher stellen sich diese Effekte dann ein, wenn der N-Gehalt 0,45 - 0,68 Gew.-%, insbesondere 0,45 - 0,60 Gew.-% beträgt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Zum Nachweis der durch die Erfindung erzielten Eigenschaftsverbesserungen wurde ein konventioneller Stahl V und ein erfindungsgemäßer Stahl E folgender Zusammensetzung (in Gew.-%)

Stahl	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Co	Cu	N	B
V	0,036	0,16	20,07	17,59	0,32	0,28	< 0,05	< 0,05	0,55	0,0008
E	0,041	0,21	19,32	17,94	1,51	2,98	1,84	2,03	0,57	0,0022

erschmolzen und zu Blöcken abgegossen.

Die Blöcke wurden einer Warmverformung durch Schmieden im Temperaturbereich zwischen 1230 °C und 970 °C unterzogen. Alternativ zum Schmieden kann die Warmverformung auch als Walzen durchgeführt werden, wenn als Endprodukt ein Walzprodukt ausgeliefert werden soll.

Im Anschluss an die Warmverformung sind die erhaltenen warmverformten Zwischenprodukte (Blöcke) bis unterhalb der Rekristallisationstemperatur abgekühlt worden. Bei der Abkühlung wurde eine Abkühlgeschwindigkeit erzielt, die mindestens der bei einer Abkühlung an Luft erzielten

Abkühlrate entspricht. Als besonders vorteilhaft erwies es sich dabei, die Abkühlung bis zu einer Temperatur durchzuführen, die zwischen 250 °C und der Rekristallisationstemperatur liegt.

Die auf diese Temperatur abgekühlten Zwischenprodukte sind dann einer abschließenden Umformung unterzogen worden. Der dabei erzielte Umformgrad lag im Bereich von 10 - 35 %, wobei sich in diesem Fall zeigte, dass besonders gute Resultate dann erzielt wurden, wenn der Grad der Umformung im Bereich von 15 - 20 % liegt. Bei den hier konkret beschriebenen Ausführungsbeispielen wurden die geschmiedeten und abgekühlten Blöcke aus den Stählen bei der Schlussverformung mit einem Umformgrad jeweils von 18 % auf einen Enddurchmesser von jeweils 136 mm reduziert.

Die so als Fertigprodukte erhaltenen, durchmesserreduzierten Blöcke aus den Stählen V und E wiesen jeweils die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Eigenschaften auf.

Im beigefügten Diagramm sind zusätzlich für die aus den nicht magnetisierbaren Stählen V und E in der beschriebenen Weise hergestellten Proben die Stromdichte-Potentialkurven (Stromdichte j über das Potential Φ) für die in 1.000 ppm Cl^- enthaltendem Medium untersuchten Proben V_{1000} , E_{1000} und die in 80.000 ppm Cl^- enthaltendem Medium untersuchten Proben V_{80000} und E_{80000} aufgetragen.

Es zeigt sich bei unverändert guten magnetischen Eigenschaften eine deutliche Überlegenheit der aus dem erfindungsgemäßen Stahl E erzeugten Proben sowohl bei den

mechanisch-technologischen Eigenschaften als auch im Korrosionsverhalten.

Mechanische technologische Eigenschaften:		
Stahl	V	E
Zugfestigkeit	1084 MPa	1126 MPa
0,2 %-Dehngrenze	997 MPa	1031 MPa
Bruchdehnung (2")	25 %	27 %
Brucheinschnürung	58 %	58 %
Kerbschlagzähigkeit (Charpy-V-Proben, Längsproben)	118 J	123 J
Brinellhärte	334 HB	351 HB
Magnetische Permeabilitätszahl (Foerster-Magnetoskop)	<1,003	<1,003

Tabelle 1

Korrosionsverhalten:			
Stahl		V	E
Prüfung nach ASTM A262, Pract. E			
	Gestrahlte Proben	Keine Schädigung	Keine Schädigung
	Ungestrahlte Proben	Keine Schädigung	Keine Schädigung
Prüfung von C-Ringen Ungestrahlte Proben, Medium: H ₂ S/CO ₂ Beanspruchung: 75 % der 0,2 %-Dehngrenze			
	Oberflächenzustand	Einzelne Risse	Rissfrei
	Korrosionsrate K ¹⁾	8,05 10 ⁻⁴	4,12 10 ⁻⁴
Stromdichte-Potential-Verlauf (s. Diagramm) Geschliffene, entfettete Proben Medium: 1.000 ppm Cl ⁻ bzw. 80.000 ppm Cl ⁻ T = 20 °C, freier Luftzutritt, gerührt; Polarisationsgeschwindigkeit: 0,18 V/h Bezugselektrode: Kalomel-Elektrode (+242 mV)			
Medium 1.000 ppm Cl ⁻ (Proben V ₁₀₀₀ , E ₁₀₀₀)			
	Pittingpotential bei 50 µA	185 mV	330 mV
	Pittingpotential bei 100 µA	220 mV	355 mV
Medium 80.000 ppm Cl ⁻ (Proben V ₈₀₀₀₀ , E ₈₀₀₀₀)			
	Pittingpotential bei 50 µA	-210 mV	-70 mV
	Pittingpotential bei 100 µA	-200 mV	-70 mV

¹⁾ K = Gewichtsverlust [mg] / Dichte [g/cm³] * Fläche [in²] * Zeit [h]

Tabelle 2

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Nichtmagnetisierbarer, austenitischer Stahl von hoher Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit enthaltend (in Gew.-%)

C: 0,010 - 0,050 %,

Si: 0,01 - 0,35 %,

Mn: 12,0 - 22,0 %,

P: ≤ 0,030 %,

S: ≤ 0,010 %,

Cr: 15,0 - 23,5 %,

Mo: 1,0 - 4,0 %,

Ni: 0,3 - 5,5 %,

Al: ≤ 0,050 %,

N: 0,40 - 0,68 %,

B: 0,0008 - 0,0040 %,

mindestens eines der Elemente Cu und/oder Co, wobei für den Gehalt dieser Elemente gilt

Cu: 1,0 - 5,0 %,

Co: 1,0 - 6,5 %,

sowie wahlweise Nb mit einem Gehalt von 0,001 - 0,1 %, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen.

2. Stahl nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s sein Ni-Gehalt 0,3 - 5,0 Gew.-% beträgt.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/005423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C22C38/58 C22C38/00 C22C38/42 C22C38/44 C22C38/52
C22C38/54 C22C38/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, CHEM ABS Data, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 987 342 A (DAIDO TOKUSHUKO KABUSHIKI KAISHA) 22 March 2000 (2000-03-22) paragraphs '0032! - '0035!; claim 1; table 1	1-7
Y	US 3 904 401 A (MERTZ ET AL) 9 September 1975 (1975-09-09) column 3, line 67 - column 4, line 22 column 2; table	1-7
A	US 5 094 812 A (DULMAINE ET AL) 10 March 1992 (1992-03-10) abstract column 2, line 54 - line 68; example H; tables III,IV	1-7
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 2005

Date of mailing of the international search report

16/09/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lilimpakis, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/005423

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/26428 A (CRS HOLDINGS, INC; MAGEE, JOHN, H., JR) 11 May 2000 (2000-05-11) page 5, line 2 ~ line 19; claim 1 -----	1-7
A	CH 688 862 A5 (BASF AKTIENGESELLSCHAFT) 30 April 1998 (1998-04-30) claim 1 -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/005423

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0987342	A	22-03-2000	JP	2000087187 A	28-03-2000
			DE	69902132 D1	22-08-2002
			DE	69902132 T2	16-01-2003
			EP	0987342 A1	22-03-2000
			US	6110421 A	29-08-2000
US 3904401	A	09-09-1975	CA	1023580 A1	03-01-1978
US 5094812	A	10-03-1992	AT	405058 B	25-05-1999
			AT	901191 A	15-09-1998
			CA	2079914 A1	13-10-1991
			GB	2257713 A , B	20-01-1993
			WO	9116469 A1	31-10-1991
			US	5308577 A	03-05-1994
WO 0026428	A	11-05-2000	CA	2348909 A1	11-05-2000
			EP	1131472 A1	12-09-2001
			WO	0026428 A1	11-05-2000
CH 688862	A5	30-04-1998	NONE		

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C22C38/58 C22C38/00 C22C38/42 C22C38/44 C22C38/52
C22C38/54 C22C38/48

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C22C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, CHEM ABS Data, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 987 342 A (DAIDO TOKUSHUKO KABUSHIKI KAISHA) 22. März 2000 (2000-03-22) Absätze '0032! - '0035!; Anspruch 1; Tabelle 1	1-7
Y	US 3 904 401 A (MERTZ ET AL) 9. September 1975 (1975-09-09) Spalte 3, Zeile 67 - Spalte 4, Zeile 22 Spalte 2; Tabelle	1-7
A	US 5 094 812 A (DULMAINE ET AL) 10. März 1992 (1992-03-10) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 54 - Zeile 68; Beispiel H; Tabellen III, IV	1-7
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

* & * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. August 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/09/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lilimpakis, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 00/26428 A (CRS HOLDINGS, INC; MAGEE, JOHN, H., JR) 11. Mai 2000 (2000-05-11) Seite 5, Zeile 2 - Zeile 19; Anspruch 1 -----	1-7
A	CH 688 862 A5 (BASF AKTIENGESELLSCHAFT) 30. April 1998 (1998-04-30) Anspruch 1 -----	1-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

an, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/005423

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0987342	A	22-03-2000	JP 2000087187 A	28-03-2000
			DE 69902132 D1	22-08-2002
			DE 69902132 T2	16-01-2003
			EP 0987342 A1	22-03-2000
			US 6110421 A	29-08-2000
US 3904401	A	09-09-1975	CA 1023580 A1	03-01-1978
US 5094812	A	10-03-1992	AT 405058 B	25-05-1999
			AT 901191 A	15-09-1998
			CA 2079914 A1	13-10-1991
			GB 2257713 A , B	20-01-1993
			WO 9116469 A1	31-10-1991
			US 5308577 A	03-05-1994
WO 0026428	A	11-05-2000	CA 2348909 A1	11-05-2000
			EP 1131472 A1	12-09-2001
			WO 0026428 A1	11-05-2000
CH 688862	A5	30-04-1998	KEINE	