

(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
23. November 2017 (23.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/198530 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C22C 38/02 (2006.01) *C22C 38/10* (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01) *C22C 38/16* (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01) *C22C 38/18* (2006.01)
C21D 1/26 (2006.01) *C22C 38/42* (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) *C22C 38/44* (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) *C22C 38/46* (2006.01)
C22C 38/08 (2006.01) *C21D 6/00* (2006.01)

RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/061290

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Mai 2017 (11.05.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 109 253.3
19. Mai 2016 (19.05.2016) DE

(71) Anmelder: **BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG**
[AT/AT]; Mariazeller Straße 25, 8605 Kapfenberg (AT).

(72) Erfinder: **JOCHEN, Perko**; Am Anger 12, 8691 Kapellen (AT). **HASPEL, Michael**; Haubergerstr. 51, 8605 Kapfenberg (AT). **SCHÜTZ, Patrick**; Schallautzerhofgasse, 6-3, 8700 Leoben (AT).

(74) Anwalt: **NAEFE, Jan Robert**; PATRONUS IP Patent- und Rechtsanwälte, Neumarkter Str. 18, 81673 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A STEEL MATERIAL, AND STEEL MATERIAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES STAHLWERKSTOFFS UND STAHLWERKSSTOFF

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a steel material, particularly a corrosion-resistant steel material for pumps and similar, in which a steel corresponding to the following analysis (in wt.%) is smelted: C < 0.050; Si < 0.70; Mn < 1.00; P < 0.030; S < 0.010; Cr = 14–15.50; Mo = 0.30–0.60; Ni = 4.50–5.50; V < 0.20; W < 0.20; Cu = 2.50–4.00; Co < 0.30; Ti < 0.05; Al < 0.05; Nb < 0.05; Ta < 0.05; N < 0.05.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Stahlwerkstoffes, insbesondere eines korrosionsbeständigen Stahlwerkstoffes für Pumpen und dergleichen, wobei ein Stahl entsprechend der folgenden Analyse (in Gew-%) erschmolzen wird: C < 0,050; Si < 0,70; Mn < 1,00; P < 0,030; S < 0,010; Cr = 14–15,50; Mo = 0,30–0,60; Ni = 4,50–5,50; V < 0,20; W < 0,20; Cu = 2,50–4,00; Co < 0,30; Ti < 0,05; Al < 0,05; Nb < 0,05; Ta < 0,05; N < 0,05.



WO 2017/198530 A1

Verfahren zum Herstellen eines Stahlwerkstoffs und Stahlwerkstoff

- 5 Zur Herstellung von korrosiv stark belasteten Pumpen und dergleichen sind Stähle bekannt, aus denen die entsprechenden Blöcke für die Pumpen gefertigt werden, aus denen die Pumpen und Pumpenteile dann häufig spanend erzeugt werden.
- 10 Die Stähle hierfür sind insbesondere genormt und hauptsächlich werden für derartige Aggregate die Stähle DIN 1.4542, DIN 1.4418, aber auch DIN 1.4313 verwendet.

Diese Stähle werden aufgrund des recht geringen Preisniveaus
15 einerseits aber aufgrund des sehr hohen Bedarfs am Weltmarkt weitestgehend konventionell erschmolzen.

Werkstoffe, die mit entsprechenden Umschmelzverfahren (ESU oder VLBO) erzeugt werden, können aus Gründen des geringen
20 Preisniveaus und des weltweiten Bedarfs nicht flächendeckend verwendet werden.

Um Pumpenblöcke herzustellen, werden sehr große Blockformate benötigt, so dass die Gussgewichte häufig größer 10 t betragen.
25 Das bedeutet, dass ein passender Werkstoff so ausgelegt sein muss, dass auch bei Verwendung konventioneller Blockformate und konventioneller Erschmelzung durch geringe Seigerneigung möglichst gleichmäßige Produkteigenschaften erzielt werden können. Seigerungen sind hier grundsätzlich unerwünscht,
30 da Seigerungen Ausgangspunkt von mechanischen Inhomogenitäten und gegebenenfalls Rissen sein können. Darüber hinaus kann es im Bereich von Seigerungen zu abweichenden Korrosionsbeständigkeitseigenschaften kommen.

Der Stahl DIN 1.4418 besitzt eine hohe Dehngrenze ($R_{p0,2\%}$) von etwa 1000 MPa, wobei der Stahl DIN 1.4418 eine sehr hohe Kaltzähigkeit erreichen kann, welche typischerweise zwischen 50 und 150J (Charpy V-Notch) Kerbschlagarbeit bei -40°C beträgt.

5 Dieses hohe Zähigkeitsniveau ist aufgrund der in Pumpen auftretenden Kavitation erforderlich.

Der Werkstoff DIN 1.4542 kann bei gleicher Dehngrenze dieses Zähigkeitsniveau nicht annähernd erreichen und verbleibt üblicherweise bei nur einstelligen Kerbschlagarbeitswerten bei -40°C .

Der Stahl DIN 1.4313 wird für Pumpenblöcke auch verwendet, kann jedoch aufgrund seiner gegenüber dem DIN 1.4418 geringeren Legierungslage bei Vergütung auf sein maximales Festigkeitsniveau nur Dehngrenzen zwischen 900 und 1000 MPa erreichen. Bei der Verwendung dieses Werkstoffs in höchster Festigkeitsstufe ist allerdings nur ein geringes Zähigkeitsniveau bei tiefen Temperaturen erreichbar, wobei zusätzlich die Korrosionsbeständigkeit durch die Legierung im Vergleich zu den anderen beiden Stählen deutlich geringer ist. Die Werkstoffe DIN 1.4313 und DIN 1.4418 sind hierbei nickelmartensitisch sekundärhärtende Legierungen, während der Werkstoff DIN 1.4542 ein nickelmartensitisch kupferaushärtender Werkstoff ist.

25

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Werkstoff zu schaffen, der auch bei sehr hohen Gussgewichten eine verbesserte Festigkeit bei einem sehr hohen Zähigkeitsniveau besitzt, wobei die Korrosionsbeständigkeit ebenfalls erhöht ist.

30

Die Aufgabe wird mit einem Verfahren zum Herstellen eines Stahlwerkstoffs mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Es ist eine weitere Aufgabe einen Werkstoff zu schaffen, der
5 entsprechend gleichartige oder höhere Festigkeiten als bekannte Stähle besitzt, jedoch ein höheres Zähigkeitsniveau und eine bessere Korrosionsbeständigkeit besitzt.

Die Aufgabe wird mit einem Stahlwerkstoff mit den Merkmalen
10 des Anspruchs 6 gelöst.

Die Erfinder haben es sich zum Ziel gesetzt, einen Werkstoff zu entwickeln, der eine gleiche oder höhere Festigkeit besitzt als der DIN 1.4418 oder der DIN 1.4542, welche an sich schon
15 eine sehr hohe Festigkeit besitzen, aber zusätzlich noch das sehr hohe Zähigkeitsniveau des DIN 1.4418 erreicht oder übertrifft, auf der anderen Seite aber die Korrosionsbeständigkeit des deutlich weniger festen DIN 1.4313 übertrifft.

20 Das Ziel ist dabei jedoch zusätzlich, dass diese Produkteigenschaften bei konventioneller Erschmelzung erreicht werden, die Analyse aber so ausgelegt ist, dass auch eine hochreine Umschmelzvariante (ESU oder VLBO) erreichbar ist. Eine solche hochreine Umschmelzvariante besitzt durch ihren deutlich geringeren Gehalt an oxidischen Einschlüssen geringerer Größe
25 besondere Vorteile bezüglich der Ermüdungseigenschaften für Sonderanwendungen im Maschinen- oder Apparatebau mit hohen dynamischen Belastungen, wie dies zum Beispiel bei Verdichtern oder Zentrifugen der Fall ist. Durch Umschmelzen im Vakuumlichtbogenofen (VLBO), welches die übliche Umschmelztechnologie für hochbelastete Bauteile in Luftfahrtsanwendungen darstellt, kann beim erfindungsgemäßen Werkstoff durch Absenken der Defektgrößen im Werkstoff die Dauerfestigkeit erhöht werden. Dieser Effekt ist vor allem bei Anwendung des erfindungs-

gemäßen Werkstoffes in hoher Festigkeit für Luft- und Raumfahrtanwendungen von großer Bedeutung.

Um erfindungsgemäß derartige Werkstoffeigenschaften zu erzeugen, muss die nickelmartensitisch sekundärhärtende Arbeitsweise einerseits und die nickelmartensitisch kupferhärtende Arbeitsweise andererseits verlassen werden und ein neuer Weg eingeschlagen werden.

10 Erfindungsgemäß wird bei dem neuen Stahlwerkstoff Kupfer zum Aushärten verwendet. Die Erfinder haben erkannt, dass Delta-Ferrit als Gefügebestandteil die Zähigkeit vermindert, wobei durch ein optimales Verhältnis der Austenit- zu Ferrit stabilisierenden Elemente diese Phase möglichst minimiert wird und
15 herstellbedingt alles unternommen wird, um die Delta-Ferrit-Phase durch geeignete Gießtechnologie und Verformung bei optimierter Temperatur gering zu halten.

Eine Niobstabilisierung, wie sie beispielsweise im DIN 1.4542
20 verwendet wird, wird vollkommen vermieden, so dass erfindungsgemäß keine groben Primärkarbide gebildet werden.

Die Erfinder haben erkannt, dass Werkstoffkonzepte wie der DIN 1.4542 aus einer Zeit stammen, in der die Anlagentechnik in
25 der Schmelzmetallurgie es noch nicht gesichert ermöglichte, den Kohlenstoffgehalt von hochchromhaltigen Schmelzen zu reduzieren.

Aus diesem Grund wurde häufig der Weg gegangen, den für die
30 Korrosionsbeständigkeit schädlichen Kohlenstoff durch starke Karbidbildner wie Titan oder Niob durch die Bildung von Monokarbiden abzubinden und die Bildung von Chromkarbiden zu verhindern. Diese Legierungstechnik wurde sowohl bei austenitischen Werkstoffen, als auch bei martensitischen Werkstoffen

wie dem DIN 1.4542 verwendet, und ist noch heute in den internationalen Normen für diesen Werkstoff vorgeschrieben.

Der bewusste Schritt auf eine Stabilisierung in diesem Legierungssystem zu verzichten ist eine der wesentlichen erfindungsgemäßen Maßnahmen, die es erlaubt einen Werkstoff mit dem erfindungsgemäßen Eigenschaftsprofil und mit den genannten Herstellmöglichkeiten zu realisieren.

10 Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung beispielhaft erläutert.

Es zeigen dabei:

15 Tabelle 1 die chemische Analyse der Normwerkstoffe, basierend auf EN 10088-3 im Vergleich zum erfindungsgemäßen Werkstoff (15-5MOD);

20 Tabelle 2 die mechanischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Werkstoffs in Querrichtung bei einer Aushärtung bei 520°C;

25 Tabelle 3 die mechanischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Werkstoffs in Querrichtung bei einer Aushärtung bei 485°C;

Tabelle 4 die mechanischen Eigenschaften eines nicht erfindungsgemäßen Normwerkstoffs in Querrichtung;

30 Tabelle 5 die mechanischen Eigenschaften eines weiteren Normwerkstoffs in Querrichtung;

Tabelle 6 die mechanischen Eigenschaften eines weiteren Normwerkstoffs in Querrichtung;

Tabelle 7 die mechanischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Werkstoffs in Querrichtung bei einer Aushärtung bei 450°C;

5

Tabelle 8 die Beständigkeit gegen abtragende Korrosion anhand von Zugversuchskennwerten der untersuchten Proben und der Massenverlust der Normwerkstoffe und des erfindungsgemäßen Werkstoffs im Vergleich.

10

Tabelle 1 zeigt eine Gegenüberstellung aller genannten Werkstoffe im Vergleich zum erfindungsgemäßen Werkstoff (15-5MOD). Der erfindungsgemäße Werkstoff wurde konventionell erschmolzen und es wurden mehrere Flachstäbe mit der Abmessung 640 x 540 mm durch Schmieden hergestellt. Nach dem Schmieden wird der Werkstoff bei 950°C lösungsgeglüht, gehärtet und anschließend ausgehärtet.

15

20

Die Aushärtetemperaturen betragen in einem Fall 485°C und im anderen Fall 520°C.

Nach der Wärmebehandlung werden die Stäbe mittig geteilt und in den Zonen Boden, Mitte und Schopf in Querrichtung vollständig mechanisch erprobt.

25

Die mechanische Erprobung besteht hierbei aus einem Zugversuch bei Raumtemperatur, ein Kerbschlagversuch (Charpy V-Notch) bei Raumtemperatur und ein Kerbschlagversuch (Charpy V-Notch) bei -40°C.

30

Die Analyse gemäß Tabelle 1 zeigt, dass im Sollzustand des erfindungsgemäßen Stahlwerkstoffes insbesondere die Mangan- und Phosphorgehalte zurückgenommen sind, insbesondere auch der Schwefelgehalt. Der Chromgehalt liegt zwischen dem der Werk-

stoffe DIN 1.4313 und DIN 1.4418, wobei jedoch letztlich der Stickstoffgehalt besonders niedrig ist und zudem Kupfer vorhanden ist.

- 5 Die mechanischen Eigenschaften in den beiden Aushärtzuständen sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt und zeigen, dass sich die Festigkeit um ca. 100 MPa unterscheidet und mit den festgelegten Wärmebehandlungen eine Dehngrenze von ca. 1000 bzw. 1100 MPa erreicht werden können. Die Besonderheit am erfindungsgemäßen Werkstoff ist jedoch ein beeindruckend hohes Zähigkeitsniveau auch bei tiefen Temperaturen.

Diese hervorragende Eigenschaftskombination ist auf die erfindungsgemäße Erkenntnis zurückzuführen, dass Delta-Ferrit durch
15 passende Analysenauslegung weitestgehend vermieden werden kann. Weiters ist bei der Erfindung die Höchstmenge an Niob stark beschränkt, so dass eine Niobstabilisierung ausscheidet und die Niobgehalte so niedrig sind, dass Zähigkeitsvermindernde Hartphasen vermieden werden.

20

Zum Vergleich sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 Vergleichsdaten der Werkstoffe DIN 1.4313 und DIN 1.4418 aufgeführt, wobei diese ebenfalls aus Schmiedestäben im gleichen Abmessungsbereich ermittelt wurden.

25

Der erfindungsgemäße Stahlwerkstoff weist dabei die beste Kombination aus Festigkeit und Zähigkeit auf.

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse von einem kleineren DIN 1.4542
30 Schmiedestab mit den Abmessungen 520 x 280, der bei gleicher Festigkeit nur noch einen Bruchteil der Zähigkeit erreicht.

Im Rahmen der Entwicklung des erfindungsgemäßen Werkstoffes 15-5MOD wurde auch das mit der festgelegten Analyse maximal

erzielbare Festigkeitspotenzial untersucht. Dabei zeigte sich, dass durch eine Absenkung der Aushärtetemperatur auf 450°C eine weitere Festigkeitserhöhung auf eine Dehngrenze von ca. 1177 - 1190 MPa erzielen lässt. In diesem höchstfesten Zustand ist die mittels Kerbschlagversuch bei -40°C ermittelte Zähigkeit naturgemäß gegenüber einer Aushärtung bei 485°C verringert, allerdings zeigt der Werkstoff mit 20J bis 78J (Tabelle 7) ein noch immer um ein Vielfaches höheres Kerbschlagarbeitsniveau als der Werkstoff DIN 1.4542 bei um mehr als 100MPa höherer Dehngrenze, sodass auch dieser WBH Zustand trotz geringerer Tieftemperaturzähigkeit als äußerst praxisrelevant anzusehen ist.

Da der Werkstoff neben einer hohen Festigkeit und hiermit verbunden einer hohen Zähigkeit auch eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit aufweisen muss, wurden auch zusätzliche Korrosionsuntersuchungen durchgeführt.

Ermittelt wurde der Masseverlust bei abtragender Korrosion in 20%-iger Essigsäure, die mit Schwefelsäure auf pH = 1,6 angesäuert wurde. Die Prüfdauer beträgt 24 Stunden. Die Ergebnisse (Tabelle 8) zeigen, dass die Werkstoffe DIN 1.4418, DIN 1.4542 und der erfindungsgemäße Werkstoff kaum Abtrag zeigen und die Korrosionsbeständigkeit unter diesen Bedingungen als gleichwertig eingestuft werden kann. Der Werkstoff DIN 1.4313 zeigt erwartungsgemäß aufgrund seines geringeren Legierungsgehaltes signifikanten Masseverlust. Hierbei wird besonders deutlich, dass der erfindungsgemäße Werkstoff es vermag, sowohl die Festigkeit als auch die Zähigkeit noch einmal zu verbessern bei einer gleichbleibenden Korrosionsbeständigkeit.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, den Werkstoff mit einer Analyse entsprechend Tabelle 1 konventionell zu großen Blockformaten bis > 10 t zu erschmelzen.

Anschließend wird das Material im Bereich von 800 bis 1250°C umgeformt, gefolgt von einer Wärmebehandlung.

- 5 Die Wärmebehandlung besteht aus einem Lösungsglühen bei 850 bis 1050°C, einem anschließenden Härten, einem anschließenden Abkühlen und Aushärten bei 450 bis 600°C, bevorzugt wird der Temperaturbereich 450 bis 520°C beim Anstreben einer maximalen Festigkeit.

10

Das Gefüge des erfindungsgemäßen Materials besteht anschließend aus Martensit mit maximal 1% Delta-Ferrit, wobei es frei von primären Hartphasen (vor allen Dingen auf Basis Niob, Tantal, Titan, Vanadium) ist, wobei der Anlass-Austenitgehalt maximal 8% beträgt.

15

Das erfindungsgemäße Material wird primär für korrosionsbeständige Pumpenblöcke verwendet, kann aber auch im allgemeinen Maschinen- und Apparatebau verwendet werden.

20

Erfindungsgemäß kann bei gesteigerten Anforderungen an die Ermüdungsfestigkeit, insbesondere bei Aggregaten, die dynamisch stark belastet sind oder bei sicherheitskritischen Konstruktionsteilen in der Luft- und Raumfahrtindustrie, das Material auch als hochreine Umschmelzgüte entsprechend dem ESU- oder VLBO-Verfahren erzeugt werden. Durch die mit dem Umschmelzen verbundene Reinheitsgradverbesserung ergeben sich die hinreichlich bekannten Verbesserungen der Ermüdungseigenschaften durch Absenken der Defektgrößen im Werkstoff.

25

30

Bei der Erfindung ist von Vorteil, dass durch eine sehr genaue Analysenführung einerseits und andererseits durch eine Umstellung der Analyse und die Verminderung des Delta-Ferrits und primärer Hartphasen ein Werkstoff geschaffen wird,

der sehr hohe Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit in einer Weise erreicht, die zuvor nicht miteinander kombinierbar gewesen wäre.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Stahlwerkstoffes, insbesondere
5 re eines korrosionsbeständigen Stahlwerkstoffes für Pumpen und
dergleichen, wobei ein Stahl entsprechend der folgenden Analyse
(in Gew-%) erschmolzen wird:

C < 0,050;
10 Si < 0,70;
Mn < 1,00;
P < 0,030;
S < 0,010;
Cr = 14-15,50;
15 Mo = 0,30-0,60;
Ni = 4,50-5,50;
V < 0,20;
W < 0,20;
Cu = 2,50-4,00;
20 Co < 0,30;
Ti < 0,05;
Al < 0,05;
Nb < 0,05;
Ta < 0,05;
25 N < 0,05;

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass der Werkstoff konventionell oder ESU oder VLBO erschmolzen
wird und bei 800°C bis 1250°C umgeformt wird, wobei eine
Wärmebehandlung folgt mit einem Lösungsglühen bei 850°C bis
1050°C, gefolgt von einem Härten, Abkühlen und einem Aushärten

bei 450°C bis 600°C, vorzugsweise 450°C bis 520°C je nach benötigten mechanischen Eigenschaften.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

5 dadurch gekennzeichnet,

dass der Werkstoff mit der folgenden Analyse erschmolzen wird:

$C \leq 0,030;$

$Si \leq 0,40;$

10 $Mn \leq 0,60;$

$P \leq 0,025;$

$S \leq 0,005;$

$Cr = 14,20-14,60$

$Mo \leq 0,30-0,45;$

15 $Ni \leq 4,80-5,20;$

$V < 0,10;$

$W < 0,10;$

$Cu = 3,00-3,70;$

$Co < 0,15;$

20 $Ti < 0,010;$

$Al < 0,030;$

$Nb < 0,02;$

$Ta < 0,02;$

$N < 0,02;$

25

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

30 dass der Niobgehalt so niedrig ist, dass zähigkeitsvermindernde Hartphasen vermieden werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Wärmebehandlung, das Härten, das Abkühlen und Aushärten so durchgeführt werden, dass das Gefüge anschließend aus Martensit mit maximal 1% Deltaferrit besteht und frei von primären Hartphasen ist, wobei der Anlass-Austenitgehalt maximal 8% beträgt.

6. Werkstoff insbesondere zur Herstellung von Pumpen oder dergleichen, insbesondere Stahlwerkstoff hergestellt nach einem Verfahren der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stahlwerkstoff die folgende Analyse aufweist:

C < 0,050;

Si < 0,70;

Mn < 1,00;

P < 0,030;

S < 0,010;

Cr = 14-15,50;

Mo = 0,30-0,60;

Ni = 4,50-5,50;

V < 0,20;

W < 0,20;

Cu = 2,50-4,00;

Co < 0,30;

Ti < 0,05;

Al < 0,05;

Nb < 0,05;

Ta < 0,05;

N < 0,05.

7. Werkstoff nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Werkstoff die folgende Analyse besitzt:

- C $\leq$ 0,030;
Si $\leq$ 0,40;
Mn $\leq$ 0,60;
P $\leq$ 0,025;
5 S $\leq$ 0,005;
Cr = 14,20-14,60;
Mo $\leq$ 0,30-0,45;
Ni $\leq$ 4,80-5,20;
V < 0,10;
10 W < 0,10;
Cu = 3,00-3,70;
Co < 0,15;
Ti < 0,010;
Al < 0,030;
15 Nb < 0,02;
Ta < 0,02;
N < 0,02;
8. Werkstoff nach Anspruch 6 oder 7,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass das Gefüge des Werkstoffs aus Martensit mit maximal 1% Deltaferrit besteht, wobei das Gefüge frei von primären Hartphasen, insbesondere auf Basis Niob, Tantal, Titan oder Vanadium ist und der Anlass-Austenitgehalt maximal 8% beträgt.
- 25 9. Werkstoff nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Material konventionell oder in ESU- oder in VLBO-Verfahren erschmolzen ist.
- 30 10. Werkstoff nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet,
dass das Material bei einer Aushärtetemperatur von 520°C eine Dehngrenze von ca. 1000 MPa bei einer Zähigkeit bei -40°C von

über 70 J erreicht und bei einer Aushärtetemperatur von 485°C eine Dehngrenze von ca. 1100 MPa bei einer Zähigkeit bei -40°C von über 60 J erreicht.

Tab.1 chemische Analyse der Normwerkstoffe (basierend auf EN 10088-3) im Vergleich zum neuen Werkstoff 15-5MOD

Legierung	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	Cu	Co	Ti	Al	Ta	Nb	N
Beispiel 15-5MOD	0,020	0,25	0,43	0,020	0,0004	14,30	0,38	5,10	0,08	< 0,05	3,18	< 0,05	< 0,0050,010	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0084
15-5MOD	< 0,050	< 0,70	< 1,00	< 0,030	< 0,010	14,00 - 15,50	0,30 - 0,60	4,50 - 5,50	< 0,20	< 0,20	2,50 - 4,00	< 0,30	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
DIN 1.4313	< 0,05	< 0,70	< 1,50	< 0,040	< 0,015	12,0 - 14,0	0,30 - 0,70	3,50 - 4,50									≥ 0,020
DIN 1.4418	< 0,06	< 0,70	< 1,50	< 0,040	< 0,030	15,0 - 17,0	0,80 - 1,30	4,0 - 6,0									≥ 0,020
DIN 1.4542	< 0,07	< 0,70	< 1,50	< 0,040	< 0,030	15,0 - 17,0	< 0,60	3,0 - 5,0			3,0 - 5,0					5x C bis 0,45	

Fig. 1

Tab.2 mechanische Erprobung 15-5MOD in Querrichtung,
640x540mm, Aushärtung bei 520°C

Härten	Aushärten	Block- zone	Proben- lage	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₄ [%]	Z [%]	Zähigkeit A _v (20°C)	Zähigkeit A _v (-40°C)	Deltaferrit nach AMS 2315 (R-Z) [%]
950°C		S	R	1050	1022	20,3	69,4	200 / 196 / 201	107 / 129 / 116	0
			1/2 R	1048	1019	15,4	55,7	207 / 205 / 200	195 / 122 / 98	0
			Z	1047	1016	15,1	53,7	202 / 200 / 206	201 / 201 / 200	0
	520°C	M	R	1037	1011	17,6	70,3	209 / 209 / 202	201 / 203 / 206	0
			1/2 R	1053	1022	15,6	55,6	198 / 201 / 188	137 / 175 / 187	0
			Z	1046	1015	14,5	49,8	176 / 190 / 185	179 / 69 / 135	0
		B	R	1049	1016	17,6	65,7	208 / 209 / 210	202 / 196 / 201	0
			1/2 R	1041	1013	15,6	56,1	206 / 207 / 194	177 / 204 / 179	0
			Z	1026	997	15,0	50,1	199 / 206 / 191	189 / 179 / 191	0

Fig. 2

Tab.3 mechanische Erprobung 15-5MOD in Querrichtung, 640x540mm, Aushärtung bei 485°C

Härten	Aushärten	Block-zone	Proben-lage	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₄ [%]	Z [%]	Zähigkeit A _v (20°C)	Zähigkeit A _v (-40°C)	Deltaf errit nach AMS 2315 (R-Z) [%]
950°C	S		R	1133	1094	16,9	63,8	183 / 181 / 175	174 / 136 / 99	0
			1/2 R	1137	1095	15,6	56,3	178 / 147 / 185	120 / 100 / 71	0
			Z	1137	1096	14,8	55,9	173 / 170 / 182	146 / 118 / 83	0
	M		R	1147	1105	14,1	60,9	167 / 160 / 184	160 / 175 / 168	0
			1/2 R	1148	1103	15,2	55,8	159 / 171 / 179	71 / 100 / 82	0
			Z	1147	1101	14,1	47,1	165 / 160 / 170	97 / 123 / 100	0
	B		R	1141	1098	16,5	62,2	173 / 178 / 162	166 / 129 / 100	0
			1/2 R	1132	1092	14,2	58,6	167 / 176 / 171	122 / 118 / 156	0
			Z	1119	1077	14,8	51,1	160 / 172 / 163	109 / 147 / 123	0

Fig. 3

Tab.4 mechanische Erprobung DIN 1.4418, 640x540mm, in Querrichtung

Härten	Aushärten	Block- zone	Proben- lage	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₄ [%]	Z [%]	Zähigkeit A _v (20°C)	Zähigkeit A _v (-40°C)	Deltaferrit nach AMS 2315 (R-Z) [%]
950°C	515°C	S	R	1087	1025	18,5	65,0	145 / 147 / 160	131 / 137 / 136	0
			Z	1089	1014	18,0	56,3	133 / 163 / 154	79 / 69 / 87	1,5
		M	R	1108	1042	21,7	61,7	154 / 144 / 145	123 / 114 / 98	0
			Z	1108	1021	22,3	64,1	155 / 161 / 150	86 / 75 / 38	0,5
		B	R	1042	1016	18,2	63,2	152 / 137 / 156	119 / 122 / 113	0
			Z	1021	1006	17,3	62,1	158 / 146 / 146	115 / 124 / 111	0,2

Fig. 4

Tab.5 mechanische Erprobung DIN 1.4313, 640x540mm, in Querrichtung

Härten	Aushärten	Block- zone	Proben- lage	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₄ [%]	Z [%]	Zähigkeit A _v (20°C)	Zähigkeit A _v (-40°C)	Deltaf errit nach AMS 2315 (R-Z) [%]
950°C		S	R	1108	976	20,6	67,0	227 / 229 / 220	26 / 35 / 87	0
			1/2 R	1100	975	19,3	67,1	220 / 217 / 215	25 / 16 / 18	0
			Z	1086	936	20,9	67,4	217 / 219 / 227	24 / 22 / 48	0
	475°C	M	R	1114	955	22,2	72,6	235 / 233 / 234	16 / 14 / 16	0
			1/2 R	1121	975	20,0	64,9	224 / 137 / 230	17 / 20 / 12	0
			Z	1121	974	18,7	64,7	100 / 211 / 169	10 / 14 / 34	0
		B	R	1093	941	22,2	73,2	212 / 199 / 222	22 / 38 / 14	0
			1/2 R	1100	956	20,7	66,7	224 / 223 / 225	16 / 20 / 12	0
			Z	1114	968	20,2	65,0	244 / 165 / 235	30 / 16 / 22	0

Fig. 5

Tab.6 mechanische Erprobung DIN 1.4542, Abmessung 520x280mm in Querrichtung

Härten	Aushärten	Block-zone	Proben-lage	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₄ [%]	Z [%]	Zähigkeit A _v (20°C)	Zähigkeit AV (-40°C)	Deltaferrit nach AMS 2315 (R-Z) [%]
1040°C	580°C	M	R 1/2 R Z	1120 1121 1115	1051 1012 993	20,6 17,1 17,4	52,7 44,4 44,0	29 / 26 / 24 22 / 19 / 16 14 / 14 / 13	10 / 8 / 7 11 / 8 / 7 6 / 8 / 5	< 0,5

Fig. 6

Tab.7 mechanische Erprobung 15-5MOD in Querrichtung, 640x540mm, Aushärtung bei 450°C

Härten	Aushärten	Block-zone	Proben-lage	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A ₄ [%]	Z [%]	Zähigkeit AV (-40°C)	Deltaferrit nach AMS 2315 (R-Z) [%]
950°C	450°C	S	1/2 R	1309 1303	1190 1177	15,1 15,2	65,5 71,0	20 / 27 / 33 49 / 63 / 78	< 0,5

Fig. 7

Tab.8 Beständigkeit gegen abtragende Korrosion:
Zugversuchskennwerte der untersuchten Proben und Massenverlust
Medium: siedende 20%ige Essigsäure, Prüfdauer 24h,
PH = 1,6 (angesäuert mit H2SO4)

Werkstoff	Rm	Rp0,2%	A4	Z
DIN 1.4313	1113	942	19,3	69,1
DIN 1.4418	1085	984	18,7	44,7
15-5MOD, 485°C	1119	1071	19,3	73,3
15-5MOD, 520°C	1056	1006	17,2	67,1
DIN 1.4542	1108	1068	16,8	68,4

Werkstoff	Masse vor der Prüfung [g]	Masse nach der Prüfung [g]	Massenverlust [g]	Ergebnis in g/m²h
DIN 1.4313	23,10668	22,63705	0,46963	11,01
	23,07869	22,59528	0,48341	11,18
DIN 1.4418	23,97674	23,97674	0,00000	0,00
	23,72929	23,72836	0,00093	0,02
15-5MOD, 485°C	23,31939	23,31901	0,00038	0,01
	23,68716	23,68672	0,00044	0,01
15-5MOD, 520°C	23,65176	23,64804	0,00372	0,09
	23,28609	23,28269	0,00340	0,08
DIN 1.4542	22,65869	22,65829	0,00040	0,01
	22,70889	22,70855	0,00034	0,01

Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/061290

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER				
INV.	C22C38/02	C21D8/02	C21D1/18	C21D1/26
	C22C38/06	C22C38/08	C22C38/10	C22C38/16
	C22C38/42	C22C38/44	C22C38/46	C21D6/00
C22C38/04 C22C38/18				
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) C22C C21D				
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 practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages			Relevant to claim No.
X	EP 0 649 915 A1 (NIPPON KOKAN KK [JP]) 26 April 1995 (1995-04-26) page 7, line 10 - line 13; claims 1-41; tables 1-3, 4			1-10
A	US 3 622 307 A (CLARKE WILLIAM C JR) 23 November 1971 (1971-11-23) claims 1-15; table I(A)			1-10
A	EP 0 742 289 A1 (DAIDO STEEL CO LTD [JP]) 13 November 1996 (1996-11-13) the whole document			1-10
A	EP 0 257 780 A2 (CRUCIBLE MATERIALS CORP [US]) 2 March 1988 (1988-03-02) the whole document			1-10
	----- -/-			
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family 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 application or patent 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 26 June 2017			Date of mailing of the international search report 04/07/2017	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016			Authorized officer Pircher, Ernst	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/061290

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 00/53821 A1 (CRS HOLDINGS INC [US]; MARTIN JAMES W [US]; SCHMITT ROLAND E [US]; GOW) 14 September 2000 (2000-09-14) the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/061290

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0649915	A1	26-04-1995	DE 69429610 D1 14-02-2002
		DE 69429610 T2 14-08-2002	
		EP 0649915 A1 26-04-1995	
		US 5496421 A 05-03-1996	
US 3622307	A	23-11-1971	DE 1924596 A1 27-11-1969
		FR 2008609 A1 23-01-1970	
		GB 1269342 A 06-04-1972	
		US 3622307 A 23-11-1971	
EP 0742289	A1	13-11-1996	DE 69601045 D1 14-01-1999
		DE 69601045 T2 27-05-1999	
		EP 0742289 A1 13-11-1996	
		JP 3446394 B2 16-09-2003	
		JP H08311619 A 26-11-1996	
		US 5630983 A 20-05-1997	
EP 0257780	A2	02-03-1988	CA 1330629 C 12-07-1994
		DE 3782122 D1 12-11-1992	
		DE 3782122 T2 18-02-1993	
		EP 0257780 A2 02-03-1988	
		ES 2035070 T3 16-04-1993	
		GR 3006414 T3 21-06-1993	
		JP H0372700 B2 19-11-1991	
		JP S6353246 A 07-03-1988	
		US 4769213 A 06-09-1988	
WO 0053821	A1	14-09-2000	AT 278047 T 15-10-2004
		AU 3515600 A 28-09-2000	
		BR 0010403 A 08-01-2002	
		CA 2362123 A1 14-09-2000	
		CZ 20013225 A3 16-10-2002	
		DE 60014331 D1 04-11-2004	
		DE 60014331 T2 09-02-2006	
		EP 1159462 A1 05-12-2001	
		ES 2228483 T3 16-04-2005	
		IL 145175 A 31-08-2005	
		JP 2002538311 A 12-11-2002	
		KR 100437960 B1 01-07-2004	
		MX PA01009062 A 27-03-2002	
		PL 350819 A1 10-02-2003	
		RU 2244038 C2 10-01-2005	
		TW 541346 B 11-07-2003	
		US 6576186 B1 10-06-2003	
		WO 0053821 A1 14-09-2000	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C22C38/02	C21D8/02
	C22C38/06	C22C38/08
	C22C38/42	C22C38/44
		C21D1/18
		C22C38/10
		C22C38/46
		C21D1/26
		C22C38/16
		C22C38/04
		C22C38/18
		C21D6/00
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
C22C C21D		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 649 915 A1 (NIPPON KOKAN KK [JP]) 26. April 1995 (1995-04-26) Seite 7, Zeile 10 - Zeile 13; Ansprüche 1-41; Tabellen 1-3, 4	1-10
A	US 3 622 307 A (CLARKE WILLIAM C JR) 23. November 1971 (1971-11-23) Ansprüche 1-15; Tabelle I(A)	1-10
A	EP 0 742 289 A1 (DAIDO STEEL CO LTD [JP]) 13. November 1996 (1996-11-13) das ganze Dokument	1-10
A	EP 0 257 780 A2 (CRUCIBLE MATERIALS CORP [US]) 2. März 1988 (1988-03-02) das ganze Dokument	1-10
	-/-	
☒ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. Juni 2017		04/07/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Pircher, Ernst

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 00/53821 A1 (CRS HOLDINGS INC [US]; MARTIN JAMES W [US]; SCHMITT ROLAND E [US]; GOW) 14. September 2000 (2000-09-14) das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/061290

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0649915	A1	26-04-1995	DE 69429610 D1 14-02-2002
			DE 69429610 T2 14-08-2002
			EP 0649915 A1 26-04-1995
			US 5496421 A 05-03-1996
US 3622307	A	23-11-1971	DE 1924596 A1 27-11-1969
			FR 2008609 A1 23-01-1970
			GB 1269342 A 06-04-1972
			US 3622307 A 23-11-1971
EP 0742289	A1	13-11-1996	DE 69601045 D1 14-01-1999
			DE 69601045 T2 27-05-1999
			EP 0742289 A1 13-11-1996
			JP 3446394 B2 16-09-2003
			JP H08311619 A 26-11-1996
			US 5630983 A 20-05-1997
EP 0257780	A2	02-03-1988	CA 1330629 C 12-07-1994
			DE 3782122 D1 12-11-1992
			DE 3782122 T2 18-02-1993
			EP 0257780 A2 02-03-1988
			ES 2035070 T3 16-04-1993
			GR 3006414 T3 21-06-1993
			JP H0372700 B2 19-11-1991
			JP S6353246 A 07-03-1988
			US 4769213 A 06-09-1988
WO 0053821	A1	14-09-2000	AT 278047 T 15-10-2004
			AU 3515600 A 28-09-2000
			BR 0010403 A 08-01-2002
			CA 2362123 A1 14-09-2000
			CZ 20013225 A3 16-10-2002
			DE 60014331 D1 04-11-2004
			DE 60014331 T2 09-02-2006
			EP 1159462 A1 05-12-2001
			ES 2228483 T3 16-04-2005
			IL 145175 A 31-08-2005
			JP 2002538311 A 12-11-2002
			KR 100437960 B1 01-07-2004
			MX PA01009062 A 27-03-2002
			PL 350819 A1 10-02-2003
			RU 2244038 C2 10-01-2005
			TW 541346 B 11-07-2003
			US 6576186 B1 10-06-2003
			WO 0053821 A1 14-09-2000