



(11)

EP 3 458 623 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.07.2023 Patentblatt 2023/27

(21) Anmeldenummer: **17724522.2**

(22) Anmeldetag: **11.05.2017**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

C22C 38/00 (2006.01)	C22C 38/48 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)	C22C 38/52 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)	C21D 1/18 (2006.01)
C21D 1/26 (2006.01)	C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)	C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)	C21D 6/00 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**C21D 6/008; C21D 1/18; C21D 1/26; C21D 6/004;
C21D 6/005; C21D 6/007; C22C 38/001;
C22C 38/002; C22C 38/02; C22C 38/04;
C22C 38/42; C22C 38/44; C22C 38/46;
C22C 38/48; C22C 38/50;** (Forts.)

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2017/061290

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2017/198530 (23.11.2017 Gazette 2017/47)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES STAHLWERKSTOFFS UND STAHLWERKSSTOFF**

METHOD FOR PRODUCING A STEEL MATERIAL, AND STEEL MATERIAL

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN MATÉRIAU ACIER ET MATÉRIAU ACIER

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **19.05.2016 DE 102016109253**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.03.2019 Patentblatt 2019/13

(73) Patentinhaber: **voestalpine BÖHLER Edelstahl
GmbH & Co KG
8605 Kapfenberg (AT)**

(72) Erfinder:

- **PERKO, Jochen
8691 Kapellen (AT)**
- **HASPEL, Michael
8605 Kapfenberg (AT)**

- **SCHÜTZ, Patric
8700 Leoben (AT)**

(74) Vertreter: **HGF**

**HGF Europe LLP
Neumarkter Straße 18
81673 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 0 649 915	EP-A1- 0 742 289
EP-A2- 0 257 780	WO-A1-00/53821
US-A- 3 622 307	

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 458 623 B1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
C22C 38/52; C21D 2211/001; C21D 2211/005;
C21D 2211/008

Beschreibung

[0001] 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.

[0002] 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.

[0003] Diese Stähle werden aufgrund des recht geringen Preisniveaus einerseits aber aufgrund des sehr hohen Bedarfs am Weltmarkt weitestgehend konventionell erschmolzen.

[0004] Werkstoffe, die mit entsprechenden Umschmelzverfahren (ESU oder VLBO) erzeugt werden, können aus Gründen des geringen Preisniveaus und des weltweiten Bedarfs nicht flächendeckend verwendet werden.

[0005] Um Pumpenblöcke herzustellen, werden sehr große Blockformate benötigt, so dass die Gussgewichte häufig größer 10 t betragen. 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, da Seigerungen Ausgangspunkt von mechanischen Inhomogenitäten und gegebenenfalls Rissen sein können. Darüber hinaus kann es im Bereich von Seigerungen zu abweichenden Korrosionsbeständigkeitseigenschaften kommen.

[0006] 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. Dieses hohe Zähigkeitsniveau ist aufgrund der in Pumpen auftretenden Kavitation erforderlich.

[0007] Der Werkstoff DIN 1.4542 kann bei gleicher Dehngrenze dieses Zähigkeitsniveau nicht annähernd erreichen und verbleibt üblicherweise bei nur einstelligen Kerbschlagarbeitswerten bei -40°C.

[0008] 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 kupferrhärtender Werkstoff ist.

[0009] Aus der EP 0649 915 A1 ist ein martensitischer Stahlwerkstoff bekannt, der nicht mehr als 10% Deltaferrit und feine Kupferrhärtungen in der Matrix enthält. Der Stahlwerkstoff zeichnet sich durch gute Anti-Spannungskorrosionseigenschaften und eine hohe Härte aus.

[0010] 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.

[0011] Die Aufgabe wird mit einem Verfahren zum Herstellen eines Stahlwerkstoffs mit den Merkmalen des Anspruchs 2 gelöst.

[0012] Es ist eine weitere Aufgabe einen Stahlwerkstoff zu schaffen, der entsprechend gleichartige oder höhere Festigkeiten als bekannte Stähle besitzt, jedoch ein höheres Zähigkeitsniveau und eine bessere Korrosionsbeständigkeit besitzt.

[0013] Die Aufgabe wird mit einem Stahlwerkstoff mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0014] 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 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.

[0015] 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 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 erfindungsgemäßen Werkstoffes in hoher Festigkeit für Luft- und Raumfahrtanwendungen von großer Bedeutung.

[0016] Um erfindungsgemäß derartige Werkstoffeigenschaften zu erzeugen, muss die nickelmartensitisch sekundärhärtende Arbeitsweise einerseits und die nickelmartensitisch kupferrhärtende Arbeitsweise andererseits verlassen werden und ein neuer Weg eingeschlagen werden.

[0017] Erfindungsgemäß wird bei dem neuen Stahlwerkstoff Kupfer zum Aushärten verwendet. Die Erfinder haben erkannt, dass Delta-Ferit als Gefügebestandteil die Zähigkeit vermindert, wobei durch ein optimales Ver-

hältnis der Austenit- zu Ferrit stabilisierenden Elemente diese Phase möglichst minimiert wird und herstellbedingt alles unternommen wird, um die Delta-Ferrit-Phase durch geeignete Gießtechnologie und Verformung bei optimierter Temperatur gering zu halten.

[0018] Eine Niobstabilisierung, wie sie beispielsweise im DIN 1.4542 verwendet wird, wird vollkommen vermieden, so dass erfindungsgemäß keine groben Primärkarbide gebildet werden.

[0019] Die Erfinder haben erkannt, dass Werkstoffkonzepte wie der DIN 1.4542 aus einer Zeit stammen, in der die Anlagentechnik in der Schmelzmetallurgie es noch nicht gesichert ermöglichte, den Kohlenstoffgehalt von hochchromhaltigen Schmelzen zu reduzieren.

[0020] Aus diesem Grund wurde häufig der Weg gegangen, den für die Korrosionsbeständigkeit schädlichen Kohlenstoff durch starke Karbidbildner wie Titan oder Niob durch die Bildung von Monokarbid 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.

[0021] 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.

[0022] Die Erfindung betrifft somit einen Stahlwerkstoff zur Herstellung von Pumpen oder dergleichen, wobei der Stahlwerkstoff die Analyse laut Anspruch 1 aufweist, wobei das Gefüge des Stahlwerkstoffs 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.

[0023] Es ist vorgesehen, 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, wobei die Werte der mechanischen Eigenschaften auf Messungen in Querrichtung bezogen sind.

[0024] Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Stahlwerkstoffes für Pumpen und dergleichen wobei ein Stahlwerkstoff entsprechend der Analyse gemäß Anspruch 2 erschmolzen wird, wobei der Stahlwerkstoff konventionell oder in Elektroschlackeum-schmelz- oder in Vakuumlichtbogen-Verfahren 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 520°C je nach benötigten mechanischen Eigenschaften.

[0025] Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung bei-

spielhaft erläutert.

[0026] Es zeigen dabei:

5	Tabelle 1	die chemische Analyse der Normwerkstoffe, basierend auf EN 10088-3 im Vergleich zum erfindungsgemäßen Werkstoff (15-5MOD);
	Tabelle 2	die mechanischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Werkstoffs in Querrichtung bei einer Aushärtung bei 520°C;
10	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;
15	Tabelle 5	die mechanischen Eigenschaften eines weiteren Normwerkstoffs in Querrichtung;
	Tabelle 6	die mechanischen Eigenschaften eines weiteren Normwerkstoffs in Querrichtung;
20	Tabelle 7	die mechanischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen Werkstoffs in Querrichtung bei einer Aushärtung bei 450°C;
	Tabelle 8	die Beständigkeit gegen abtragende Korrosion anhand von Zugversuchskennwerten der untersuchten Proben und der Massenverlust der Normwerkstoffe und des erfindungsgemäßen Werkstoffs im Vergleich.
25		

30 **[0027]** 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.

35 **[0028]** Die Aushärtetemperaturen betragen in einem Fall 485°C und im anderen Fall 520°C.

40 **[0029]** Nach der Wärmebehandlung werden die Stäbe mittig geteilt und in den Zonen Boden, Mitte und Schopf in Querrichtung vollständig mechanisch erprobt.

45 **[0030]** 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.

[0031] 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 Werkstoffe DIN 1.4313 und DIN 1.4418, wobei jedoch letztlich der Stickstoffgehalt besonders niedrig ist und zudem Kupfer vorhanden ist.

55 **[0032]** Die mechanischen Eigenschaften in den beiden Aushärtezuständen sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt und zeigen, dass sich die Festigkeit um ca. 100 MPa unterscheidet und mit den festgelegten Wärmebe-

handlungen 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.

[0033] Diese hervorragende Eigenschaftskombination ist auf die erfindungsgemäße Erkenntnis zurückzuführen, dass Delta-Ferrit durch 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.

[0034] 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.

[0035] Der erfindungsgemäße Stahlwerkstoff weist dabei die beste Kombination aus Festigkeit und Zähigkeit auf.

[0036] Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse von einem kleineren DIN 1.4542 Schmiedestab mit den Abmessungen 520 x 280, der bei gleicher Festigkeit nur noch einen Bruchteil der Zähigkeit erreicht.

[0037] 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.

[0038] Da der Werkstoff neben einer hohen Festigkeit und hiermit verbunden einer hohen Zähigkeit auch eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit aufweisen muss, wurden auch zusätzliche Korrosionsuntersuchungen durchgeführt.

[0039] Ermittelt wurde der Masseverlust bei abtragen der 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 Festig-

keit als auch die Zähigkeit noch einmal zu verbessern bei einer gleichbleibenden Korrosionsbeständigkeit.

[0040] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, den Werkstoff mit einer Analyse entsprechend erster Zeile der Tabelle 1 konventionell zu großen Blockformaten bis > 10 t zu erschmelzen.

[0041] Anschließend wird das Material im Bereich von 800 bis 1250°C umgeformt, gefolgt von einer Wärmebehandlung.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] Das erfindungsgemäße Material wird primär für korrosionsbeständige Pumpenblöcke verwendet, kann aber auch im allgemeinen Maschinen- und Apparatebau verwendet werden.

[0045] 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.

[0046] 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. Stahlwerkstoff zur Herstellung von Pumpen oder dergleichen, **dadurch gekennzeichnet**,

dass der Stahlwerkstoff die folgende Analyse in Gew-% aufweist:

$$C \leq 0,030;$$

$$Si \leq 0,40;$$

$$\text{Mn} \leq 0,60;$$

$$\text{P} \leq 0,025;$$

$$\text{S} \leq 0,005;$$

$$\text{Cr} = 14,20-14,60;$$

$$\text{Mo} = 0,30-0,45;$$

$$\text{Ni} = 4,80-5,20;$$

$$\text{V} < 0,10;$$

$$\text{W} < 0,10;$$

$$\text{Cu} = 3,00-3,70;$$

$$\text{Co} < 0,15;$$

$$\text{Ti} < 0,010;$$

$$\text{Al} < 0,030;$$

$$\text{Nb} < 0,02;$$

$$\text{Ta} < 0,02;$$

$$\text{N} < 0,02;$$

Rest Eisen und unvermeidliche Verunreinigungen, wobei

das Gefüge des Stahlwerkstoffes 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, wobei der Stahlwerkstoff 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, wobei die Werte der mechanischen Eigenschaften auf Messungen in Querrichtung bezogen sind.

- 5 2. Verfahren zum Herstellen eines Stahlwerkstoffes für Pumpen und dergleichen nach Anspruch 1, wobei ein Stahlwerkstoff entsprechend der folgenden Analyse in Gew-% erschmolzen wird:

10

$$\text{C} \leq 0,030;$$

15

$$\text{Si} \leq 0,40;$$

$$\text{Mn} \leq 0,60;$$

20

$$\text{P} \leq 0,025;$$

$$\text{S} \leq 0,005;$$

25

$$\text{Cr} = 14,20-14,60$$

$$\text{Mo} = 0,30-0,45;$$

30

$$\text{Ni} = 4,80-5,20;$$

35

$$\text{V} < 0,10;$$

$$\text{W} < 0,10;$$

40

$$\text{Cu} = 3,00-3,70;$$

$$\text{Co} < 0,15;$$

45

$$\text{Ti} < 0,010;$$

50

$$\text{Al} < 0,030;$$

$$\text{Nb} < 0,02;$$

55

$$\text{Ta} < 0,02;$$

$$N < 0,02;$$

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Stahlwerkstoff konventionell oder in Elektroschlackeumschmelz- oder in Vakuumlichtbogen-Verfahren 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 520°C je nach benötigten mechanischen Eigenschaften.

5

10

15

Claims

1. Steel material for the manufacture of pumps or the like, **characterised in that** the steel material features the following analysis in wt%:

20

$$C \leq 0.030;$$

25

$$Si \leq 0.40;$$

$$Mn \leq 0.60;$$

30

$$P \leq 0.025;$$

35

$$S \leq 0.005;$$

$$Cr = 14.20-14.60;$$

40

$$Mo = 0.30-0.45;$$

$$Ni = 4.80-5.20;$$

45

$$V < 0.10;$$

50

$$W < 0.10;$$

$$Cu = 3.00-3.70;$$

55

$$Co < 0.15;$$

$$Ti < 0.010;$$

$$Al < 0.030;$$

$$Nb < 0.02;$$

$$Ta < 0.02;$$

$$N < 0.02;$$

remainder iron and unavoidable impurities, wherein the structure of the steel material consists of martensite with maximum 1% delta ferrite, wherein the structure is free of primary hard phases, in particular with a niobium, tantalum, titanium or vanadium base, and the temper austenite content is maximum 8%, wherein the steel material at a precipitation hardening temperature of 520°C attains a yield strength of approx. 1000 MPa with a toughness of more than 70 J at -40°C and at a precipitation hardening temperature of 485°C a yield strength of approx. 1100 MPa with a toughness of more than 60 J at -40°C, wherein the values of the mechanical properties are related to measurements in the transverse direction.

2. Method for manufacturing a steel material for pumps and the like according to claim 1, wherein a steel material corresponding to the following analysis in wt% is melted:

$$C \leq 0.030;$$

$$Si \leq 0.40;$$

$$Mn \leq 0.60;$$

$$P \leq 0.025;$$

$$S \leq 0.005;$$

$$Cr = 14.20-14.60$$

$$Mo = 0.30-0.45;$$

$$Ni = 4.80-5.20;$$

$V < 0.10;$
 $Cr = 14,20-14,60 ;$
 $W < 0.10;$

5

 $Mo = 0,30-0,45 ;$
 $Cu = 3.00-3.70;$
 $Ni = 4,80-5,20 ;$
 $Co < 0.15;$

10

 $V < 0,10 ;$
 $Ti < 0.010;$

15

 $W < 0,10 ;$
 $Al < 0.030;$
 $Cu = 3,00-3,70 ;$
 $Nb < 0.02;$

20

 $Co < 0,15 ;$
 $Ta < 0.02;$
 $Ti < 0,010 ;$
 $N < 0.02;$

25

 $Al < 0,030 ;$

remainder iron and impurities due to melting, **characterised in that** the steel material is melted conventionally or by the electroslag remelting process or the vacuum arc process and recast at 800°C to 1250°C, wherein heat treatment follows with solution annealing at 850°C to 1050°C, followed by hardening, cooling and precipitation hardening at 450°C to 520°C, depending on the required respective mechanical properties.

30

 $Nb < 0,02 ;$
 $Ta < 0,02 ;$

35

 $N < 0,02 ;$

Revendications

1. Matériau acier pour la fabrication de pompes ou équivalent, **caractérisé en ce que** que le matériau acier présente l'analyse suivante en % en poids :

40

 $C \leq 0,030 ;$

45

 $Si \leq 0,40 ;$

50

 $Mn \leq 0,60 ;$
 $P \leq 0,025 ;$

55

 $S \leq 0,005 ;$

le reste étant du fer et des impuretés inévitables, dans lequel

la structure du matériau acier est constituée de martensite avec au maximum 1 % de ferrite delta, la structure étant exempte de phases dures primaires, en particulier à base de niobium, de tantale, de titane ou de vanadium, et la teneur en austénite de revenu étant au maximum de 8 %, le matériau acier atteignant à une température de durcissement de 520 °C une limite d'élasticité d'environ 1000 MPa pour une ténacité à -40°C de plus de 70 J et atteignant à une température de durcissement de 485 °C une limite d'élasticité d'environ 1100 MPa pour une ténacité à -40°C de plus de 60 J, les valeurs des propriétés mécaniques se rapportant à des mesures dans le sens transversal.

2. Procédé de fabrication d'un matériau acier pour pompes et équivalent selon la revendication 1, dans lequel un matériau acier est fondu selon l'analyse suivante en % en poids :

$C \leq 0,030$;

$Si \leq 0,40$;

5

$Mn \leq 0,60$;

$P \leq 0,025$;

10

$S \leq 0,005$;

15

$Cr = 14,20-14,60$

$Mo = 0,30-0,45$;

20

$Ni = 4,80-5,20$;

$V < 0,10$;

25

$W < 0,10$;

30

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

$Co < 0,15$;

35

$Ti < 0,010$;

$Al < 0,030$;

40

$Nb < 0,02$;

45

$Ta < 0,02$;

$N < 0,02$;

50

traitement thermique est suivi d'un recuit de mise en solution de 850°C à 1050 °C, puis d'une trempe, d'un refroidissement et d'un durcissement de 450°C à 520°C, selon les propriétés mécaniques requises.

le reste étant du fer et des impuretés dues à la fusion,

caractérisé en ce que

le matériau acier est fondu de manière conventionnelle ou dans des procédés de refusion sous laitier électrique ou à l'arc sous vide et est déformé entre 800°C et 1250°C, dans lequel un

55

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	< 0,005 0,010 < 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 AV (-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
	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	485°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	475°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
		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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0649915 A1 [0009]