

(19)



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 407 882 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1232/99
(22) Anmeldetag: 15.07.1999
(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.2000
(45) Ausgabetag: 25.07.2001

(51) Int. Cl.⁷: **C22C 38/58**

(56) Entgegenhaltungen:

EP 0207068A2 EP 0249117A2 EP 0577898A1
US 4888153A WO 91/16469A1
DER STAHLSCHLÜSSEL, X1MUCRMOCU25-17-1
DER STAHLSCHLÜSSEL, X8CRMUMON18-18-2

(73) Patentinhaber:

SCHOELLER-BLECKMANN OILFIELD
TECHNOLOGY GMBH & CO. KG
A-2630 TERNITZ, NIEDERÖSTERREICH (AT).
BÖHLER EDELSTAHL GMBH.
A-1030 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

AIGNER HERBERT DIPL.ING.
BUCHBACH, NIEDERÖSTERREICH (AT).
HOCHÖRTLER GÜNTER DR.
KAPFENBERG, STEIERMARK (AT).
BERNAUER JOSEF DIPL.ING.
KAPFENBERG, STEIERMARK (AT).

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES PARAMAGNETISCHEN, KORROSIONSBESTÄNDIGEN WERKSTOFFES U.DGL. WERKSTOFFE MIT HOHER DEHNGRENZE, FESTIGKEIT UND ZÄHIGKEIT

AT 407 882 B

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen für eine Verwendung in der Ölfeldtechnik, insbesondere von Bohrstangen, Bohrstrangkomponenten sowie geschmiedete Formteile aus einem paramagnetischen, in Medien mit hoher Chloridkonzentration korrosionsbeständigen Werkstoff mit hoher Dehngrenze, Festigkeit und Zähigkeit.

Der Werkstoff der Bauteile besteht erfindungsgemäß aus einer Legierung mit einer Zusammensetzung in Gew.-%

max. 0,1 Kohlenstoff
0,21 bis 0,6 Silizium
17,0 bis 24,0 Chrom sowie
mehr als 20, jedoch weniger als 30 Mangan
mehr als 0,6, jedoch weniger als 1,4 Stickstoff
bis 2,5 Nickel
bis 1,9 Molybdän
max. 0,3 Kupfer
bis 0,002 Bor
bis 0,8 Elemente der Gruppe 4 und 5 des Periodensystems

Rest Eisen, erschmelzungsbedingte Begleitelemente und Verunreinigungen, welche Legierung erschmolzen, unter Atmosphärendruck zu einem Block oder Gußstück erstarren gelassen und der gebildete Block bzw. das Gußstück in einem ersten Schritt einer Warmverformung bei einer Umformtemperatur von höher als 850 °C unterworfen und darauffolgend mit erhöhter Geschwindigkeit abgekühlt wird, wonach in einem zweiten Schritt eine weitere Umformung des Schmiedestückes bei einer Temperatur von unter 600 °C erfolgt und danach der Umformteil bzw. Bauteil auf Raumtemperatur erkalten gelassen wird.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen für eine Verwendung in der Ölfeldtechnik, insbesondere von Bohrstangen, Bohrstrangkomponenten sowie geschmiedete Formteile aus einem paramagnetischen, in Medien mit hoher Chloridkonzentration korrosionsbeständigen Werkstoff mit hoher Dehngrenze, Festigkeit und Zähigkeit.

Weiters betrifft die Erfindung einen Bauteil für eine Verwendung in der Ölfeldtechnik, insbesondere Bohrstange, Bohrstrangkomponenten sowie geschmiedeter Formteil, gebildet aus einem austenitischen, paramagnetischen Werkstoff mit guter Korrosionsbeständigkeit in Medien mit hoher Chloridkonzentration und hoher Dehngrenze, Festigkeit und Zähigkeit, bestehend aus Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Chrom und Stickstoff sowie gegebenenfalls Nickel, Molybdän, Kupfer, Bor, karbidbildende Elemente, Rest Eisen, erschmelzungsbedingte Begleitelemente und Verunreinigungen.

Schließlich umfaßt die Erfindung die Verwendung eines nach dem eingangs genannten Verfahren hergestellten Werkstoffes.

Hochfeste Werkstoffe, die paramagnetisch und korrosionsbeständig sind und aus wirtschaftlichen Gründen im wesentlichen aus Chrom- Mangan- Eisen-Legierungen bestehen, werden für den chemischen Apparatebau, bei Einrichtungen für die elektrische Energieerzeugung und insbesondere für Komponenten in der Ölfeldtechnik verwendet. Sowohl an die korrosionschemischen als auch an die mechanischen Eigenschaften derartig einzusetzender Materialien werden in zunehmendem Maße höhere Forderungen gestellt.

Bei im wesentlichen allen oben angeführten Verwendungsarten ist es unabdingbar, daß sich der Werkstoff vollkommen homogen, höchst amagnetisch bzw. paramagnetisch verhält. Bei Kappenringen von Generatoren mit hoher Dehngrenze und Zähigkeit beispielsweise, muß (EP-0249117 A2) ein gegebenenfalls geringfügiges ferromagnetisches Verhalten auch in Teilen des Werkstoffes mit höchster Sicherheit ausgeschlossen sein.

Für Messungen bei der Durchführung von Bohrungen, insbesondere Explorationsbohrungen in Erdöl- oder Erdgasfeldern, sind Schwerstangen aus Werkstoffen mit magnetischen Permeabilitätswerten von unter 1,02 bzw. von weniger als 1,018 erforderlich, um eine genaue Verfolgung des Ortes der Bohrung und Abweichungen von dem vorgesehenen Kurs derselben feststellen und berichtigen zu können.

Weiters ist es auch notwendig, daß Einrichtungen der Ölfeldtechnik und Bohrstrangkomponenten eine hohe mechanische Festigkeit, insbesondere eine hohe 0,2 %-Dehngrenze aufweisen, um dadurch maschinen- und anlagentechnische Vorteile und eine hohe Betriebssicherheit zu erhalten. Ebenso wichtig ist in vielen Fällen eine hohe Dauerwechselfestigkeit, weil bei einer Rotation des Teiles bzw. der Schwerstangen schwellige oder wechselnde Beanspruchungen vorliegen können.

Schließlich ist von entscheidender Bedeutung das Korrosionsverhalten des Werkstoffes in wässrigen oder ölhaltigen Medien, insbesondere mit hoher Chloridkonzentration.

Aus der EP-0207068 A2 sind amagnetische Bohrstrangteile bekannt geworden, welche Teile aus einer Legierung mit geringen Stickstoffkonzentrationen gebildet sind und demgemäß verminderte Korrosionsbeständigkeit und dergleichen Verfestigung bei einer Kaltverformung aufweisen.

Eine Legierung, welche durch Kaltverformung eine erhöhte Festigkeit erhalten kann, ist in der US 4 888 153 A offenbart. Allerdings besitzt diese, für die Ölfeldtechnik einsetzbare Legierung geringe Gehalte an Chrom und teilweise an Mangan und Stickstoff, so daß keine ausreichende Korrosionsbeständigkeit und gefordert hohe Festigkeit des Werkstoffes erreichbar erscheinen.

Den Anforderungen der neueren Entwicklungen in der Anlagen- und Tiefbohrtechnik zufolge werden immer strengere Maßstäbe an die Werkstoffe hinsichtlich der Kombination von paramagnetischem Verhalten, hoher Dehngrenze sowie dergleichen Festigkeit und Beständigkeit gegen chloridinduzierte Spannungsrißkorrosion sowie Lochfraßkorrosion (Lochkorrosion) und Spaltkorrosion gestellt.

Es sind Werkstoffe aus Cr-Mn-Fe-Legierungen bekannt, die hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften und des Korrosionsverhaltens durchaus den an diese gestellten diesbezüglichen Anforderungen genügen, allein deren magnetische Permeabilitätswerte verhindern den Einsatz für Teile, die im Zusammenhang mit magnetischen Messungen eingesetzt werden und schließen beispielsweise eine Verwendung für Schwerstangen aus. Andererseits können erforderliche amagnetische Werkstoffe mit guten Festigkeitseigenschaften den Korrosionsangriffen nicht standhalten

und weitgehend paramagnetische Teile mit hohem Korrosionswiderstand besitzen oft nicht die notwendigen hohen mechanischen Werte.

Es ist bekannt, durch Stickstoffgehalte die mechanischen und korrosionschemischen Eigenschaften von im wesentlichen Cr-Mn-Fe-Legierungen zu verbessern, wobei jedoch teure metallurgische Verfahren, die mit erhöhten Drücken arbeiten, erforderlich sind.

Aus wirtschaftlichen Gründen wurden auch Eisen-Mangan-Chrom-Legierungen entwickelt, die ohne Druckschmelz- und dergleichen Gießverfahren, also bei Atmosphärendruck, herstellbar sind (WO 98/48070 A1), wobei durch legierungstechnische Maßnahmen ein gewünschtes Eigenschaftsprofil des Werkstoffes erreicht werden soll. Derartige Legierungen weisen durchwegs zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit einen Molybdängehalt von über 2 % auf, was Vorteile insbesondere beim Loch- und Spaltkorrosionsverhalten erbringt. Molybdän ist jedoch wie Chrom ein Ferritbildner und kann in Seigerungsbereichen zu ungünstigen magnetischen Eigenschaften des Materials führen. Erhöhte Nickelgehalte stabilisieren zwar den Austenit, wirken aber gegebenenfalls mit höheren Kupferkonzentrationen verschlechternd auf die mechanischen Eigenschaften und intensivieren die Rißinitiation.

Durch eine ausgewogene Konzentration der Legierungselemente wird gemäß PCT/US91/02490 versucht, eine austenitische antimagnetische rostfreie Stahllegierung zu schaffen, die bei Warmbearbeitung jedoch ohne anschließende Vergütung eine hervorragende Kombination von Eigenschaften besitzt.

Um insbesondere die mechanischen Eigenschaften von amagnetischen Bohrsstrangteilen zu verbessern, wurde bereits ein Verfahren vorgeschlagen (EP-0207068 B1), bei welchem der Werkstoff einer Warm- und Kaltumformung unterworfen wird, wobei die Kaltumformung bei einer Temperatur zwischen 100 °C und 700 °C mit einem zumindest 5 %-igen Verformungsgrad erfolgt.

Die Erfindung setzt sich zum Ziel, ein Verfahren zu schaffen, welches bei Ausschöpfung von legierungstechnischen Maßnahmen eine Verformung einschließt und synergetisch eine Herstellung eines mit hoher Sicherheit paramagnetischen, in Medien mit hoher Chloridkonzentration korrosionsbeständigen ferritfreien Werkstoffes mit hoher Dehngrenze, Festigkeit und Zähigkeit angibt.

Weiters ist es Aufgabe der Erfindung, einen vollaustenitischen paramagnetischen Bauteil mit guter Korrosionsbeständigkeit und hohen mechanischen Werten für eine Verwendung in der Ölfeldtechnik zu erstellen.

Das erfindungsgemäße Ziel wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch erreicht, daß eine Legierung mit einer Zusammensetzung in Gew.-%

max. 0,1 Kohlenstoff

0,21 bis 0,6 Silizium

17,0 bis 24,0 Chrom sowie

mehr als 20, jedoch weniger als 30 Gew.-% Mangan

mehr als 0,6 jedoch weniger als 1,4 Stickstoff

bis 2,5 Nickel

bis 1,9 Molybdän

max. 0,3 Kupfer

bis 0,002 Bor

bis 0,8 Elemente der Gruppe 4 und 5 des Periodensystems

Rest Eisen, erschmelzungsbedingte Begleitelemente und Verunreinigungen, welche Legierung erschmolzen, unter Atmosphärendruck zu einem Block oder Gußstück erstarren gelassen und der gebildete Block bzw. das Gußstück in einem ersten Schritt einer Warmverformung bei einer Umformtemperatur von höher als 850 °C unterworfen und darauffolgend mit erhöhter Geschwindigkeit abgekühlt wird, wonach in einem zweiten Schritt eine weitere Umformung des Schmiedestückes bei einer Temperatur von unter 600 °C erfolgt und danach der Umformteil auf Raumtemperatur erkalten gelassen wird.

Die durch die Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß bei hoher Wirtschaftlichkeit betreffend die Werkstoffkosten und das Herstellverfahren durch eine legierungstechnische Optimierung größte Korrosionsbeständigkeit und ein gewünscht paramagnetisches Verhalten des Materials erreicht werden, wobei dessen hohe mechanischen Kennwerte, insbesondere die Dehngrenze, ohne nachteilige Auswirkungen auf die oben angeführten Eigenschaften durch eine gezielt ausgerichtete Kaltumformung bei erhöhter Temperatur eine weitere wesentliche Ver-

besserung erfahren.

Der Kohlenstoffgehalt der Legierung ist mit max. 0,1 Gew.-% nach oben begrenzt, weil höhere Gehalte sowohl zu einer Loch- und Spannungsrißkorrosion in chloridhaltigen Medien als auch zu einer interkristallinen Korrosion von daraus gefertigten Teilen führen. Die Einhaltung dieser Obergrenze, wobei Gehalte von max. 0,06 und 0,05 Gew.-% bevorzugt sind, ist, wie oben erwähnt, aus korrosionschemischen Gründen wichtig, obwohl Kohlenstoff die Dehngrenze erhöht und stark austenitbildend wirkt.

Silizium soll als Desoxidationsmetall mit einer Konzentration von mindestens 0,21 Gew.-% im Metall vorliegen, wobei eine Obergrenze mit 0,6 Gew.-% vorgesehen ist. Höhere Gehalte an Silizium führen zu Nitridbildungen und zur Verschlechterung der Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion des Materials. Weil Silizium auch stark ferritbildend wirkt, kann durch höhere Gehalte auch die magnetische Permeabilität nachteilig beeinflusst werden. In vorteilhafter Weise ist ein Höchstgehalt von 0,48 Gew.-% wirksam.

Das Korrosionsverhalten, insbesondere eine Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion und Lochkorrosion wird durch den Chromgehalt der Legierung bestimmt. Dabei ist wichtig, daß eine weitgehend homogene Chromverteilung im Werkstoff vorliegt; mit anderen Worten, daß sogenannte Schwachstellen der Passivschicht durch Seigerungen und Einschlüsse vermieden sind. Um weitgehend gesichert, eine gewünschte Korrosionsbeständigkeit zu erreichen, sind Chromgehalte von größer als 17 Gew.-%, vorzugsweise von mehr als 19 Gew.-% erforderlich. Chrom erhöht zwar die Löslichkeit der Legierung für Stickstoff, wirkt jedoch ferritbildend und somit ungünstig bezüglich des gewünschten amagnetischen bzw. paramagnetischen Verhaltens des Materials, so daß die höchste Chromkonzentration 24,0 Gew.-%, bevorzugt 22,0 Gew.-% beträgt.

Durch Nickel können zwar die mechanischen Werte der Legierung und die Stabilität der austenitischen Struktur verbessert werden, für ausreichend gute Korrosionseigenschaften des Werkstoffes, insbesondere die Spannungsrißkorrosion betreffend, sind Nickelgehalte geringer als 2,5 Gew.-% besser, jedoch kleiner als 0,96 Gew.-% gefordert. Durch niedrige Nickelgehalte ab 0,21 Gew.-% aufwärts bis zu obigen Maximalwerten ist es möglich, ohne Nachteile im Korrosionsverhalten der gewünschten Legierung, eine Erhöhung der Dehngrenze zu erreichen.

Das Legierungselement Molybdän verbessert die Beständigkeit des Werkstoffes gegen Korrosion, insbesondere gegen chloridinduzierte Spalt- und Lochkorrosion. Weil jedoch dieses Element ein starken Ferritbildner und ein dergleichen Karbidbildner sowie Bildner von vergesellschafteten Phasen ist, liegen die Molybdänobergrenzen bei 1,9 Gew.-%, besser jedoch bei 1,5 Gew.-%. Geringe Gehalte ab 0,28 Gew.-% Molybdän aufwärts bis zu obigen Grenzwerten können ausscheidungsfreier Austenitstruktur des Gefüges korrosionschemisch Vorteile bringen.

Das oft gegen Korrosionsangriff effektive Element Kupfer hat sich bei der erfindungsgemäßen Legierung jedoch als nachteilig wirkend herausgestellt, wobei die Kupfergehalte kleiner als 0,3 Gew.-%, besser jedoch kleiner als 0,25 Gew.-% sind, um Resistenz gegen Korrosion zu erreichen.

Bor kann zur Verbesserung des Warmumformverhaltens des Materials diesem in einer Menge bis zu 0,002 Gew.-%, vorzugsweise bis 0,0012 Gew.-% zulegiert sein. Höhere Mengen an Bor führen zu Korngrenzenausscheidungen, Versprödungserscheinungen und unerwünschten Gefügestrukturen.

Besonders wichtig für eine Verhinderung der Spannungsriß- und Lochkorrosion sind niedrige Gehalte der Elemente der Gruppe 4 und Gruppe 5 des Periodensystems. Diese Elemente (Ti, Zr, Hg, V, Nb, Ta) sind äußerst starke Karbid- und Nitrid- bzw. Karbonitridbildner und weisen in der Gesamtheit Werte von geringer als 0,8 Gew.-%, besser von geringer als 0,48 Gew.-% auf. Höhere Konzentrationen bewirken Ausscheidungen und dadurch Schwachstellen in der Passivschicht an der Werkstückoberfläche, wodurch die Korrosionsbeständigkeit beeinträchtigt ist.

Legierungstechnisch stellt das Element Stickstoff einen starken Austenitbildner dar. Außerdem werden die Dehngrenze und die Resistenz des Werkstoffes gegen Loch- und Spaltkorrosion durch Stickstoff erhöht. Stickstoff ist in Eisenbasislegierungen jedoch nur begrenzt löslich, wobei durch steigende Chrom- und Mangangehalte die Löslichkeitsgrenze erhöht wird. Im wesentlichen sind daher die Chrom-Mangan- und Stickstoffkonzentrationen der Legierung synergetisch für den erfindungsgemäßen Werkstoff bzw. für dessen Eigenschaften zu sehen. Einen Chromgehalt von 17,0 bis 24,0 Gew.-%, vorzugsweise von 19,0 bis 22,0 Gew.-%, besitzt, wie vorher dargelegt, der Werk-

stoff hauptsächlich aus Gründen der Korrosionsbeständigkeit und des paramagnetischen Verhaltens wegen. Der Mangangehalt von mehr als 20 Gew.-%, jedoch weniger als 30 Gew.-%, wobei die bevorzugten Konzentrationsbereiche zwischen 20,5 bzw. 21,5 und 29,5 bzw. 25,0 Gew.-% liegen, ist einerseits zur Erhöhung der Stickstofflöslichkeit und andererseits zur Stabilisierung der austenitischen bzw. ferritfreien Gefügestruktur vorgesehen.

Schließlich dient der Stickstoffgehalt von mehr als 0,6 Gew.-%, jedoch niedriger als 1,4 Gew.-%, im wesentlichen der Erreichbarkeit von hohen Dehngrenzenwerten. Bevorzugte Stickstoffkonzentrationsbereiche sind:

0,64 bis 1,3 Gew.-%, insbesondere 0,72 bis 1,2 Gew.-% N. Niedrige Mangangehalte von 20 Gew.-% und geringer sowie hohe Stickstoffkonzentrationen von 1,4 Gew.-% und größer führen auf Grund einer sprunghaften Abnahme der Stickstofflöslichkeit der Legierung bei der Erstarrung zu porösen bzw. undichten Gußstücken. Bei Mangangehalten von 30 Gew.-% und mehr sowie bei Stickstoffanteilen von 0,6 Gew.-% und weniger sind erforderlich hohe Dehngrenzen nicht erreichbar und eine Versprödung des Materials kann auftreten.

Wenn, wie aus Gründen der Werkstoffgüte und der Wirtschaftlichkeit vorgesehen ist, der Gußblock oder das Gußstück unter Atmosphärendruck erstarrt ist, kann dieser bzw. dieses einer Diffusionsglühung, die einer Homogenisierung der Mikrostruktur bzw. einem Ausgleich der Mikroseigerungen dient, unterworfen werden. Diese Glühung kann beispielsweise bei einer Temperatur um 1200 °C mit einer Dauer bis 60 Stunden durchgeführt werden.

Die Warmumformung des Gußstückes, die den ersten Verformungsschritt darstellt, erfolgt meist durch Schmieden, wobei die Umformtemperatur höher als 850 °C liegt, um eine entsprechend günstige Rekristallisation des Mischgefüges sicherzustellen. Das derart geformte Schmiedestück wird, in der Regel aus der Schmiedehitze, mit erhöhter Geschwindigkeit abgekühlt. Diese Abkühlung, die der Vermeidung von Ausscheidungen, insbesondere an den Korngrenzen dient, kann in einem Wasserbecken oder mit einer Durchlaufkühlstrecke vorgenommen werden. Dabei kann auch von Vorteil sein, wenn nach dem ersten Schritt der umgeformte Block einer Zwischenglühung bei einer Glühtemperatur von über 850 °C und darauffolgend einer Abkühlung mit erhöhter Geschwindigkeit unterworfen wird, weil dadurch gegebenenfalls gebildete Ausscheidungen wieder in Lösung gebracht werden.

Im zweiten Schritt wird das Schmiedestück bei einer Temperatur von unter 600 °C umgeformt, wobei eine Verfestigung des Werkstoffes, insbesondere eine gewünschte Erhöhung der Dehngrenze eintritt. Trotz des hohen Chrom- und insbesondere Mangangehaltes bleibt in überraschender Weise der Werkstoff voll-austenitisch bzw. ferritfrei; es erfolgt also kein erwartetes teilweises Umklappen unter Ausbildung eines Gefüges mit Verformungsmartensit. Es hat sich dabei als günstig erwiesen, wenn die Verformung des geschmiedeten Gußstückes im zweiten Schritt bei erhöhter Temperatur, jedoch sicher unter 600 °C erfolgt und anschließend der verformte Umformteil auf Raumtemperatur erkalten gelassen wird. Fertigungstechnisch, jedoch auch hinsichtlich einer verbesserten Homogenität und Werkstoffgüte kann es günstig sein, wenn der Block nach einem ESU-Verfahren hergestellt wird.

Die Werkstoffgüte kann weiter gesteigert werden, wenn der Block im ersten Schritt mit einem Umformgrad, welcher definiert ist: Ausgangsquerschnitt durch Endquerschnitt von mindestens 4-fach warmverformt wird. Dadurch wird ein feines, rekristallisiertes, gleichmäßiges ferritfreies Austenitgefüge erreicht.

Nach einem Abkühlen mit erhöhter Geschwindigkeit von einer Temperatur von über 850 °C, was zur Verhinderung einer Ausscheidungsbildung dient, wird das Schmiedestück im zweiten Schritt mit einer Umformung in %, definiert als Ausgangsquerschnitt minus Endquerschnitt gebrochen durch Ausgangsquerschnitt mal 100 von kleiner 35 % verformt, wodurch die Dehngrenze und die Festigkeit des Materials erhöht werden. Im Sinne gleichmäßiger Erhöhung der mechanischen Werte hat sich ein rekristallisationsfreier Verformungsbereich von 5 % bis 20 % herausgestellt.

Sowohl für eine Durchführung der Kaltumformung als auch für eine wirkungsvolle tiefgreifende und versprödungsfreie Verbesserung der Werkstoffeigenschaften und eine sichere Vermeidung des Auftretens von Verformungsmartensit hat es sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, das Schmiedestück im zweiten Schritt bei einer Temperatur im Bereich von 400 bis 500 °C umzuformen.

Ein gemäß dem vorstehenden Verfahren hergestellter austenitischer, paramagnetischer Werk-

stoff mit der genannten Zusammensetzung mit guten Korrosionseigenschaften, der mindestens 3,5-fach warmverformt und unterhalb der Ausscheidungstemperatur von Nitriden sowie vergesellschafteten Phasen, jedoch über einer Temperatur von 350 °C kaltverformt ist, weist geringste Spuren von Ferrit, in den bevorzugten Bereichen der Zusammensetzung praktisch keinen Ferritgehalt auf und verhält sich im wesentlichen paramagnetisch mit einer relativen Permeabilität von unter 1,05, insbesondere von unter 1,016.

Die Dehngrenze $R_{p0,2}$ des Werkstoffes bei Raumtemperatur liegt höher als 700 N/mm². Die Werte für die Kerbschlagzähigkeit bei Raumtemperatur sind größer als 52 J und die FATT (Fracture Appearance Transition Temperature) ist tiefer als - 25 °C. Der erfindungsgemäße Werkstoff weist weiters eine Dauerwechselfestigkeit von größer als + 400 N/mm² bei $N = 10^7$ Lastwechsel auf und besitzt ein Lochpotential in neutralen Lösungen (entsprechend ASTM G5/87) bei Raumtemperatur von größer als 700 mV_H/1000 ppm Chloride und/oder 200mV_H/80000 ppm Chloride.

Anhand von Beispielen wird die Erfindung näher erläutert.

In Tabelle 1 sind chemische Zusammensetzung sämtlicher Vergleichswerkstoffe und von den Proben 1 bis 3 sowie A bis E zusätzlich die Verformungsdaten angegeben. Die Proben 4 bis 6 stammen aus Vergleichsmaterial, das am Markt verfügbar war.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse betreffend die magnetische Eigenschaft, die mechanischen Werte und das Korrosionsverhalten zusammengestellt.

Die Proben 2 und A wurden aus einem Stahl, der im Induktionsofen erschmolzen wurde und unter Schutzgas zu Blöcken gegossen wurde, hergestellt. Die Proben 1,3, B bis E stammen aus ESU-Material.

Die Werkstoffe der Proben 1 und 3 weisen bei guten magnetischen Daten niedrige Dehngrenzen und Festigkeitswerte auf. Guter Zähigkeit und ausreichender FATT sowie entsprechendem Oxalsäuretestbild stehen niedrige Lochpotentiale gegenüber, wodurch die Werkstoffe auf Grund eines unzureichenden Eigenschaftsprofils für hohe Beanspruchungen ausscheiden. Die Ursachen dafür liegen in den niedrigen Chrom- und Mangangehalten sowie den in der Folge niedrigen Stickstoffkonzentrationen.

Das Material der Probe 2 weist zwar einen ausreichend hohen Chromgehalt auf, niedrige Mangan- und dergleichen Stickstoffwerte bewirken jedoch insbesondere schlechte Korrosionsbeständigkeit.

Die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Proben A bis E sind in der Gesamtheit der Gebrauchseigenschaften deutlich sprunghaft verbessert. Synergetisch erbringen die jeweiligen, aufeinander abgestimmten Konzentrationen der Legierungselemente und die verfestigende Kaltumformung des ausscheidungsfrei erstellten Werkstoffes eine überlegene Korrosionsbeständigkeit bei einer geringen relativen magnetischen Permeabilität und eine wesentliche Erhöhung der Festigkeitswerte desselben. Dies wird auch durch die Untersuchungsergebnisse bzw. Meßwerte der frei erhaltenen Legierungsproben 4 bis 6 gezeigt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Herstellung von Bauteilen für eine Verwendung in der Ölfeldtechnik, insbesondere von Bohrstangen, Bohrstrangkomponenten sowie geschmiedete Formteile aus einem paramagnetischen, in Medien mit hoher Chloridkonzentration korrosionsbeständigen Werkstoff mit hoher Dehngrenze, Festigkeit und Zähigkeit, bestehend aus einer Legierung mit einer Zusammensetzung in Gew.-%

max. 0,1 Kohlenstoff

0,21 bis 0,6 Silizium

17,0 bis 24,0 Chrom sowie

mehr als 20, jedoch weniger als 30 Mangan

mehr als 0,6, jedoch weniger als 1,4 Stickstoff

bis 2,5 Nickel

bis 1,9 Molybdän

max 0,3 Kupfer

bis 0,002 Bor

- bis 0,8 Elemente der Gruppe 4 und 5 des Periodensystems
- Rest Eisen, erschmelzungsbedingte Begleitelemente und Verunreinigungen, welche Legierung erschmolzen, unter Atmosphärendruck zu einem Block oder Gußstück erstarren gelassen und der gebildete Block bzw. das Gußstück in einem ersten Schritt einer Warmumformung bei einer Umformtemperatur von höher als 850 °C unterworfen und darauffolgend mit erhöhter Geschwindigkeit abgekühlt wird, wonach in einem zweiten Schritt eine weitere Umformung des Schmiedestückes bei einer Temperatur von unter 600 °C erfolgt und danach der Umformteil auf Raumtemperatur erkalten gelassen wird.
- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Legierung bestehend
- 10
- aus in Gew.-%
- max. 0,06, vorzugsweise max. 0,05 Kohlenstoff
- 0,21 bis 0,48 Silizium
- 19,0 bis 22,0 Chrom sowie
- 20,5 bis 29,5 Mangan
- 15
- 0,64 bis 1,3 Stickstoff
- 0,21 bis 0,96 Nickel
- 0,28 bis 1,5 Molybdän
- max. 0,25 Kupfer
- bis 0,0012 Bor
- 20
- bis 0,48 karbidbildende Elemente
- Rest Eisen, erschmelzungsbedingte Begleitelemente und Verunreinigungen erschmolzen und zu einem Bauteil für die Ölfeldtechnik verarbeitet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Legierung ein
- 25
- Gehalt in Gew.-% von
- 21,5 bis 25,0 Mangan
- 0,72 bis 1,2 Stickstoff
- eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Block nach einem ESU-Verfahren hergestellt wird.
- 30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Block im ersten Schritt der Verarbeitung mit einem Umformgrad von mindestens 3,5-fach warmverformt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem ersten Schritt der umgeformte Block einer Zwischenglühung bei einer Glühtemperatur von
- 35
- über 850 °C und darauffolgend einer Abkühlung mit erhöhter Geschwindigkeit unterworfen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schmiedestück im zweiten Schritt mit einer Umformung von kleiner als 35 %, vorzugsweise mit einem im Bereich von 5 % bis 20 %, verformt wird.
- 40
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schmiedestück im zweiten Schritt bei einer Temperatur im Bereich von 400 bis 500 °C umgeformt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schmiedestück nach der Warmumformung im ersten Schritt verstärkt unter eine Temperatur von
- 45
- 600 °C abgekühlt und gehalten und nach einem Temperatenausgleich über den Querschnitt der Umformung im zweiten Schritt zugeführt wird.
10. Bauteil für eine Verwendung in der Ölfeldtechnik, insbesondere Bohrstange, Bohrstrangkomponenten sowie geschmiedeter Formteil, gebildet aus einem austenitischen, paramagnetischen Werkstoff mit guter Korrosionsbeständigkeit in Medien mit hoher Chloridkonzentration und hoher Dehngrenze, Festigkeit und Zähigkeit, bestehend aus Kohlenstoff, Mangan, Silizium, Chrom und Stickstoff sowie gegebenenfalls Nickel, Molybdän, Kupfer, Bor, karbidbildende Elemente, Rest Eisen, erschmelzungsbedingte Begleitelemente und Verunreinigungen, wobei dieser Werkstoff eine Legierungszusammensetzung in Gew.-%
- 50
- max. 0,10 Kohlenstoff
- 0,21 bis 0,6 Silizium
- 55

mehr als 20,0 bis weniger als 30,0 Mangan
 mehr als 0,6 bis weniger als 1,4 Stickstoff
 17,0 bis 24,0 Chrom,
 bis 2,5 Nickel
 bis 1,9 Molybdän
 max. 0,3 Kupfer
 bis 0,002 Bor
 bis 0,8 karbidbildende Elemente

Rest im wesentlichen Eisen besitzt, mit einem Umformgrad von mindestens 3,5-fach warmverformt und unterhalb der Ausscheidungstemperatur von Nitriden sowie von vergesellschafteten Phasen, jedoch bei erhöhter Temperatur, insbesondere über einer Temperatur von 350 °C kaltverformt ist und praktisch keinen Ferritgehalt aufweist.

11. Werkstoff nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung weniger als 0,06 Gew.-% Kohlenstoff enthält.
12. Werkstoff nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung weniger als 0,49 Gew.-% Silizium enthält.
13. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung 19,0 bis 22,0 Gew.-% Chrom enthält.
14. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung in Gew.-% mindestens 21,5 bis 29,5, insbesondere etwa 25,0, Mangan enthält.
15. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung in Gew.-% mindestens 0,64, vorzugsweise 0,72 bis 1,3, insbesondere 1,2, Stickstoff enthält.
16. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung in Gew.-% 0,21 bis 0,96 Nickel enthält.
17. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung in Gew.-% 0,28 bis 1,5 Molybdän enthält.
18. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 17, der eine relative magnetische Permeabilität von unter 1,05, insbesondere von unter 1,016, besitzt.
19. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 18, der eine Dehngrenze $R_{p0,2}$ von größer als 700 N/mm² bei Raumtemperatur, eine Kerbschlagzähigkeit bei gleicher Temperatur von über 52 J, vorzugsweise von größer als 120 J, und eine FATT von unter - 25 °C aufweist.
20. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 19, der eine Dauerwechselfestigkeit von größer als + 400 N/mm² bei $N = 10^7$ - Lastwechsel aufweist.
21. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 20, der ein Lochpotential in neutralen Lösungen bei Raumtemperatur von größer als 700 mV_H/1000 ppm Chloride und/oder 200 mV_H/80000 ppm Chloride aufweist.
22. Werkstoff nach einem der Ansprüche 10 bis 21, der bei der Oxalsäure-Prüfung gemäß ASTM A 262-A eine Struktur des Gefügebildes mit der Bewertung DUAL oder besser, insbesondere mit der Bewertung STEP, aufweist.

KEINE ZEICHNUNG