



(11)

**EP 3 175 004 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**07.11.2018 Patentblatt 2018/45**

(51) Int Cl.:  
**C21D 8/10** (2006.01) **C21D 9/08** (2006.01)  
**B21C 47/02** (2006.01) **B23K 31/02** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15747396.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2015/066280**

(22) Anmeldetag: **16.07.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2016/016010 (04.02.2016 Gazette 2016/05)**

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES EDELSTAHLROHRS SOWIE EDELSTAHLROHR**  
PROCESS FOR PRODUCING A STAINLESS STEEL TUBE AND STAINLESS STEEL TUBE  
PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN TUBE EN ACIER INOXYDABLE ET TUBE EN ACIER INOXYDABLE

(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**

- **HEDVALL, Christofer**  
33615 Bielefeld (DE)
- **FROBÖSE, Thomas**  
33775 Versmold (DE)
- **RAUFFMANN, Udo**  
33824 Werther (DE)

(30) Priorität: **31.07.2014 DE 102014110902**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.06.2017 Patentblatt 2017/23**

(74) Vertreter: **Sandvik**  
**Sandvik Intellectual Property AB**  
811 81 Sandviken (SE)

(73) Patentinhaber: **Sandvik Materials Technology Deutschland GmbH**  
**40549 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**CN-A- 101 670 520 US-A- 3 562 031**  
**US-A1- 2014 054 358**

(72) Erfinder:  
• **GÜHRS, Jonas**  
**33824 Werther (DE)**

**EP 3 175 004 B1**

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).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Edelstahlrohrs mit den Schritten: Bereitstellen einer rohrförmigen Luppe aus einem austenitischen Edelstahl, wobei der Edelstahl Kohlenstoff mit einem Anteil von nicht mehr als 0,02 Gew.-%, Mangan mit einem Anteil von nicht mehr als 1,0 Gew.-%, Phosphor mit einem Anteil von nicht mehr als 0,03 Gew.-%, Schwefel mit einem Anteil von nicht mehr als 0,015 Gew.-%, Silizium mit einem Anteil von nicht mehr als 0,8 Gew.-%, Nickel mit einem Anteil von 17,5 Gew.-% bis 18,5 Gew.-%, Chrom mit einem Anteil von 19,5 Gew.-% bis 20,5 Gew.-%, Molybdän mit einem Anteil von 6,0 Gew.-% bis 6,5 Gew.-%, Stickstoff mit einem Anteil von 0,18 Gew.-% bis 0,25 Gew.-% sowie Kupfer mit einem Anteil von 0,5 Gew.-% bis 1,0 Gew.-% aufweist mit einem Rest Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen, und Kaltumformen der Luppe zu einem Rohr.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft zudem ein Edelstahlrohr, das Kohlenstoff mit einem Anteil von nicht mehr als 0,02 Gew.-%, Mangan mit einem Anteil von nicht mehr als 1,0 Gew.-%, Phosphor mit einem Anteil von nicht mehr als 0,03 Gew.-%, Schwefel mit einem Anteil von nicht mehr als 0,015 Gew.-%, Silizium mit einem Anteil von nicht mehr als 0,8 Gew.-%, Nickel mit einem Anteil von 17,5 Gew.-% bis 18,5 Gew.-%, Chrom mit einem Anteil von 19,5 Gew.-% bis 20,5 Gew.-%, Molybdän mit einem Anteil von 6,0 Gew.-% bis 6,5 Gew.-%, Stickstoff mit einem Anteil von 0,18 Gew.-% bis 0,25 Gew.-% sowie Kupfer mit einem Anteil von 0,5 Gew.-% bis 1,0 Gew.-% aufweist mit einem Rest Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen.

**[0003]** Hochlegierte austenitische Edelstähle mit einem hohen Anteil an Molybdän, Nickel und Kupfer eignen sich sowohl zur Anwendung in Meerwasserumgebung als auch zur Führung von aggressiven chlorhaltigen Medien.

**[0004]** Um aus solchen Edelstahlmaterialien Rohre herzustellen, wird das Halbzeug, nämlich die Luppe, durch Kaltumformen zu einem Rohr mit definierten Außen- und Durchmessern umgeformt. Dabei führt die Kaltumformung jedoch insbesondere zu einem deutlichen Anstieg der Härte des Rohrs.

**[0005]** Um derartige Rohre für die genannten Anwendungen sinnvoll einsetzen zu können, müssen sie als Nahtlosrohre mit Stranglängen von 6 m oder mehr ausgeliefert werden, was die Handhabung bei der Verpackung, dem Transport und der Weiterverarbeitung erschwert.

**[0006]** Darüber hinaus erfordert die Weiterverarbeitung insbesondere für den Einsatz im Off-Shore-Bereich häufig ein Verseilen des fertigen Edelstahlrohrs mit anderen Strängen zu einem ummantelten Rohrbündel. Dem steht jedoch die große Härte eines kaltumgeformten austenitischen Edelstahlrohrs entgegen.

**[0007]** Dem gegenüber ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen eines Rohrs

aus einem austenitischen Edelstahl bereitzustellen, welches es ermöglicht, das Edelstahlrohr in einem späteren Verarbeitungsschritt zu verseilen und gleichzeitig einen Transport des Rohrs zu einem Ort, an dem dieser Verarbeitungsschritt erfolgt, zu ermöglichen.

**[0008]** Zudem ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Edelstahlrohr bereitzustellen, welches diese erforderlichen Eigenschaften aufweist.

**[0009]** Zumindest eine der genannten Aufgaben wird durch ein Verfahren zum Herstellen eines Edelstahlrohrs gelöst, welches die Schritte aufweist: Bereitstellen einer rohrförmigen Luppe aus einem austenitischen Edelstahl, wobei der Edelstahl Kohlenstoff mit einem Anteil von nicht mehr als 0,02 Gew.-%, Mangan mit einem Anteil von nicht mehr als 1,0 Gew.-%, Phosphor mit einem Anteil von nicht mehr als 0,03 Gew.-%, Schwefel mit einem Anteil von nicht mehr als 0,015 Gew.-%, Silizium mit einem Anteil von nicht mehr als 0,8 Gew.-%, Nickel mit einem Anteil von 17,5 Gew.-% bis 18,5 Gew.-%, Chrom mit einem Anteil von 19,5 Gew.-% bis 20,5 Gew.-%, Molybdän mit einem Anteil von 6,0 Gew.-% bis 6,5 Gew.-%, Stickstoff mit einem Anteil von 0,18 Gew.-% bis 0,25 Gew.-% sowie Kupfer mit einem Anteil von 0,5 Gew.-% bis 1,0 Gew.-% aufweist mit einem Rest Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen, Kaltumformen der Luppe zu einem Rohr, Aufwickeln des Rohrs und Glühen des aufgewickelten Rohrs nach dem Kaltumformen bei einer Temperatur in einem Bereich von 1100° C bis 1200° C.

**[0010]** Unter Kaltumformen im Sinne der vorliegenden Anmeldung werden alle Umformverfahren verstanden, bei welchen die Luppe, d.h. das Halbzeug, bei Temperaturen umgeformt wird, die unterhalb der Rekristallisationstemperatur des verwendeten Edelstahls liegen.

**[0011]** Im Sinne der vorliegenden Anmeldung erfolgt das Kaltumformen insbesondere durch Kaltpilgerwalzen oder Kaltziehen.

**[0012]** Insbesondere zum Herstellen von präzisen Rohren aus Edelstahl wird eine ausgedehnte hohle, rohrartige Luppe als Halbzeug im vollständig erkalteten Zustand durch Druckspannungen kalt reduziert. Dabei wird die Luppe zu einem Rohr mit definiertem, reduziertem Außendurchmesser und einer definierten Wanddicke bzw. -stärke umgeformt.

**[0013]** Dazu wird beim Kaltpilgerwalzen die Luppe beim Walzen über einen kalibrierten, d.h. den Innendurchmesser des fertigen Rohrs aufweisenden, Walzdorn geschoben und dabei von außen von zwei kalibrierten, d.h. den Außendurchmesser des fertigen Rohrs definierenden, Walzen umfasst und in Längsrichtung über den Walzdorn ausgewalzt.

**[0014]** Während dem Kaltpilgern erfährt die Luppe einen schrittweisen Vorschub in Richtung auf den Walzdorn hin bzw. über diesen hinweg. Zwischen zwei Vorschubschritten werden die Walzen drehend über den Dorn und damit die Luppe bewegt und walzen die Luppe aus. An jedem Umkehrpunkt des Walzgerüsts mit den daran drehend befestigten Walzen geben die Walzen die

Luppe frei und diese wird um einen weiteren Schritt in Richtung auf das Werkzeug, d.h. den Walzdorn und die Walzen, hin vorgeschoben.

**[0015]** Der Vorschub der Luppe über den Dorn erfolgt mit Hilfe eines translatorisch angetriebenen Vorschubspannschlittens, welcher eine Translationsbewegung in einer Richtung parallel zur Achse des Walzdorns ausführt und diese auf die Luppe überträgt.

**[0016]** Während dem Vorschub wird zudem die Luppe um ihre Längsachse gedreht, um ein gleichmäßiges Auswalzen der Luppe zu ermöglichen. Durch mehrfaches Überwalzen jedes Rohrschnitts werden eine gleichmäßige Wanddicke und Rundheit des Rohrs sowie gleichmäßige Innen- und Außendurchmesser erreicht. Daher sind in der Regel die Vorschubschritte kleiner als der Gesamthub des Walzgerüsts zwischen den beiden Umkehrpunkten.

**[0017]** Im Gegensatz dazu wird beim Kaltziehen als einem weiteren hier zu betrachtenden Kaltumformverfahren eine rohrförmige Luppe durch eine Ziehmatrize, welche einen Innendurchmesser aufweist, der geringer ist als der Außendurchmesser der Luppe, hindurchgezogen und damit umgeformt und neu dimensioniert.

**[0018]** In Abhängigkeit von dem verwendeten Werkzeug unterscheidet man beim Kaltziehen von Rohren den sogenannten Hohlzug, bei welchem die Umformung lediglich mit einer zuvor beschriebenen Ziehmatrize (auch als Ziehring, Ziehhohl oder Ziehstein bezeichnet) bewirkt wird, und den sogenannten Kernzug oder Stangenzug, bei welchem auch der Innendurchmesser sowie die Wanddicke des gezogenen Rohrs durch einen im Inneren der Luppe angeordneten Ziehkern definiert werden.

**[0019]** In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein austenitischer Edelstahl verwendet, d.h. ein Stahl mit einer bei Raumtemperatur vollständig austenitischen Struktur. Solche Stähle sind für ihre guten Festigkeitseigenschaften und ihre gute Korrosionsbeständigkeit bekannt. Der erfindungsgemäß vergleichsweise hohe Molybdän-, Nickel-, Chrom- und Kupfergehalt sorgt dafür, dass der Stahl eine exzellente Korrosionsbeständigkeit aufweist, wobei er gleichzeitig über eine hohe Zugfestigkeit und gute Schweißfähigkeit verfügt.

**[0020]** Ein austenitischer Edelstahl mit dem angegebenen Gehalt an Molybdän, Nickel und Kupfer ist beispielsweise von der Firma Sandvik unter der Bezeichnung 254 SMO erhältlich. Dieser erfüllt die Qualität UNS S31254 (UNS = Unified Numbering System for metals and alloys), welche für rostfreie austenitische Edelstähle vom Typ 6Mo steht.

**[0021]** Für Off-Shore-Anwendungen müssen die durch Kaltumformen hergestellten Edelstahlrohre mit anderen Strängen in einem Kunststoffmantel verseilt werden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese austenitischen Edelstähle nach dem Kaltumformen eine Härte aufweisen, die für ein Verseilen zu hoch ist und dieses gegebenenfalls unmöglich machen.

**[0022]** Durch ein Weichglühen des kaltumgeformten

Rohrs bei einer Temperatur in einem Bereich von 1100° C bis 1200° C kann in einem dem Kaltumformen nachfolgenden Schritt die Härte des Rohrs wieder in einen Bereich gebracht werden, welcher ein Verseilen zulässt. Im Stand der Technik wird das Weichglühen typischerweise nach dem Pilgerwalzen oder Ziehen durch Hindurchführen des umgeformten Rohrs durch eine Induktionsheizspule bewirkt. Allerdings hat sich überraschend herausgestellt, dass der Effekt des Weichglühens bei einem nachfolgenden Aufwickeln oder Aufspulen des fertigen Rohrs weitgehend wieder zunichtegemacht wird. Allerdings ist die Fertigung als Ring, d.h. das Rohr verlässt das Rohrwerk aufgewickelt, bei der Fertigung von Endlosrohren mit Längen von mehr als 6 m notwendig, um einen Transport der fertigen Rohre zum Ort des Verseilens möglich zu machen. Zudem ist auch das Verseilen der fertigen Edelstahlrohre vom Ring, d.h. aufgewickelt oder aufgespult, deutlich einfacher.

**[0023]** Daher wird erfindungsgemäß das austenitische Edelstahlrohr vor dem Glühen aufgewickelt oder aufgespult und erst nachfolgend, d.h. im aufgewickelten Zustand, gegläht.

**[0024]** Auf diese Weise werden Rohre gefertigt, die im aufgewickelten Zustand, d.h. vor dem Versand aus dem Rohrwerk, eine Rockwell-Härte von 90 HRB oder weniger, vorzugsweise jedoch von 80 HRB oder weniger, aufweisen.

**[0025]** Dabei ist es in einer Ausführungsform insbesondere zweckmäßig, wenn das aufgewickelte Rohr bei einer Temperatur in einem Bereich von 1115° C bis 1155° C, vorzugsweise bei einer Temperatur in einem Bereich von 1120° C bis 1150° C, gegläht wird.

**[0026]** Wenn in der vorliegenden Anmeldung davon die Rede ist, dass das Rohr bei einer angegebenen Temperatur gegläht wird, so bedeutet dies, dass das Material des Rohrs selbst diese Temperatur erreicht.

**[0027]** Dabei wird die exakte Temperatur in einer Ausführungsform so eingestellt, dass das fertig geglähte aufgewickelte Rohr eine Rockwell-Härte von 90 HRB oder weniger, vorzugsweise jedoch von 80 HRB oder weniger, aufweist.

**[0028]** Unter einem Aufwickeln des Rohrs im Sinne der vorliegenden Anmeldung wird entweder das lose Wickeln des Rohrs zu einem Ring ohne Kern oder Spule verstanden oder aber auch das Aufwickeln des Rohrs auf einem Kern oder einer Spule, d.h. ein Aufspulen.

**[0029]** In einer Ausführungsform weisen die auf diese Weise gefertigten Rohre eine Länge von mindestens 6 m, vorzugsweise von mindestens 12 m und besonders bevorzugt von mindestens 100 m auf.

**[0030]** Die so hergestellten Rohre besitzen in einer Ausführungsform Abmessungen von 6 mm x 0,8 mm bis 26 mm x 2,5 mm (Durchmesser x Wanddicke).

**[0031]** Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, wenn das Rohr in einer Ausführungsform aufgewickelt zu einem Ring, jedoch ohne Spule bzw. Kern im Glühofen, d.h. nicht aufgespult, gegläht wird.

**[0032]** Allerdings muss das fertige, versandfertige

Rohr in einer Ausführungsform auf eine Spule, vorzugsweise eine Spule aus Holz, aufgewickelt sein, um ein späteres automatisiertes Verseilen zu ermöglichen. Dazu wird in einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens das aufgewickelte und bereits geglühte Rohr in einem weiteren Schritt auf eine Spule, vorzugsweise eine Spule aus Holz, aufgespult bzw. umgespult.

**[0033]** Besonders zweckmäßig ist es, wenn in einer Ausführungsform der Erfindung das Rohr im aufgewickelten Zustand ausgeliefert wird.

**[0034]** Es ist insbesondere zweckmäßig, wenn in einer Ausführungsform der Erfindung das aufgewickelte Rohr ohne Spule oder Kern bei einer Temperatur geglüht wird, sodass das Rohr nach dem Glühen eine Rockwell-Härte von 80 HRB oder weniger aufweist. Als dafür geeignet hat sich eine Temperatur von 1120° C erwiesen. Wird es dann auf eine Spule aufgespult, d.h. aus dem ringförmigen Zustand ohne Kern auf die Spule umgespult, so hat es vorzugsweise eine Rockwell-Härte von 90 HRB oder weniger.

**[0035]** In einer Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Glühen in einer Vakuumatmosphäre, vorzugsweise bei einem Druck von 6 mbar oder weniger. In einer alternativen Ausführungsform wird das Rohr in einer Schutzgasatmosphäre, vorzugsweise einer argonhaltigen Schutzgasatmosphäre, geglüht. Ein Glühen im Vakuum oder in einer Schutzgasatmosphäre weist den Vorteil auf, dass das Rohr nicht oxidiert wird.

**[0036]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird das Rohr in einem Schachtofen geglüht, welcher es erlaubt, die notwendigen hohen Temperaturen im Material des Rohrs selbst zu erreichen.

**[0037]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird das Rohr über eine Zeitdauer von mindestens fünf Minuten und höchstens 20 Minuten, vorzugsweise über eine Zeitdauer von etwa 10 Minuten, bei einer Temperatur in einem Bereich von 1100° C bis 1200° C gehalten.

**[0038]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist das Verfahren nach dem Glühen des aufgewickelten Rohrs zusätzlich die Schritte auf: Abwickeln des Rohrs, erneutes Kaltumformen des Rohrs, Aufwickeln des Rohrs und erneutes Glühen des aufgewickelten Rohrs bei einer Temperatur in einem Bereich von 1100° C bis 1200° C.

**[0039]** Bei einer derartigen Abfolge von Verfahrensschritten dient das erste Weichglühen des kaltumgeformten Rohrs der Vorbereitung auf eine erneute Kaltumformung.

**[0040]** Dabei ist eine Ausführungsform der Erfindung zweckmäßig, bei welcher das Rohr zunächst kaltgepilgert und nach einem ersten Weichglühen kaltgezogen wird, um seine finalen Dimensionen zu erreichen. Erst dann erfolgt ein Weichglühen, um ein späteres Verseilen des Rohrs zu ermöglichen.

**[0041]** In einer Ausführungsform wird das Rohr vor dem Glühen innen und/oder außen entfettet, d.h. von Schmierstoffen gereinigt. Dieses Entfetten erfolgt in ei-

ner Ausführungsform vorzugsweise mit Hilfe von CO<sub>2</sub>.

**[0042]** Zumindest eine der vorstehenden Aufgaben wird auch durch ein Edelstahlrohr gelöst, welches Kohlenstoff mit einem Anteil von nicht mehr als 0,02 Gew.-%, Mangan mit einem Anteil von nicht mehr als 1,0 Gew.-%, Phosphor mit einem Anteil von nicht mehr als 0,03 Gew.-%, Schwefel mit einem Anteil von nicht mehr als 0,015 Gew.-%, Silizium mit einem Anteil von nicht mehr als 0,8 Gew.-%, Nickel mit einem Anteil von 17,5 Gew.-% bis 18,5 Gew.-%, Chrom mit einem Anteil von 19,5 Gew.-% bis 20,5 Gew.-%, Molybdän mit einem Anteil von 6,0 Gew.-% bis 6,5 Gew.-%, Stickstoff mit einem Anteil von 0,18 Gew.-% bis 0,25 Gew.-% sowie Kupfer mit einem Anteil von 0,5 Gew.-% bis 1,0 Gew.-% aufweist mit einem Rest Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen, wobei das Edelstahlrohr aufgewickelt ist und im aufgewickelten Zustand eine Härte von weniger als 90 HRB, vorzugsweise von weniger als 80 HRB, aufweist.

**[0043]** Dabei weist das aufgewickelte Edelstahlrohr in einer Ausführungsform eine Dehnung von mindestens 35 % auf.

**[0044]** Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung eines Beispiels deutlich.

**[0045]** Figur 1 zeigt ein Flussdiagramm des Verfahrens zum Herstellen eines Edelstahlrohrs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0046]** Im vorliegenden Beispiel wurde eine Luppe aus dem Material Sandvik 254 SMO durch Kaltpilgerwalzen zu einem Edelstahlrohr mit einem Außendurchmesser von 10 mm und einer Wanddicke von 1,5 mm umgeformt, nach dem Kaltpilgern zu einem Ring aufgewickelt, wobei der Ring nicht um einen Kern oder eine Spule herumgewickelt ist, und dann weichgeglüht.

**[0047]** Bei dem Material der Luppe handelt es sich um den von der Firma Sandvik erhältlichen hochlegierten austenitischen Edelstahl 254SMO. Dieser erfüllt die Norm UNS S31254 (254 SMO) der American Society of Mechanical Engineers (SME) zur Verwendung als Kessel- und Hochdruckbehälter. Das beispielhaft für die hier betrachtete Luppe verwendete Material Sandvik 254 SMO enthält neben Eisen 0,011 Gew.-% C, 0,45 Gew.-% Si, 0,56 Gew.-% Mn, 0,022 Gew.-% P, weniger als 0,001 Gew.-% S, 20,13 Gew.-% Cr, 17,82 Gew.-% Ni, 6,09 Gew.-% Mo, 0,091 Co, 0,004 Gew.-% Ti, 0,51 Gew.-% Cu sowie 0,2 Gew.-% N.

**[0048]** Bei dem fertigen Rohr handelt es sich um ein Rohr, so wie es für den Off-Shore-Einsatz in nachstehenden Verfahrensschritten außerhalb des Rohrwerks zu einem Strang mit anderen Strängen verseilt wird.

**[0049]** Das Rohr wurde nach dem Kaltpilgern und Aufwickeln im aufgewickelten Zustand bei einer Temperatur von 1120° C über eine Haltezeit von etwa 10 Minuten geglüht. Das fertige Rohr hat nach dem Abkühlen eine Härte von 73 bis 77 HRB, eine Dehnung von etwa 41 % sowie eine Zugfestigkeit Rp 0,2 von 370 MPa (N/m<sup>2</sup>). Wird dieses Rohr nachfolgend auf eine Spule aus Holz

aufgewickelt bzw. vom Ring ohne Spule auf eine solche umgespult, so hat das Rohr auf der Holzspule eine Härte von 90 HRB oder weniger.

**[0050]** Im Vergleich dazu hat ein bei herkömmlichen Temperaturen geglühtes, aber nicht aufgespultes Rohr aus dem gleichen Material Sandvik 254 SMO eine Härte von 96 HRB. Es ist damit nach dem Aufspulen, welches die Härte nochmals erhöht, für ein Verseilen deutlich zu hart.

**[0051]** Zur Erläuterung wird nun anhand des Flussdiagramms aus Figur 1 das Verfahren zur Herstellung eines Edelstahlrohrs gemäß der vorliegenden Erfindung noch einmal kurz zusammengefasst.

**[0052]** Zunächst wird in Schritt 1 als Ausgangsmaterial eine Luppe aus einem austenitischen Edelstahl bereitgestellt, der neben Eisen 0,011 Gew.-% C, 0,45 Gew.-% Si, 0,56 Gew.-% Mn, 0,022 Gew.-% P, weniger als 0,001 Gew.-% S, 20,13 Gew.-% Cr, 17,82 Gew.-% Ni, 6,09 Gew.-% Mo, 0,091 Co, 0,004 Gew.-% Ti, 0,51 Gew.-% Cu sowie 0,2 Gew.-% N enthält. Diese Luppe wird dann durch Kaltpilgerwalzen 2 zum fertig dimensionierten Rohr kaltumgeformt.

**[0053]** Da beim Kaltpilgerwalzen 2 ein Schmierstoff sowohl zwischen den Walzen und dem Rohr/der Luppe als auch zwischen der Dornstange und dem Rohr/Luppe aufgetragen wird, muss dieser Schmierstoff vor dem Glühen in zwei Schritten sowohl außen 3 als auch innen 4 entfernt werden. Dann erfolgt ein erstes Glühen in Schritt 5. Für spezielle Anwendungen kann nachfolgend ein weiteres Kaltumformen, beispielsweise durch Kaltziehen, in Schritt 6 erfolgen. Nach dem zweiten Kaltumformen müssen die Schritte 3 und 4, d.h. das Entfernen des Schmierstoffs bzw. Entfetten nochmals erfolgen, bevor das Rohr erneut in Schritt 5 geglüht wird. Nach dem Glühen wird das Rohr in Schritt 7 verpackt. Dieses Verpacken bedeutet in einigen Ausführungsformen, dass das Rohr vom Ring auf eine Spule umgespult wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Edelstahlrohrs mit den Schritten Bereitstellen einer rohrförmigen Luppe aus einem austenitischen Edelstahl, wobei der Edelstahl

Kohlenstoff mit einem Anteil von nicht mehr als 0,02 Gew.-%,  
 Mangan mit einem Anteil von nicht mehr als 1,0 Gew.-%,  
 Phosphor mit einem Anteil von nicht mehr als 0,03 Gew.-%,  
 Schwefel mit einem Anteil von nicht mehr als 0,015 Gew.-%,  
 Silizium mit einem Anteil von nicht mehr als 0,8 Gew.-%,  
 Nickel mit einem Anteil von 17,5 Gew.-% bis 18,5 Gew.-%,

Chrom mit einem Anteil von 19,5 Gew.-% bis 20,5 Gew.-%,  
 Molybdän mit einem Anteil von 6,0 Gew.-% bis 6,5 Gew.-%,  
 Stickstoff mit einem Anteil von 0,18 Gew.-% bis 0,25 Gew.-% sowie  
 Kupfer mit einem Anteil von 0,5 Gew.-% bis 1,0 Gew.-%

- aufweist mit einem Rest Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen, und Kaltumformen der Luppe zu einem Rohr, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zusätzlich die Schritte umfasst,  
 Aufwickeln des Rohrs und Glühen des aufgewickelten Rohrs nach dem Kaltumformen bei einer Temperatur in einem Bereich von 1100° C bis 1200° C.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das aufgewickelte Rohr bei einer Temperatur in einem Bereich von 1115° C bis 1155° C, vorzugsweise bei einer Temperatur in einem Bereich von 1120° C bis 1150° C, geglüht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur beim Glühen so eingestellt wird, dass das geglühte und aufgewickelte Rohr eine Härte von 90 HRB oder weniger, vorzugsweise von 80 HRB oder weniger, aufweist.
4. Verfahren nach einem davorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr in einer Vakuum-Atmosphäre, vorzugsweise bei einem Druck von weniger als 6 mbar, oder in einer Schutzgasatmosphäre, vorzugsweise einer Argonhaltigen Atmosphäre, geglüht wird.
5. Verfahren nach einem davorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr in einem Schachtofen geglüht wird.
6. Verfahren nach einem davorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr über eine Zeitdauer von mindestens 5 Minuten und höchstens 20 Minuten, vorzugsweise über eine Zeitdauer von etwa 10 Minuten, bei einer Temperatur in einem Bereich von 1100° C bis 1200° C, vorzugsweise in einem Bereich von 1115° C bis 1155° C und besonders bevorzugt in einem Bereich von 1120° C bis 1150° C, gehalten wird.
7. Verfahren nach einem davorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr im aufgewickelten Zustand ausgeliefert wird.
8. Verfahren nach einem davorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zusätzlich

nach dem Glühen die Schritte aufweist  
Abwickeln des Rohrs,  
Kaltumformen des Rohrs,  
Aufwickeln des Rohrs und  
erneutes Glühen des aufgewickelten Rohrs bei einer  
Temperatur in einem Bereich von 1100° C bis 1200°  
C, vorzugsweise in einem Bereich von 1115° C bis  
1155° C und besonders bevorzugt in einem Bereich  
von 1120° C bis 1150° C.

9. Verfahren nach einem davorhergehenden Ansprü-  
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** Rohr zu ei-  
nem Ring ohne Spule oder Kern aufgewickelt ge-  
glüht wird.

10. Verfahren nach einem davorhergehenden Ansprü-  
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zusätzlich  
den Schritt aufweist, Umspulen des geglühten auf-  
gewickelten Rohrs auf eine Spule, vorzugsweise auf  
eine Spule aus Holz.

11. Verfahren nach einem davorhergehenden Ansprü-  
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** Rohr durch  
Kaltpilgerwalzen oder Kaltziehen kalt umgeformt  
wird.

12. Edelstahlrohr, das

Kohlenstoff mit einem Anteil von nicht mehr als  
0,02 Gew.-%,  
Mangan mit einem Anteil von nicht mehr als 1,0  
Gew.-%,  
Phosphor mit einem Anteil von nicht mehr als  
0,03 Gew.-%,  
Schwefel mit einem Anteil von nicht mehr als  
0,015 Gew.-%,  
Silizium mit einem Anteil von nicht mehr als 0,8  
Gew.-%,  
Nickel mit einem Anteil von 17,5 Gew.-% bis  
18,5 Gew.-%,  
Chrom mit einem Anteil von 19,5 Gew.-% bis  
20,5 Gew.-%,  
Molybdän mit einem Anteil von 6,0 Gew.-% bis  
6,5 Gew.-%,  
Stickstoff mit einem Anteil von 0,18 Gew.-% bis  
0,25 Gew.-% sowie  
Kupfer mit einem Anteil von 0,5 Gew.-% bis 1,0  
Gew.-%

aufweist mit einem Rest Eisen und unvermeidbaren  
Verunreinigungen,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Edelstahlrohr aufgewickelt ist und im aufgewi-  
ckelten Zustand eine Härte von weniger als 90 HRB  
aufweist.

13. Edelstahlrohr nach Anspruch 12, **dadurch gekenn-  
zeichnet, dass** das aufgewickelte Edelstahlrohr ei-

ne Härte von 80 HRB oder weniger, aufweist.

14. Edelstahlrohr nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch  
gekennzeichnet, dass** das aufgewickelte Edel-  
stahlrohr eine Dehnung von mindestens 35 % auf-  
weist.

## Claims

1. A method for manufacturing of a stainless steel tube  
comprising the steps providing a tubular hollow of  
an austenitic stainless steel, wherein the stainless  
steel comprises

carbon with an amount of 0.02 wt% or less,  
manganese with an amount of 1.0 wt% or less,  
phosphor with an amount of 0.03 wt% or less,  
sulfur with an amount of 0.015 wt% or less,  
silicon with an amount of 0.8 wt% or less,  
nickel with an amount of 17.5 wt% to 18.5 wt%,  
chromium with an amount from 19.5 wt% to 20.5  
wt%,  
molybdenum with an amount from 6.0 wt% to  
6.5 wt%,  
nitrogen with an amount from 0.18 wt% to 0.25  
wt% and  
copper with an amount from 0.5 wt% to 1.0 wt%

with a remainder of iron and unavoidable impurities,  
and  
cold forming of the hollow into a tube,  
**characterized in that** the method further comprises  
the steps  
coiling the tube and  
annealing the coiled tube after cold forming at a tem-  
perature in a range from 1100 °C to 1200 °C.

2. The method according to claim 1, **characterized in  
that** the coiled tube is annealed at a temperature in  
a range from 1115 °C to 1155 °C, preferably at a  
temperature in a range from 1120 °C to 1150 °C.

3. The method according to claim 1 or 2 **characterized  
in that** during annealing the temperature is set such  
that the annealed and coiled tube comprises a hard-  
ness of 90 HRB or less, preferably of 80 HRB or less.

4. The method according to anyone of the preceding  
claims, **characterized in that** the tube is annealed  
under a vacuum atmosphere, preferably at a pres-  
sure of less than 6 mbar, or under an inert gas at-  
mosphere, preferably under an argon-containing at-  
mosphere.

5. The method according to anyone of the preceding  
claims, **characterized in that** the tube is annealed  
in a shaft furnace.

6. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the tube is kept over a time of at least 5 minutes and at most 20 minutes, preferably over a time of approximately 10 minutes, at a temperature in a range from 1100 °C to 1200 °C, preferably in a range from 1115 °C to 1155 °C, and most preferably in a range from 1120 °C to 1150 °C.

7. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the tube is shipped in the coiled state.

8. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** additionally the method after annealing comprises the steps decoiling of the tube, cold forming of the tube, coiling of the tube, and again annealing the coiled tube at a temperature in a range from 1100 °C to 1200 °C, preferably in a range from 1115 °C to 1155 °C, and most preferably in a range from 1120 °C to 1150 °C.

9. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the tube is annealed when coiled into a ring without a spool or a core.

10. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the method additionally comprises the step of recoiling the annealed and coiled tube onto a spool, preferably a spool of wood.

11. The method according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** the tube is cold formed by cold pilger milling or cold drawing.

12. A stainless steel tube comprising

carbon with an amount of 0.02 wt% or less,  
manganese with an amount of 1.0 wt% or less,  
phosphor with an amount of 0.03 wt% or less,  
sulfur with an amount of 0.015 wt% or less,  
silicon with an amount of 0.8 wt% or less,  
nickel with an amount from 17.5 wt% to 18.5 wt%,  
chromium with an amount from 19.5 wt% to 20.5 wt%,  
molybdenum with an amount from 6.0 wt% to 6.5 wt%,  
nitrogen with an amount from 0.18 wt% to 0.25 wt% and  
copper with an amount from 0.5 wt% to 1.0 wt%

with a remainder of iron and unavoidable impurities, **characterized in that** the stainless steel tube is coiled and in the coiled state comprises a hardness of less than 90 HRB.

13. The stainless steel tube according to claim 12, **characterized in that** the coiled stainless steel tube comprises a hardness of 80 HRB or less.

14. The stainless steel tube according to claim 12 or 13, **characterized in that** the coiled stainless steel tube has an elongation of at least 35%.

## 10 Revendications

1. Procédé de fabrication d'un tube en acier inoxydable comprenant les étapes consistant à fournir une billette tubulaire en acier inoxydable austénitique, où l'acier inoxydable comprend

du carbone dans une proportion ne dépassant pas 0,02 % en poids,  
du manganèse dans une proportion ne dépassant pas 1,0 % en poids,  
du phosphore dans une proportion ne dépassant pas 0,03 % en poids,  
du soufre dans une proportion ne dépassant pas 0,015 % en poids,  
du silicium dans une proportion ne dépassant pas 0,8 % en poids,  
du nickel dans une proportion de 17,5 % en poids à 18,5 % en poids,  
du chrome dans une proportion de 19,5 % en poids à 20,5 % en poids,  
du molybdène dans une proportion de 6,0 % en poids à 6,5 % en poids,  
de l'azote dans une proportion de 0,18 % en poids à 0,25 % en poids et  
du cuivre dans une proportion de 0,5 % en poids à 1,0 % en poids  
le reste étant du fer et des impuretés inévitables, et

former à froid la billette en un tube, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre les étapes consistant à enrouler le tube et recuire le tube enroulé après le formage à froid à une température comprise dans une plage allant de 1 100 °C à 1 200 °C.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le tube enroulé est recuit à une température comprise dans une plage allant de 1 115 °C à 1 155 °C, de préférence à une température comprise dans une plage allant de 1 120 °C à 1 150 °C.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température lors du recuit est ajustée de sorte que le tube enroulé et recuit présente une dureté de 90 HRB ou moins, de préférence de 80 HRB ou moins.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube est recuit dans une atmosphère sous vide, de préférence à une pression inférieure à 6 mbar, ou dans une atmosphère de gaz protecteur, de préférence une atmosphère contenant de l'argon. 5
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube est recuit dans un four à cuve. 10
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube est laissé pendant une période d'au moins 5 minutes et d'au plus 20 minutes, de préférence pendant une période d'environ 10 minutes, à une température comprise dans une plage allant de 1 100 °C à 1 200 °C, de préférence dans une plage allant de 1 115 °C à 1 155 °C, et de façon davantage préférée dans une plage allant de 1 120 °C à 1 150 °C. 15 20
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube est délivré à l'état enroulé. 25
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre après le recuit les étapes consistant à dérouler le tube, former à froid le tube, enrouler le tube et recuire à nouveau le tube enroulé à une température comprise dans une plage allant de 1 100 °C à 1 200 °C, de préférence dans une plage allant de 1 115 °C à 1 155 °C, et de manière davantage préférée dans une plage allant de 1 120 °C à 1 150 °C. 30 35
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube est recuit en étant enroulé en un anneau sans bobine ni noyau. 40
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre l'étape consistant à embobiner le tube enroulé recuit sur une bobine, de préférence sur une bobine en bois. 45
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube est formé à froid par laminage à pas de pèlerin à froid ou par étirage à froid. 50
12. Tube en acier inoxydable, lequel comprend
- du carbone dans une proportion ne dépassant pas 0,02 % en poids, 55
- du manganèse dans une proportion ne dépassant pas 1,0 % en poids,
- du phosphore dans une proportion ne dépassant pas 0,03 % en poids,
- du soufre dans une proportion ne dépassant pas 0,015 % en poids,
- du silicium dans une proportion ne dépassant pas 0,8 % en poids,
- du nickel dans une proportion de 17,5 % en poids à 18,5 % en poids,
- du chrome dans une proportion de 19,5 % en poids à 20,5 % en poids,
- du molybdène dans une proportion de 6,0 % en poids à 6,5 % en poids,
- de l'azote dans une proportion de 0,18 % en poids à 0,25 % en poids et
- du cuivre dans une proportion de 0,5 % en poids à 1,0 % en poids
- le reste étant du fer et des impuretés inévitables,
- caractérisé en ce que**
- le tube en acier inoxydable est enroulé et présente à l'état enroulé une dureté inférieure à 90 HRB.
13. Tube en acier inoxydable selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le tube en acier inoxydable enroulé présente une dureté de 80 HRB ou moins.
14. Tube en acier inoxydable selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le tube en acier inoxydable enroulé présente un allongement ou dilatation d'au moins 35 %.

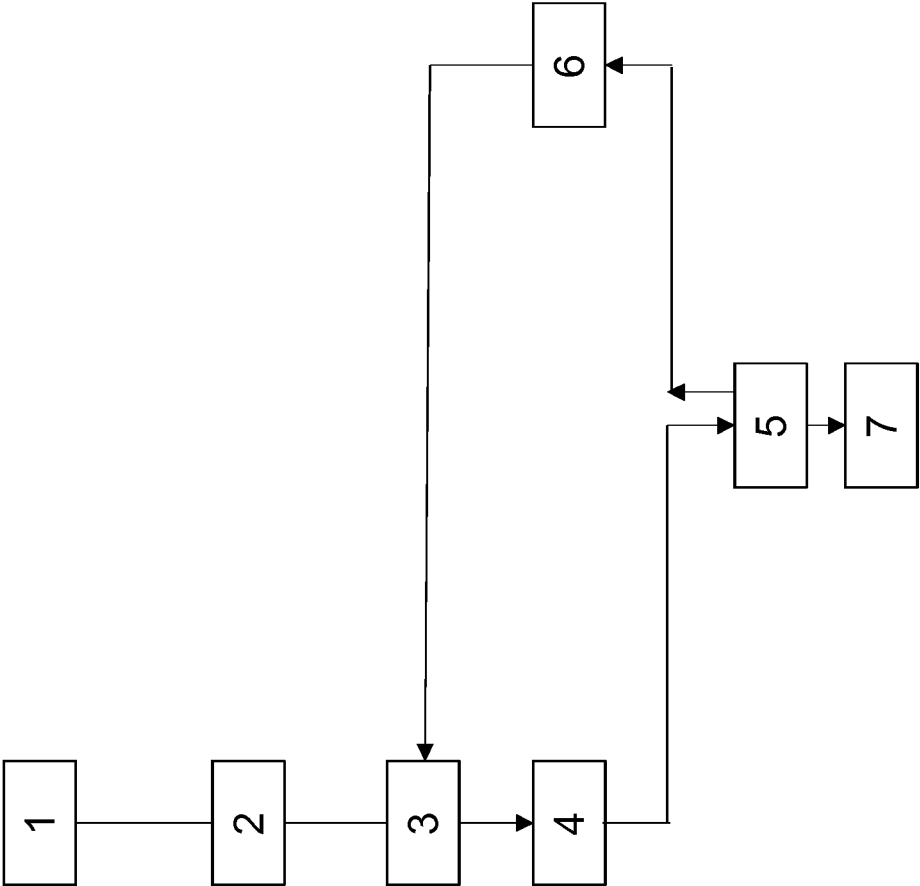


Fig. 1