



(11) **EP 1 204 772 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.07.2007 Patentblatt 2007/30

(51) Int Cl.:
C21D 8/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **00943586.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2000/001513

(22) Anmeldetag: **10.05.2000**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2000/068443 (16.11.2000 Gazette 2000/46)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON GESCHWEISSTEN STAHLROHREN HOHER FESTIGKEIT, ZÄHIGKEITS- UND VERFORMUNGSEIGENSCHAFTEN**

METHOD FOR PRODUCING WELDED STEEL PIPES WITH A HIGH DEGREE OF STRENGTH, DUCTILITY AND DEFORMABILITY

PROCEDE POUR PRODUIRE DES TUBES D'ACIER SOUDES PRESENTANT UNE RESISTANCE MECANIQUE, UNE TENACITE ET UNE APTITUDE A LA DEFORMATION ELEVEES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(74) Vertreter: **Meissner, Peter E.**
Meissner & Meissner
Patentanwaltsbüro
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)

(30) Priorität: **10.05.1999 DE 19922542**
09.05.2000 DE 10023488

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.05.2002 Patentblatt 2002/20

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 494 448 WO-A-96/00305
DE-A- 19 608 387 DE-C- 948 604
DE-C- 4 318 931 LU-A- 86 158

(73) Patentinhaber: **EUROPIPE GmbH**
45473 Mülheim a. d. Ruhr (DE)

(72) Erfinder:
• **HOHL, Gerold**
D-41462 Neuss (DE)
• **KNAUF, Gerhard**
D-47249 Duisburg (DE)

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 006, no. 106 (C-108), 16. Juni 1982 (1982-06-16) & JP 57 035625 A (KAWASAKI STEEL CORP), 26. Februar 1982 (1982-02-26)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 007, no. 077 (C-159), 30. März 1983 (1983-03-30) & JP 58 009926 A (KAWASAKI SEITETSU KK), 20. Januar 1983 (1983-01-20)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 204 772 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von geschweißten Stahlrohren hoher Festigkeit, Zähigkeits- und Verformungseigenschaften insbesondere Großrohre nach dem UOE-Verfahren, bei dem, ausgehend von einem warmgewalzten Blech, ein Rohr kalt eingeformt, verschweißt und auf Soll Durchmesser kalibriert und nach dem Schweißen und Kalibrieren einer Wärmebehandlung mit einer Temperatur im Bereich von 100-400°C unterworfen wird.

[0002] Durch Kaltformgebung, z. B. nach dem UOE-Verfahren hergestellte Rohre benötigen am Blech Streckgrenzen in Höhe des spezifizierten Mindestwertes, um am fertigen Rohr die geforderten Sicherheiten gegen Fließen zuverlässig zu erfüllen.

[0003] Für Rohre aus hochfesten Stählen mit einer Streckgrenze $R_{t0,5} \geq 550$ MPa (X80 entsprechend API-5L) sind diese Anforderungen aufgrund der gleichzeitig geforderten Zähigkeits- und Verformungseigenschaften in der Praxis nur mit vergleichsweise hohem Ausgangsstreckgrenzenverhältnis darstellbar, so daß eine Einhaltung der nach geltendem Regelwerk maximal zulässigen Streckgrenzenverhältnisse z.B. max. 0,93 nach API5L infolge der Kaltverfestigung beim Einformen und Kalibrieren der Rohre in der Großserie kaum oder nur mit erhöhtem technischen Aufwand und entsprechend hohen Produktionskosten zu bewerkstelligen ist. Darüber hinaus nimmt die integrale Verformungsreserve durch die Kaltformgebung als Folge der hohen Ausgangsstreckgrenzenverhältnisse mit steigendem Gütegrad ab, so daß in der Praxis die am Bauteil erforderliche integrale Verformungsreserve $\epsilon_{up} \geq 2\%$ im Rahmen der üblichen Streuungen an Rohren aus Stahl mit einer Streckgrenze $R_{t0,5} \geq 550$ MPa (X80) nur knapp und an Rohren aus Stahl mit einer Streckgrenze $R_{t0,5} \geq 620$ MPa (X90) bislang nicht erreicht werden konnte. Mit "integraler Verformungsreserve ϵ_{up} " ist die mittlere plastische Umfangsdehnung des Rohres vor Beginn der Wandeinschnürung analog der Gleichmaßdehnung im Laborzugversuch gemeint (Hohl, G.A. and Vogt, G.H: Allowable strains for high strength line pipe. 3R international, 31. Jhg., Heft 12/92, S. 696-700).

[0004] Zur Überwindung dieses Problems hat es in der Vergangenheit Überlegungen gegeben durch Veränderung der Legierungszusammensetzung und/oder der Walztechnik die geforderten höheren Verformungskennwerte zu erreichen. Diesen Möglichkeiten sind aber in der Praxis Grenzen gesetzt, da zum einen bestimmte Zulegerungen wie z.B. Nickel das Produkt erheblich verteuern oder deren Zugabe verformungstechnische Probleme bereitet wie z.B. Bor und zum anderen die Technologie des thermomechanischen Walzens hinsichtlich des einzustellenden Temperaturfensters, der Abkühlgeschwindigkeiten und der Umformgrade nur begrenzt veränderbar ist.

[0005] Aus der 196 10 675 C1 ist ein unter der Bezeichnung "bake hardening" lautendes Verfahren zur Er-

höhung der Bauteilfestigkeit bekannt. Darunter wird eine künstliche Alterung infolge des Einbrennlackierens verstanden. Die Beschichtung erfolgt vorzugsweise in einem Zinkbad, das von dem zuvor kaltgewalzten Band durchlaufen wird. Die Zinkbadtemperaturen liegen im Bereich von 450 - 470°C. Damit die Oberflächenveredelung konventioneller DP (Dualphasen) -Stähle betriebssicher möglich ist, wird ein Stahl folgender Zusammensetzung in Gew.% vorgeschlagen

0,05 bis 0,3% Kohlenstoff

0,8 bis 3,0% Mangan

0,4 bis 2,5% Aluminium

0,01 bis 0,2% Silizium

[0006] Rest Eisen mit erschmelzungsbedingten Verunreinigungen. Nach dem Kaltwalzen schließt sich eine Wärmebehandlung vorzugsweise in einer Feuerverzinkungsanlage oder in einem Durchlaufglühofen an.

[0007] Das Gefüge besteht aus einer ferritischen Matrix, in die inefförmig Martensit eingelagert ist. Die Mindestkennwerte die mit dem bekannten Verfahren erreichbar sind

Dehngrenze ($R_{p0,2}$) ≥ 200 MPa

Zugfestigkeit (R_m) ≥ 550 MPa

Bruchdehnung (A_{80}) $\geq 25\%$

Streckgrenzenverhältnis ($R_{p0,2}/R_m$) $\leq 0,7$

[0008] Die wesentlichen das vorgeschlagene Verfahren begünstigenden Elemente sind Aluminium und Silizium. Das letztgenannte Element Si wird niedrig gehalten, um die Bildung von rotem Zunder beim Warmwalzen zu unterdrücken. Roter Zunder birgt die Gefahr von Zunderereinwalzungen, die beim Beizen des Bandes zu Oberflächeninhomogenitäten führen. Hohe Al-Gehalte fördern die Fenitbildung bei der Glühung zwischen den Umwandlungstemperaturen A_{C1} und A_{C3} . Die Perlitbildung wird zu deutlich längeren Zeiten verschoben, so dass sie bei den realisierbaren Abkühlraten unterdrückt werden kann. Die Haftbedingungen sowohl der Zinkschicht als auch der Zink-Eisen-Legierungsschicht werden durch Al verbessert.

[0009] Das bekannte Verfahren ist für geschweißte Rohre aus hochfesten Stählen z.B. der Güte X80 mit einer Mindeststreckgrenze von 550 MPa nicht anwendbar, da eine Wärmebehandlung im Temperaturbereich von 450 - 470°C wegen der langen Aufwärm- und Haltezeiten unwirtschaftlich ist. Das Streckgrenzenverhältnis dieser hochfesten Stähle liegt beispielsweise für eine Güte X65 bei $> 0,70$, ansonsten im Bereich zwischen 0,80 - 0,93.

[0010] Aus der JP-B 61-44123 und JP-B 60-26809 ist ein Verfahren zur Herstellung eines hochfesten Stahles der Qualität X80 (API-Norm) mit ausgezeichneter Tieftemperaturzähigkeit bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren wird ein Stahl mit den Elementen C, Si, Mn, P, S, Nb und Al, Rest Eisen und verfahrensbedingten Verunreinigungen erschmolzen und daraus eine Bramme im Strang gegossen. Durch ein TM-Walzen wird die

Bramme in ein warmgewalztes Blech umgeformt und dieses zu einem Schlitzrohr eingeformt. Nach dem Schweißen und Kalibrieren wird das so erzeugte Rohr einer Wärmebehandlung im Bereich von 100 - 400 °C mit einer Haltezeit zwischen 0,5- 120 Minuten unterworfen.

[0011] Als erfindungswesentlich wird hervorgehoben, dass zur Erhöhung der Tieftemperaturzähigkeit die Gesamt-Verweilzeit zwischen der ersten Walzabfolge und der zweiten Walzabfolge im Bereich ≤ 60 Sekunden liegen soll.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung geschweißter Stahlrohre hoher Festigkeit, Zähigkeits- und Verformungseigenschaften insbesondere Großrohre nach dem UOE-Verfahren anzugeben, mit dem Qualitäten $\geq X90$ mit einer Mindeststreckgrenze von 620 MPa sowie sauergasbeständige Güten wirtschaftlich und prozeßsicher unter Einhaltung der vom Regelwerk festgelegten Obergrenze für das Streckgrenzenverhältnis darstellbar sind.

[0013] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen im Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind jeweils Gegenstand von Unteransprüchen.

[0014] Gemäß dem Lösungsvorschlag wird ausgehend von einem Blech aus einem Stahl der Zusammensetzung in Gew. %

0,02 bis 0,20% Kohlenstoff

0,05 bis 0,50% Silizium

0,50 bis 2,50% Mangan

0,003 bis 0,06% Aluminium

[0015] Rest Eisen mit erschmelzungsbedingten Verunreinigungen das Rohr nach dem Schweißen und Kalibrieren einer Wärmenachbehandlung im Temperaturbereich von 100-300 Grad Celsius und einer der Rohrwanddicke angepassten Haltezeit mit anschließender Abkühlung an Luft oder durch Zwangskühlung unterworfen. Die Haltezeit richtet sich vorwiegend nach der durchzuwärmenden Erzeugniswanddicke und hängt von der Art der Wärmezufuhr ab. Dies bedeutet, daß die Haltezeiten in einem Extremfall nur Sekunden und im anderen Extremfall mehrere Stunden betragen kann. Das so erzeugte Rohr weist bei gleich hoher Festigkeit gegenüber konventionell hergestellten Erzeugnissen um mehr als doppelt so hohe Verformungsreserven auf, ohne die vom aktuellen Regelwerk festgelegte Obergrenze für das Streckgrenzenverhältnis zu überschreiten. Optimale Ergebnisse werden erreicht, wenn die Mindestausgangsstreckgrenze am Blech der um den Streckgrenzenanstieg durch Kaltformgebung und Wärmeeffekt verminderten Mindeststreckgrenze am Rohr entspricht. Ein so hergestelltes Rohr zeichnet sich durch Alterungsbeständigkeit und besonders hohe Homogenitäten der Eigenschaften am Rohrumfang aus, wobei die angegebene Stahlanalyse hinsichtlich der Hauptelemente den Bereich der hochfesten Großrohrstähle abdeckt. Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung können optional noch weitere Elemente bis zur angegebenen Höchstgrenze zulegiert werden, um besonderen Anforderungen hinsichtlich der mechanischen Kennwerte in Abhängig-

keit von der Erzeugniswanddicke zu genügen.

[0016] Untersuchungen haben ergeben, daß mit der vorgeschlagenen Wärmebehandlung die mechanischen Werkstoffkennwerte insbesondere die Streckgrenze in einem Maße erhöht werden, so daß die geforderten Mindestwerte prozeßsicher erreicht werden. Mit prozeßsicher ist gemeint, daß die Erhöhung eine Reserve bedeutet, die es gestattet die üblichen Schwankungen hinsichtlich Legierungszusammensetzung, Wanddicke, Walzparameter usw. zuzulassen, ohne Gefahr zu laufen auch beim Zusammentreffen mehrerer ungünstig liegender Parameter den geforderten Mindestwert zu unterschreiten. Die ansonsten üblichen Sondermaßnahmen können dadurch entfallen.

[0017] Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß durch eine solche Wärmebehandlung konditionierte Rohre sich bei Betriebstemperatur unterhalb der Wärmebehandlungstemperatur, z. B. 200 Grad Celsius, als alterungsbeständig verhalten, so daß für Leitungen aus solchen Rohren während der betrieblichen Einsatzdauer keine weiteren Veränderungen der mechanischen Eigenschaften zu erwarten sind. Naturgemäß gilt diese Aussage auch für Rohre aus Stahlgüten $< X80$, deren Eigenschaften am Umfang und in der Fertigungsserie mittels einer solchen Wärmebehandlung mit größerer Prozeßsicherheit und kleineren Streuungen einzustellen sind.

[0018] Die Wärmebehandlung kann in einem Durchlaufofen oder beim Durchlauf einer Induktionsspule erfolgen. Das letztgenannte Verfahren ist vorzugsweise in eine Rohraußenisolierungsanlage integrierbar. Dies bedeutet, daß die für die Aufbringung der ein-oder-mehrlagigen Isolierung erforderliche Erwärmung des Rohres gleichzeitig zur Steigerung der Festigkeitseigenschaften auf das erforderliche Niveau genutzt werden kann, da die für die Isolierung erforderliche Temperatur in dem vorgeschlagenen Bereich von 100-300 Grad Celsius liegt.

[0019] Der Vorteil ist, daß die im Abnahmeversuch nach der Isolierung ermittelten Festigkeits- und Verformungseigenschaften damit für die gesamte Nutzungsdauer einer Rohrleitung maßgebend sind. Der Einsatz von Blechen und Bändern mit niedriger Ausgangsstreckgrenze erscheint auch in der Weise vorteilhaft nutzbar, indem zur Eiformung zum Schlitzrohr kleinere Umformkräfte benötigt werden. Dieser Vorteil ist insbesondere bei dickwandigen Rohren von Bedeutung.

[0020] Ein weiterer Vorteil der vorgeschlagenen Wärmebehandlung ist darin zu sehen, daß sie einen Beitrag zur reproduzierbaren Darstellung der Streckgrenzenverhältnisse auf niedrigem Wertenniveau sowie einer Homogenisierung der Festigkeitseigenschaften in der Fertigungsserie leistet, so daß gegenüber konventionell hergestellten Rohren am Bauteil höhere Verformungsreserven gegen duktilen Bruch erreichbar sind.

[0021] Den Effekt einer Homogenisierung der Festigkeitseigenschaften kann man noch dadurch steigern, wenn man bei dem nach dem UOE-Verfahren hergestell-

ten Großrohren vor der Wärmebehandlung eine Konditionierung der Rohre entsprechend dem in der DE 195 22 790 A1 vorgeschlagenen Verfahren vornimmt. Die hierdurch ganz gezielt je nach Anwendungszweck für Innen- oder Außendruckbelastung darstellbaren Rohreigenschaften bringen in Verbindung mit der hier vorgeschlagenen Wärmenachbehandlung hinsichtlich Streuung der Werte am Rohrumfang und von Rohr zu Rohr sowie in bezug auf die potentiell am Bauteil darstellbare Formänderungsreserve die besten Ergebnisse.

[0022] Das vorgeschlagene Verfahren ist anwendbar für längsnahtgeschweißte und schraubennahtgeschweißte Rohre (auch Spiralrohre genannt) nach dem HFI- und nach dem UOE-Verfahren.

[0023] Um z. B. ein Rohr mit 56" Außendurchmesser und 19.1 mm Wand aus Stahl X100 nach üblicher Verfahrensweise herzustellen, wird am Blech eine 2.0%-Dehngrenze von $R_{p2.0} \geq 710$ MPa und eine Zugfestigkeit von $R_m \geq 770$ MPa gebraucht. Da die finalen Festigkeitseigenschaften durch die Ausgangswerte am Blech und die Kaltverfestigung beim Einformen und Kalibrieren der Rohre auf Solldurchmesser festgelegt sind, werden am fertiggestellten Rohr Streckgrenzenverhältnisse erreicht, die für das Formänderungsvermögen des innen-druckbeaufschlagten Bauteils eine Einschränkung darstellen. Dadurch bedingt war an hochfesten Rohren die üblicherweise bei $\epsilon_{up} \geq 2\%$ geforderte integrale Dehnung nach konventionellem Verfahren in der Praxis bisher kaum oder nicht sicher genug darstellbar.

[0024] Um ein Rohr gleicher Güte und Abmessung nach neuem Verfahren herzustellen, benötigt man am Blech nur eine 2.0%-Dehngrenze von $R_{p2.0} \geq 640$ MPa statt der ≥ 710 MPa und eine Zugfestigkeit von $R_m \geq 770$ MPa, wobei insbesondere die Streckgrenze in Abhängigkeit von der Analyse der eingesetzten Stahlgüte und dem Verformungsgrad bei der Umwandlung vom Blech zum Rohr um den angegebenen Wert schwankt. Beispielsweise weist die eingesetzte Stahlgüte folgende Analyse in Gew.% auf:

C 0,096; Si 0,383; Mn 1,95; Al 0,035; P 0,015; Ti 0,019; Cr 0,062;
Mo 0,011; Ni 0,045; Nb 0,042; V 0,005; Cu 0,045; N 0,005; B 0,001.

[0025] Da hier die in Umfangsrichtung benötigten Festigkeitseigenschaften simultan durch die Wärmenachbehandlung des Rohres erreicht werden, genügen am Blech zur Darstellung der spezifizierten Rohrgüte niedrigere Ausgangswerte der Dehngrenzen und Streckgrenzenverhältnisse, wodurch eine Erhöhung der Gleichmaßdehnungen auf Werte $A_g \geq 8.5\%$ am Blech und auf Werte $A_g \geq 6.5\%$ am Rohr ermöglicht wird. Gegenüber konventionell hergestellten Rohren ist dadurch ein doppelt so hohes Formänderungsvermögen realisierbar, so daß die notwendigen Voraussetzungen für eine produktionssichere Darstellung der integralen Bauteilreserve $\epsilon_{up} \geq 2\%$ im Rahmen der herstellungsbedingten Streu-

ungen auch für Rohrgüten eines X 100 zuverlässig erfüllbar sind.

[0026] Das Ausmaß der durch die Wärmenachbehandlung in Rohrumfangsrichtung erreichbaren Steigerungen der $R_{t0.5}$ -Dehngrenzen hängt von der Stahlsammensetzung, den C- und N-Anteilen in Zwangslösung und den Parametern des Rohrherstellungsprozesses ab und beträgt nach heutigem Stand der Erkenntnisse bis zu 18% der am expandierten Rohr an Rundzugproben nachgewiesenen $R_{t0.5}$ -Dehngrenze. Für unexpandierte Rohre wie z. B. HFI-Rohre werden Steigerungen von bis zu 12 % nach den bisherigen Erfahrungen erreicht. Die Zugfestigkeiten R_m nehmen durch die Wärmenachbehandlung um ca. 20 MPa zu.

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung geschweißter Stahlrohre hoher Festigkeits-, Zähigkeits- und Verformungseigenschaften, insbesondere Großrohre nach dem UOE-Verfahren, bei dem, ausgehend von einem warmgewalzten Blech, ein Rohr kalt eingeformt, verschweißt und auf Solldurchmesser kalibriert und nach dem Schweißen und Kalibrieren einer Wärmebehandlung mit einer Temperatur im Bereich von 100 - 400 °C unterworfen wird, wobei ausgehend von einem TM-gewalzten Blech aus einem Stahl mit (in Gew.-%)
 - 0,02 bis 0,20 % C
 - 0,05 bis 0,50 % Si
 - 0,50 bis 2,50 % Mn
 - 0,003 bis 0,06 % Al
 - sowie fakultativ
 - bis 0,02 % P
 - bis 0,06 % Ti
 - bis 0,20 % Cr
 - bis 0,50 % Mo
 - bis 0,30 % Ni
 - bis 0,10 % Nb
 - bis 0,08 % V
 - bis 0,50 % Cu
 - bis 0,030 % N
 - bis 0,005 % B
 Rest Eisen mit erschmelzungsbedingten Verunreinigungen eine Wärmebehandlung für das Rohr in der Qualität \geq X90 (API-Norm) mit einer Temperatur im Bereich von 100 - 300 °C und einer der Rohrwanddicke angepassten Haltezeit mit anschließender Abkühlung an Luft oder durch Zwangskühlung erfolgt und das so erzeugte Rohr alterungsbeständig ist und bei gleich hoher Festigkeit eine ausreichende integrale Verformungsreserve gegen Bruch aufweist, ohne die nach aktuellem Regelwerk für herkömmliche Stähle festgelegte Obergrenze für das Streckgrenzenverhältnis zu überschreiten, wobei die Mindestausgangsstreckgrenze im Blech der um den Streckgrenzenanstieg durch Kaltformgebung

und Wärmebehandlung verminderten Mindeststreckgrenze am Rohr entspricht, wobei die Wärmebehandlung im Rahmen der Anbringung einer ein- oder mehrlagigen Außenisolierung erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebehandlung in einem Durchlaufofen erfolgt.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebehandlung beim Durchlauf durch eine Induktionsspule erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß bei der Herstellung von Großrohren nach dem UOE-Verfahren die längsnahtgeschweißten Rohre vor der Wärmebehandlung durch eine kombinierte Anwendung von Kaltaufweiten und Kaltreduzieren vorkonditioniert werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass je nach Anforderungsprofil die Reihenfolge und der Grad des Aufweitens bzw. des Reduzierens festgelegt wird.

Claims

1. Method of manufacturing welded steel pipes with a high degree of strength, toughness and deformability, in particular large-diameter pipes according to the UOE method, in which starting from a hot-rolled plate a pipe is cold-formed, welded and calibrated to the desired diameter and is subjected, after welding and calibrating, to heat treatment at a temperature in the region of 100-400°C, wherein starting from a TM-rolled plate composed of steel comprising (in % by weight):

0.02 to 0.20 % C
0.05 to 0.50 % Si
0.50 to 2.50 % Mn
0.003 to 0.06 % Al
and optionally
up to 0.02 % P
up to 0.06 % Ti
up to 0.20 % Cr
up to 0.50 % Mo
up to 0.30 % Ni
up to 0.10 Nb
up to 0.08 % V
up to 0.50 % Cu
up to 0.030 % N
up to 0.005 % B

remainder iron with melt-dependent impurities, heat treatment is carried out for the pipe with the quality \geq X90 (API standard) at a temperature in the range of 100-300°C and with a holding time adapted to the pipe-wall thickness followed by cooling in air or by forced cooling, and the pipe so produced is ageing-resistant and whilst having the same degree of strength has a sufficiently integral deformation reserve against rupture, without exceeding the upper limit for the yield point ratio fixed according to current regulations for conventional steels, wherein the minimum starting yield point in the plate corresponds to the minimum yield point on the pipe reduced by the rise in yield point by cold forming and heat treatment, heat treatment being carried out within the context of applying a single- or multiple-ply outer insulation.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the heat treatment takes place in a conveyor furnace.
3. Method according to claims 1 to 2, **characterised in that** the heat treatment takes place upon passing through an induction coil.
4. Method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** during the manufacture of large-diameter pipes according to the UOE method, the pipes having a longitudinal welded seam are pre-conditioned before the heat treatment by a combined application of cold expansion and cold reduction.
5. Method according to claim 4, **characterised in that** the sequence and degree of expansion or reduction is established according to the requirement profile.

Revendications

1. Procédé pour la fabrication de tubes d'acier soudés présentant une résistance mécanique, une ténacité et une aptitude à la déformation élevées, notamment de tubes de grand diamètre suivant le procédé UOE, dans lequel, à partir d'une tôle laminée à chaud, un tube est formé à froid, soudé et calibré au diamètre nominal et, après le soudage et le calibrage, soumis à un traitement thermique à une température comprise entre 100 et 400 °C, à partir d'une tôle laminée thermomécaniquement dans un acier comportant de (% en poids)
0,02 à 0,20 % de C
0,05 à 0,50 % de Si
0,50 à 2,50 % de Mn
0,003 à 0,06 % d'Al
ainsi que facultativement
jusqu'à 0,02 % de P
jusqu'à 0,06 % de Ti
jusqu'à 0,20 % de Cr
jusqu'à 0,50 % de Mo

jusqu'à 0,30 % de Ni
 jusqu'à 0,10 % de Nb
 jusqu'à 0,08 % de V
 jusqu'à 0,50 % de Cu
 jusqu'à 0,030 % de N 5
 jusqu'à 0,005 % de B
 le reste étant du fer avec des impuretés d'élabora-
 tion, un traitement thermique ayant lieu pour le tube
 de qualité \geq X90 (norme API) à une température
 comprise entre 100 et 300 °C pendant un temps de 10
 séjour adapté à l'épaisseur de paroi du tube, suivi
 d'un refroidissement à l'air ou forcé et le tube ainsi
 produit étant résistant au vieillissement et présen-
 tant, pour une résistance mécanique tout aussi éle- 15
 vée, une réserve de déformation intégrale suffisante
 contre la rupture, sans dépasser la limite supérieure
 du rapport de limites d'élasticité fixée par la régle-
 mentation actuelle pour les aciers traditionnels, la
 limite d'élasticité minimale de départ de la tôle cor- 20
 respondant à la limite d'élasticité minimale du tube
 moins l'augmentation de limite d'élasticité due au
 formage à froid et au traitement thermique, le traite-
 ment thermique ayant lieu dans le cadre de l'appli-
 cation d'une isolation extérieure mono- ou multicou- 25
 che.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que le traitement thermique a lieu
 dans un four continu. 30
3. Procédé selon les revendications 1 ou 2,
caractérisé en ce que le traitement thermique a lieu
 par traversée d'une bobine d'induction.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, 35
caractérisé en ce que, lors de la fabrication de tu-
 bes de grand diamètre suivant le procédé UOE, les
 tubes à soudure longitudinale sont pré-conditionnés
 avant le traitement thermique par l'application com-
 binée d'un élargissement à froid et d'une réduction 40
 à froid.
5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que l'ordre et l'importance de
 l'élargissement et de la réduction sont déterminés 45
 en fonction du profil des spécifications.

50

55

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

- JP 61044123 B [0010]
- JP 60026809 B [0010]
- DE 19522790 A1 [0021]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- HOHL, G.A. ; VOGT, G.H. Allowable strains for high strength line pipe. *3R international*, 31. Jhg., vol. 12/92, 696-700 [0003]