



(11)

EP 1 926 837 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.03.2014 Patentblatt 2014/11

(51) Int Cl.:
C21D 9/08 (2006.01) **C21D 9/14** (2006.01)
C21D 1/25 (2006.01) **C21D 6/00** (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06775881.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2006/001457

(22) Anmeldetag: **18.08.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/033635 (29.03.2007 Gazette 2007/13)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON KALTGEFERTIGTEN PRÄZISIONSSTAHLROHREN**
PROCESS FOR MANUFACTURING COLD-FORMED PRECISION STEEL PIPES
PROCEDE DE FABRICATION DE TUBES D'ACIER DE PRECISION FABRIQUES A FROID

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **21.09.2005 DE 102005046459**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.06.2008 Patentblatt 2008/23

(73) Patentinhaber: **Salzgitter Mannesmann Precision
GmbH
59067 Hamm (DE)**

(72) Erfinder:
• **SIEKMEYER, Josef
40883 Ratingen (DE)**
• **MUSSMANN, Wolfgang
42859 Remscheid (DE)**
• **SEE, Lothar
40221 Düsseldorf (DE)**
• **HERZIG, Sven
58462 Iserlohn (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 181 791 DE-A1- 19 942 641
US-A1- 2002 033 591 US-A1- 2005 076 975

- "Präzisionsstahlrohre für die Hydraulik und Pneumatik - HP-,HPS-,HPZ-,HPK-Rohre" 23. September 2004 (2004-09-23), **MANNESMANN RÖHRENWERKE / MHP MANNESMANN PRÄZISROHR**, XP002409046 Gefunden im Internet: URL:[www.mhptubes.de/1-pics-tubes/1700_Hydr aulikPneumatik.pdf](http://www.mhptubes.de/1-pics-tubes/1700_Hydr%20aulikPneumatik.pdf) [gefunden am 2006-11-23] Seite 3 - Seite 12 Tabellen 9,10
- **H.-J. BARGEL, G. SCHULZE: "Werkstoffkunde" 1988, VDI-VERLAG GMBH, DÜSSELDORF, XP002409047 Seite 173 - Seite 175**

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 1 926 837 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von kaltgefertigten, insbesondere kaltgezogenen, Präzisionsstahlrohren, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Insbesondere werden in diesem Zusammenhang Präzisionsstahlrohre nach DIN EN 10305 Teil 1 und 2 betrachtet, die im Betriebszustand unter hohem Innendruck stehend, beispielsweise Zylinderrohre im Hydraulik- oder Pneumatik-Bereich Anwendung finden.

[0003] Der grundsätzliche Herstellungsprozess nahtloser oder geschweißter, kaltgezogener Präzisionsstahlrohre wird beispielsweise im Stahlrohr Handbuch, 12. Auflage 1995, Vulkan Verlag Essen, beschrieben.

[0004] Derart hergestellte Rohre zeichnen sich insbesondere durch enge Wanddicken- und Durchmesser-toleranzen aus.

[0005] Ausgangsprodukt kann entweder ein nahtlos gefertigtes warmgewalztes oder ein aus Warmband mittels Hochfrequenz-Induktion-Schweißen (HFI-Schweißen) hergestelltes Vorrohr sein.

[0006] Dieses als Luppe bezeichnete Vorrohr wird im nachfolgenden Kaltziehprozess, der ein oder mehrere Züge beinhalten kann, auf die geforderte Fertigabmessung (Durchmesser, Wanddicke) zum Fertighrohr gezogen.

[0007] Durch die Kaltumformung tritt eine Verfestigung des Werkstoffes ein, d. h. seine Streckgrenze und Festigkeit werden erhöht, während gleichzeitig seine Dehnungs- und Zähigkeitswerte kleiner werden.

[0008] Dies ist ein erwünschter Effekt für viele Anwendungszwecke. Wegen des verminderten Formänderungsvermögens ist jedoch vor weiteren Umformvorgängen fallweise eine rekristallisierende Wärmebehandlung notwendig, um den Werkstoff für den nächsten Ziehvorgang wieder kaltumformbar zu machen.

[0009] Die Eigenschaften derart hergestellter Präzisionsstahlrohre werden in der DIN EN 10305 Teil 1 und 2 beschrieben.

[0010] Als Stahlsorten kommen sowohl unlegierte Qualitätsstähle bis E 355 als auch höherfeste Güten bis StE 690 zum Einsatz.

[0011] Für die Verwendung solcher unter hohem Innendruck stehenden Rohre, z. B. als Hydraulik-Zylinderrohre, werden hohe Anforderungen an deren Zähigkeit gestellt. Hydraulik-Zylinder steuern Bewegungsabläufe bei vielen Geräten und Maschinen, die u. a. auch im Freien bei großen Temperaturunterschieden eingesetzt werden.

[0012] Unter Temperaturbedingungen von bis zu -20°C konnte aufgrund von Sprödbbruchneigung bei unter Druck stehenden Zylindern oder Rohren bisheriger Werkstoffe die Gefahr von Personen- und Sachschäden nicht sicher ausgeschlossen werden.

[0013] Untersuchungen haben gezeigt, dass auch die bislang übliche Forderung von 27 J Kerbschlagarbeit bei -20°C an genormten Proben nicht ausreicht, um ein Bau-

teilversagen durch Sprödbbruch bei dieser Temperatur mit großer Sicherheit auszuschließen.

[0014] Vergleichende systematische Untersuchungen an einbaufertigen Zylinderrohren unter Einbeziehung von Kerbschlagbiegeversuchen, Drop-Weight-Tear-Tests und Bauteilversuchen zeigen, dass erst für einen Mindestwert der Kerbschlagarbeit, der einen 50%-igen Scherbruchanteil im DWT-Test ergibt, ein weitgehend duktiles Bauteilversagen erwartet werden kann.

[0015] Für die zu erreichenden Werte im Kerbschlagbiegeversuch bedeutet dies aber z. B. für einen St52 einen Mindestwert von ca. 80 J bei Einsatztemperatur, der dem Bauteil genügend plastische Verformungsreserven gibt und die Gefahr einer spröden, mehrteiligen Bauteilzerlegung vermeidet.

[0016] Die im Kerbschlagbiegeversuch für das fertige Rohr ermittelte Kerbschlagarbeit kann mit dem bislang angewandten Herstellungsverfahren jedoch nicht auf das erforderliche Niveau angehoben werden.

[0017] Aus "Präzisionsstahlrohre für die Hydraulik und Pneumatik-HP-HPS-HPZ-NPK-Rohre, 23. September 2004, Mannesmann Röhrenwerke/MHP Mannesmann Präzisrohr ist die Herstellung von Präzisionsstahlrohren für die Hydraulik und Pneumatik bekannt, wobei für HPZ-Rohre modifizierte Stahlgüten eingesetzt werden, die im Tieftemperaturbereich ein mehrteiliges Bauteilversagen /Sprödbbruch verhindern und somit die Einsatzsicherheit erhöhen. Die Rohre werden spannungsarm gegläut ausgeliefert, wobei nach dem letzten Kaltzug die Glühung durchgeführt wird.

[0018] Ferner ist es aus H.-J. Bargel, G.Schulze: "Werkstoffkunde" 1988, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, Seiten 173-175, bekannt, dass durch das Vergüten von Stahl eine hohe Sprödbrechtsicherheit sowie eine ausreichende Streckgrenzen, bei hoher Kerbschlagzähigkeit erreichbar ist.

[0019] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung kaltgefertigter insbesondere kaltgezogener Präzisionsstahlrohre zur Anwendung insbesondere als druckbeaufschlagte Zylinderrohre anzugeben, mit dem auf einfache und kostengünstige Weise ein weitgehend duktiles Versagen des Rohres auch bei Einsatztemperaturen von bis zu -20°C sicher erreicht werden kann.

[0020] Diese Aufgabe wird ausgehend vom Oberbegriff in Verbindung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0021] Nach der Lehre der Erfindung wird ein Verfahren angewendet, bei dem das Vorrohr in einem oder mehreren Durchgängen fertiggezogen wird, wobei vor dem Fertigziehen das Rohr einer Vergütungsbehandlung unterzogen wird und das Stahlrohr folgende chemische Zusammensetzung (in %) aufweist:

C	= 0,05 - 0,25
Si	= 0,15 - 1,0
Mn	= 1,0 - 3,5

(fortgesetzt)

Al	= 0,020 - 0,060
V	max. 0,20
N	max. 0,150
S	max. 0,030

mit optionaler Zugabe eines oder mehrerer Legierungselemente wie Cr, Mo, Ni, W, Ti oder Nb, Rest Eisen sowie erschmelzungsbedingter Verunreinigungen.

[0022] Die optionale Zugabe der Legierungselemente wird je nach gefordertem Eigenschaftsprofil, d. h. insbesondere entsprechend der gewünschten mechanischen Eigenschaften, festgelegt und weisen folgende Gehalte (in Gew.-%) auf:

Cr	max. 0,80
Mo	max. 0,65
Ni	max. 0,90
W	max. 0,90
Ti	max. 0,20
Nb	max. 0,20

[0023] Die Vergütungsbehandlung selber, besteht aus einem klassischen Härten mit anschließendem Anlassen der Rohre. Abgestimmt auf den jeweiligen Werkstoff wird die Austenitisierung bei Temperaturen von ca. 910 - 940°C durchgeführt, gefolgt von einem ein Härtungsgefüge bildenden Abschreckvorgang. Die Abschreckung kann über verschiedene Abschreckmedien erfolgen, üblicherweise wird die Abschreckung mittels Wasser über eine Wasserbrause vorgenommen. Bei einem Einsatz von lufthärtenden Werkstoffen erfolgt die Abkühlung beispielsweise an ruhender Luft.

[0024] Nach dem Härten erfolgt die Anlassbehandlung, die abhängig vom Werkstoff bei Temperaturen von ca. 540 - 720°C erfolgt.

[0025] Der Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens ist darin zu sehen, dass durch einen Vergütungsschritt vor dem Fertigzug ein sehr gleichmäßiges homogenes Gefüge mit ausgezeichneter Zähigkeit erzeugt wird, die im Wesentlichen auch nach dem Fertigzug des Rohres erhalten bleibt. Untersuchungen ergaben, dass die Werte für die Kerbschlagarbeit bei -20°C und einem 50%-igen Scherbruchanteil im DWT-Test bei hervorragenden 80 J für Querproben und 100 J für Längsproben liegt.

[0026] Eine eventuell vom Kunden geforderte Schlussglühung in Form einer Spannungsarmglühung nach dem Fertigzug trägt zu einer nochmaligen Verbesserung der Kerbschlagarbeitswerte und damit der Zähigkeit im Bauteil bei.

[0027] Werkstoffabhängig wird die Schlüssiglühung vorteilhaft in einem Temperaturbereich von 500 - 700 °C durchgeführt, wobei darauf zu achten ist, dass die exakte Temperaturfestlegung in Abhängigkeit von den zu erreichenden Werkstoffeigenschaften, wie z. B. Festigkeit,

Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit, erfolgen sollte.

[0028] Untersuchungen an mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Rohren haben gezeigt, dass das ansonsten typischerweise vorhandene ferritisch-perlitische Gefüge der Baustähle mit ausgeprägten Unterschieden im Kerbschlagarbeitsniveau in Quer- sowie Längsrichtung sich bei den mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Werkstoffen nicht findet.

[0029] Deutlich zeigen dies die in **Figur 1** dargestellten Versuchsergebnisse für Kerbschlagarbeitswerte an Zylinderrohren aus StE460 mod.. Sowohl in Längs- wie auch in Querrichtung wird ein nahezu identisches Kerbschlagarbeitsniveau bis etwa 180 J erreicht.

[0030] Wie in **Figur 2** dargestellt, weisen die Bauteile aus dem erfindungsgemäß hergestellten Stahlrohr StE 460 mod. bei Temperaturen bis -20°C im Vergleich zum konventionell erzeugten Stahlrohr aus StE 460 konv. einen ausreichend hohen Anteil duktilen Bruchverhaltens auf und haben damit genügend plastische Verformungsreserven, um die Gefahr einer mehrteiligen Bauteilzerlegung sicher zu verhindern.

[0031] Das erfindungsgemäße Werkstoffkonzept lässt damit den Betrieb von Hydraulikzylindern auch im Temperaturbereich bis -20°C sicher zu.

[0032] Als positiver Nebeneffekt ist bei bestimmten Stahlgüten eine deutliche Erhöhung der Festigkeitswerte zu verzeichnen. Dies ermöglicht vorteilhaft eine Wanddickenreduzierung der Zylinderrohre um bis zu 30% und damit eine Gewichtsreduzierung, die den Forderungen nach Leichtbau Rechnung trägt.

[0033] Zusammenfassend ist festzuhalten, dass mit dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren für druckbeaufschlagte Zylinderrohre ein mehrteiliges Bauteilversagen auch bei Einsatztemperaturen bis -20°C sicher verhindert wird und außerdem eine Wanddickenreduzierung der Zylindermäntel von bis zu 30 % möglich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von kaltgefertigten insbesondere kaltgezogenen Präzisionsstahlrohren zur Anwendung insbesondere als druckbeaufschlagte Zylinderrohre mit folgender chemischer Zusammensetzung (Gew.-%):

C	= 0,05 - 0,25
Si	= 0,15 - 1,0
Mn	= 1,0 - 3,5
Al	= 0,020 - 0,060
V	max. 0,20
N	max. 0,150
S	max. 0,03

mit optionaler Zugabe eines oder mehrerer Legierungselemente von Cr, Mo, Ni, W, Ti oder Nb mit

folgenden Gehalten (Gew.-%)

Cr	max. 0,80
Mo	max. 0,65
Ni	max. 0,90
W	max. 0,90
Ti	max. 0,20
Nb	max. 0,20

Rest Eisen sowie erschmelzungsbedingten Verunreinigungen, wobei ein nahtlos warmgefertigtes oder aus einem Warmband hergestelltes geschweißtes Vorrohr mit definiertem Ausgangszustand in einem Zug oder in mehreren Zügen zu einem Fertighr gezogen und das Rohr vor dem Fertigzug einer Vergütungsbehandlung unterzogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Vergütung das Rohr bis zu einer Temperatur von 910 - 940°C erwärmt, abgekühlt und anschließend einer Anlassbehandlung unterzogen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abkühlung ein beschleunigtes Abkühlen ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das beschleunigte Abkühlen ein Abschrecken ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abschreckung mittels einer Wasserbrause erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abkühlung an ruhender Luft erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Anlassbehandlung in einem Temperaturbereich von 540 bis 720 °C durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das fertiggezogene Rohr einer Schlussglühung unterzogen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schlussglühung in einem Temperaturbereich von 500 bis 700°C durchgeführt wird.

Claims

1. Process for manufacturing cold-formed, in particular cold-drawn, precision steel tubes for use, in particular, as pressurised cylinder tubes having the following chemical composition (% by weight) :

C	= 0.05 - 0.25
Si	= 0.15 - 1.0
Mn	= 1.0 - 3.5
Al	= 0.020 - 0.060
V	max. 0.20
N	max. 0.150
S	max. 0.03

with optional addition of one or more alloying elements from Cr, Mo, Ni, W, Ti or Nb having the following contents (% by weight)

Cr	max. 0.80
Mo	max. 0.65
Ni	max. 0.90
W	max. 0.90
Ti	max. 0.20
Nb	max. 0.20

the remainder iron and impurities caused by melting, in which process a welded tube blank, which is seamlessly hot-formed or produced from a hot strip and which has a defined initial state, is drawn into a finished tube in one or more passes, and the tube is subjected to a heat treatment before the finishing pass.

2. Process according to Claim 1,
characterised in that,
for the heat treatment, the tube is heated to a temperature of 910-940°C, cooled and subsequently subjected to a tempering treatment.
3. Process according to one of Claims 1-2,
characterised in that
the cooling is an accelerated cooling.
4. Process according to Claim 3,
characterised in that
the accelerated cooling is a quenching.
5. Process according to Claim 4,
characterised in that
the quenching is effected by means of a water shower.
6. Process according to one of Claims 1-2,
characterised in that
the cooling is effected in still air.

7. Process according to one of Claims 1-6,
characterised in that
the tempering treatment is carried out in a temperature range of 540 to 720°C.
8. Process according to one of Claims 1-7,
characterised in that
the finished tube is subjected to a final annealing.
9. Process according to Claim 8,
characterised in that
the final annealing is carried out in a temperature range of 500 to 700°C.

Revendications

1. Procédé de fabrication de tubes d'acier de précision fabriqués à froid notamment étirés à froid pour une utilisation notamment en tant que tubes cylindriques sous pression avec la composition chimique (% en poids) suivante :

C	= 0,05-0,25
Si	= 0,15-1,0
Mn	= 1,0-3,5
Al	= 0,020-0,060
V	max. 0,20
N	max. 0,15
S	max. 0,03

avec l'addition facultative d'un ou plusieurs éléments d'alliage de Cr, Mo, Ni, W, Ti ou Nb aux teneurs (% en poids) suivantes

Cr	max. 0,80
Mo	max. 0,65
Ni	max. 0,90
W	max. 0,90
Ti	max. 0,20
Nb	max. 0,20

le reste étant du fer ainsi que des impuretés dues à la fusion de l'acier, dans lequel un tube préliminaire fabriqué à chaud sans soudure ou soudé fabriqué à partir d'un feuillard à chaud avec un état initial défini est étiré dans un étirage ou plusieurs étirages pour obtenir un tube fini et le tube est soumis à un traitement thermique avant l'étirage final.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce
que pour le traitement thermique le tube est chauffé à une température de 910-940°C, refroidi et ensuite soumis à un traitement de recuit.

3. Procédé selon l'une des revendications 1-2,
caractérisé en ce
que le refroidissement est un refroidissement accéléré.

4. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce
que le refroidissement accéléré est une trempe.

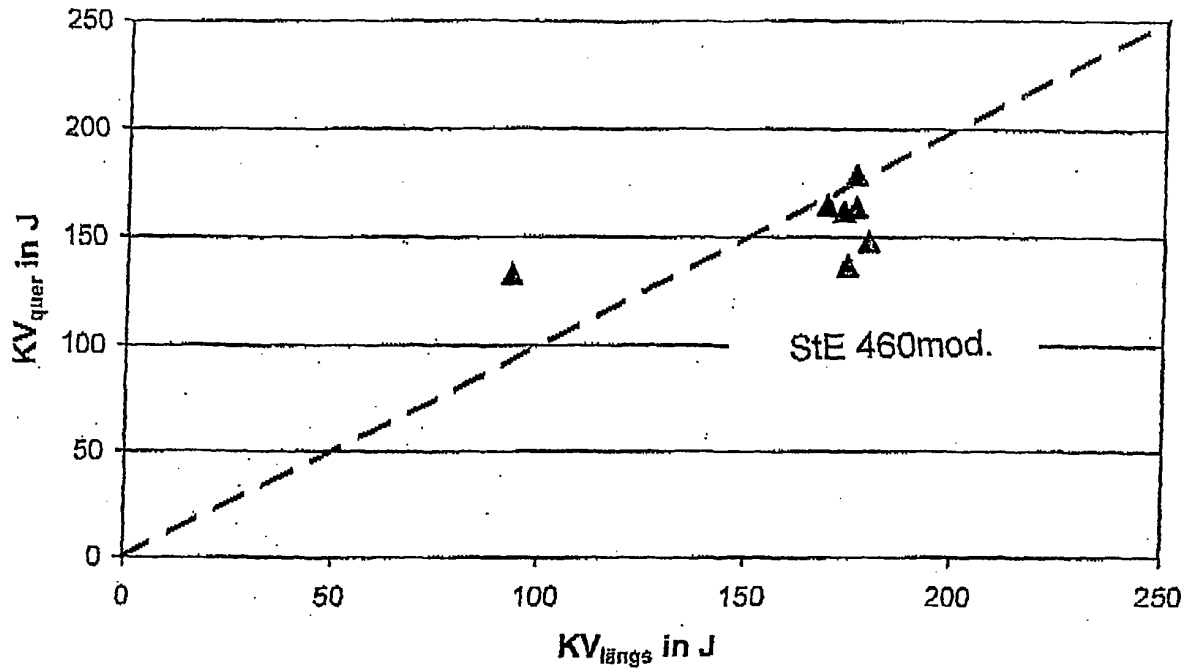
5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce
que la trempe est effectuée au moyen d'un jet d'eau.

6. Procédé selon l'une des revendications 1-2,
caractérisé en ce
que le refroidissement est effectué sous air confiné.

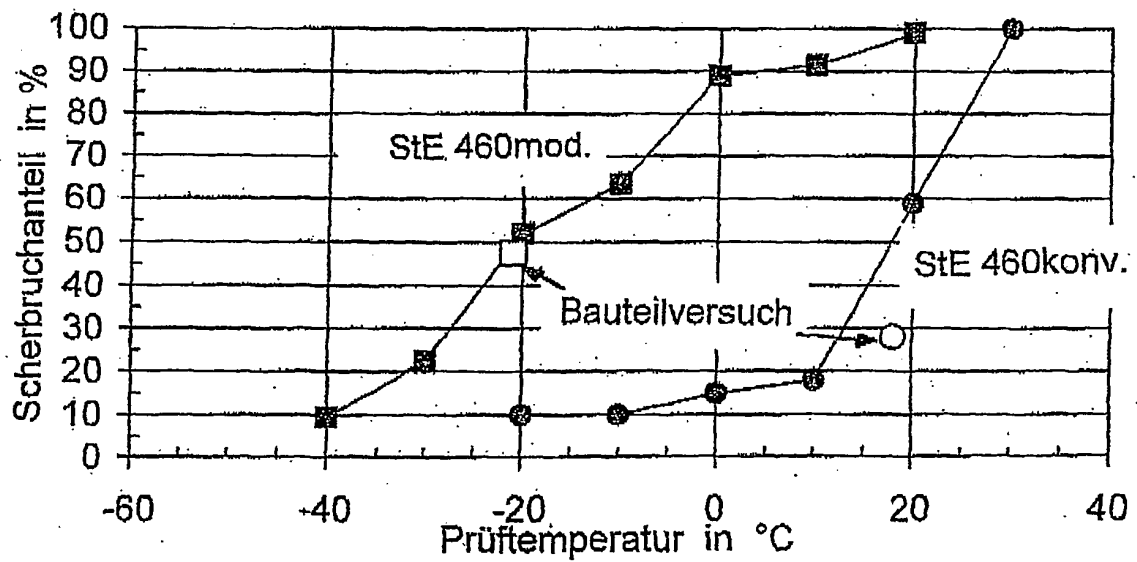
7. Procédé selon l'une des revendications 1-6,
caractérisé en ce
que le traitement de recuit est réalisé dans une plage de températures de 540 à 720°C.

8. Procédé selon l'une des revendications 1-7,
caractérisé en ce
que le tube préparé par étirage est soumis à un recuit final.

9. Procédé selon la revendication 8,
caractérisé en ce
que le recuit final est réalisé dans une plage de températures de 500 à 700°C.



Figur 1



Figur 2

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 Nicht-Patentliteratur

- Stahlrohr Handbuch. Vulkan Verlag Essen, 1995
[0003]
- **H.-J. BARGEL ; G.SCHULZE.** Werkstoffkunde.
VDI-Verlag GmbH, 1988, 173-175 [0018]