

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑪ Anmeldenummer: **89890199.6**

⑤ Int. Cl.⁵: **C 21 D 9/14**
C 21 D 6/00
// E21B17/16

⑫ Anmeldetag: **27.07.89**

⑬ Priorität: **04.08.88 AT 1965/88**

⑭ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.02.90 Patentblatt 90/09

⑮ Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT NL SE

⑯ Anmelder: **SCHOELLER-BLECKMANN GES. M.B.H.**
Postfach 31 Hauptstrasse 2
A-2630 Ternitz (AT)

⑰ Erfinder: **Pohl, Helmut, Dr.mont.Dipl.-Ing.**
Stroblgasse 4/2/9
A-2620 Neunkirchen (AT)

⑱ Vertreter: **Haffner, Thomas M., Dr. et al**
Patentanwaltskanzlei Dipl.-Ing. Adolf Kretschmer Dr.
Thomas M. Haffner Schottengasse 3a
A-1014 Wien (AT)

⑳ **Verfahren zur Herstellung von spannungsrissskorrosionsbeständigen rohrförmigen Körpern, insbesondere nichtmagnetisierbaren Schwerstangen aus austenitischen Stählen und nach dem Verfahren hergestellte Teile.**

㉑ Bei einem Verfahren zur Herstellung von spannungsrißkorrosionsbeständigen rohrförmigen Körpern, insbesondere von nichtmagnetisierbaren Schwerstangen und Gestängeteilen aus austenitischen Stählen wird der Körper nach einem Lösungs-glühen, Ablöschen und nach einer Verformung bei einer Temperatur von unter 500°C zur Erhöhung der Materialfestigkeit sowie nach einer Bearbeitung bzw. Einbringung einer Bohrung auf eine Temperatur von 220 bis 600°C, mindestens bis zu einem Temperatúrausgleich mit einem Temperaturunterschied von höchstens 10°C in der Körperwand erwärmt, wobei er höchstens eine Zeit t in Minuten bei einer Temperatur T in °C gemäß dem Zusammenhang

$$t = 10 - \frac{T - 638}{50}$$

gehalten wird und von dieser Temperatur bzw. dieser Ausgangstemperatur durch gesteigerten Entzug von Wärmeenergie mindestens von der Innenoberfläche des Rohrkörpers gekühlt wird und die gekühlte Oberfläche von der Ausgangstemperatur bis zum halben Wert zwischen Ausgangstemperatur und Raumtemperatur einen Temperaturabfall von mindestens 100°C/min aufweist.

EP 0 356 417 A1

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung von spannungsrißkorrosionsbeständigen rohrförmigen Körpern, insbesondere nichtmagnetisierbaren Schwerstangen aus austenitischen Stählen und nach dem Verfahren hergestellte Teile

Beim Abteufen eines Bohrloches werden zur Gewichtsbelastung und zur Stabilisierung des Bohrkopfes Schwerstangen und Gestängeteile mit hoher Materialfestigkeit benötigt. Um den Verlauf des Bohrloches während des Abteufens kontrollieren und gerichtete Bohrungen niederbringen zu können, müssen oftmals und in periodischen Abständen die Neigung und die Richtung des Bohrloches, vorzugsweise an Hand des Erdmagnetfeldes, gemessen werden. Damit derartige Messungen des Erdmagnetfeldes entsprechend genau durchführbar sind bzw. nicht beeinflusst werden, sind für diese Bohrstrangteile vollkommen nichtmagnetisierbaren Werkstoffe einzusetzen. Zur Prüfung der nichtmagnetisierbaren Schwerstangen ist es vorteilhaft, ein Verfahren gemäß EU-PS 14 195 anzuwenden.

Für nichtmagnetisierbare Schwerstangen wurden zunächst ausschließlich Cu-Ni-Al-Legierungen, sog. Monel-K-Legierungen verwendet, weil diese vollkommen unmagnetisch sind, die erforderlichen Festigkeitseigenschaften besitzen und als verhältnismäßig leicht zu bearbeiten gelten.

Monel-K-Legierungen sind jedoch relativ kostspielig, so daß zur Erzielung wirtschaftlicherer Produkte für die Herstellung von nichtmagnetisierbaren Schwerstangen und Bohrstrangteilen austenitische Stähle vorgeschlagen wurden.

Übliche 18/8 CrNi-Stähle weisen jedoch ein magnetisch ungünstiges Verhalten auf und besitzen niedrigere Festigkeitseigenschaften bzw. niedrige Streckgrenzen sowie schlechte Zerspanbarkeit, so daß diese Werkstoffe wenig geeignet sind.

Zur Beseitigung dieses nicht befriedigenden Zustandes wurde gemäß AT-PS 214 460 vorgeschlagen, für nichtmagnetisierbare Schwerstangen stabil-austenitische Stähle, insbesondere Mangan-Austenite, zu verwenden, wobei die daraus gefertigten Rohteile durch eine Kaltverformung zu verstetigen sind, um hohe Streckgrenzenwerte des Materials zu erreichen. Solche Schwerstangen entsprechen in ihren Eigenschaften den üblichen Anforderungen. Sie haben aber den Nachteil, daß sie gegen Korrosionsangriffe, beispielsweise von aggressiven Chloridlösungen, die in Bohrlöchern öfter auftreten, nicht immer genügend beständig sind und gegebenenfalls zu Erscheinungen von Spannungsrißkorrosion neigen. Es können dadurch Brüche eintreten, die den ausfall solcher Schwerstangen verursachen.

Um bei guten magnetischen Materialeigenschaften das Korrosionsverhalten zu verbessern und insbesondere Spannungsrißkorrosion zu vermeiden, wurden auch gemäß AT-PS 308 793 zur Fertigung von Schwerstangen und Gestängeteilen Legierungen mit Chromgehalten von 20 - 25 %, Nickelgehalten von 10 - 15 % und Stickstoffgehalten von 0,05 - 0,5 % vorgeschlagen, die zur Erhöhung der Festigkeitseigenschaften einer Kaltverformung unterworfen werden.

Auch die Verwendung ausscheidungsgehärteter Legierungen mit Gehalten von ca. 33 % Ni, 18 % Cr,

5 2 % Ti, 0,5 % Al und 0,004 % N sollten wesentliche Verbesserungen der Gebrauchseigenschaften von Schwerstangen bzw. Bohrstrangteilen bringen.

Der hohe Gehalt an teuren Legierungselementen dieser Werkstoffe kann jedoch zu wirtschaftlichen Nachteilen führen.

10 Um die wirtschaftlichen Vorteile der Herstellung von Schwerstangen aus nichtmagnetisierbaren und gut verfestigbaren Cr-Mn-Stählen zu nutzen und deren Korrosionsverhalten, insbesondere den Widerstand gegen Spannungsrißkorrosion, zu verbessern, wurde auch vorgeschlagen (AT-PS 364 592), im Oberflächenbereich, insbesondere des Hohlens, der Schwerstangen Druckeigenspannungen durch Einwirkung mechanisch ausgelöster Stoß- bzw. Druckenergie hervorzurufen. Dabei werden vorzugsweise preßgasbetriebene Schlaghammer verwendet, deren Kopfteil zur Übertragung der axialen Schlagbewegung einen Schlagbolzen trägt. Derartig hergestellte Schwerstangen erfüllen betreffend ihrer Eigenschaften weitgehend die an sie gestellten Anforderungen im Ölfeld. Sie haben jedoch den Nachteil, daß Druckeigenspannungen, welche die spannungsrißkorrosion verhindern, nur bis zu einer geringen Tiefe unter der Oberfläche erzeugbar sind. Dies ist vor allem dadurch begründet, daß die Werkzeuge bei der Oberflächenverformung nur ein begrenzte Schlagenergie aufweisen dürfen und Mehrfachschlag weitgehend vermieden werden soll, weil sonst im Einwirkungsbereich des Schlagbolzens das Verformungsvermögen des Stahles erschöpft wird und es zu Rißbildungen kommt. Weil die Verformung der oberflächennahen Zone einerseits flächendeckend sein muß, andererseits aus obigen Gründen ein oftmaliges Verformen Nachteile mit sich bringt, ist die Wirkung des Verfahrens unsicher und schlecht kontrollierbar. Unter einer dünnen Oberflächenschicht, in welcher Druckspannungen herrschen, sind jedoch insbesondere im Hohl des rohrförmigen Teiles Zonen mit hohen Zugspannungen gegeben. Verletzungen der Oberfläche oder geringe Materialabtragungen können Bereiche mit Zugspannungen freilegen, wodurch verstärkt Spannungsrißkorrosion eintreten kann. Weiters ist nachteilig, daß hohe örtliche Kaltverfestigungen des Materials, die beim mechanischen Aufbringen von Druckeigenschaften in der oberflächennahen Zone gebildet werden, die Lochfraßneigung des Werkstoffes erhöhen. Bei Lochfraß erfolgt sodann ein Unterlaufen der Druckspannungsschicht und eine verstärkte Spannungsrißkorrosion des Teiles. Das mechanische Aufbringen von Druckeigenspannungen in der Oberflächenschicht von Teilen hat auch den Nachteil, daß nur einfache Formen bzw. Konturen entsprechend behandelbar sind, wobei dieses Verfahren als letzter Arbeitsgang ohne nachherigem Kalibrieren erfolgen muß. Es ist also praktisch nicht möglich, an Kanten, Gewindeteilen, in Ecken, Löchern und Hinterdrehungen sowie an Abfasungen und un stetigen Oberflächenteilen Druckeigenspan-

nungen in der oberflächennahen Zone zu erzeugen, um Spannungsrißkorrosion zu verhindern.

Ausgehend von diesem Stand der Technik lag der Erfindung die Aufgaben zugrunde, obige Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren zur Herstellung von spannungsrißkorrosionsbeständigen rohrförmigen Körpern, insbesondere nichtmagnetisierbare Schwerstangen und Gestängeteilen aus austenitischen Stählen, zu schaffen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung bezieht sich auf nach diesem Verfahren hergestellte spannungsrißkorrosionsbeständige rohrförmige Körper, insbesondere nichtmagnetisierbare Schwerstangen und Gestängeteile aus austenitischem Stahl. Diese Aufgabe wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, daß der Körper nach einem Lösungsglühen, Ablöschen und nach einer Verformung bei einer Temperatur von unter 500°C zur Erhöhung der Materialfestigkeit sowie nach einer Bearbeitung bzw. Einbringung einer Bohrung auf eine Temperatur von 220 bis 600°C, mindestens bis zu einem Temperaturausgleich mit einem Temperaturunterschied von höchstens 10°C in der Körperwand erwärmt, höchstens eine Zeit t in Minuten bei einer Temperatur T in °C gemäß dem Zusammenhang

$$t = 10 - \frac{T - 638}{50}$$

gehalten wird, von dieser Temperatur bzw. dieser Ausgangstemperatur durch gesteigerten Entzug von Wärmeenergie mindestens von der Innenoberfläche des Rohrkörpers gekühlt wird und die gekühlte Oberfläche von der Ausgangstemperatur bis zum halben Wert zwischen Ausgangstemperatur und Raumtemperatur einen Temperaturabfall von mindestens 100°C/min aufweist. Vorteilhaft ist es, wenn der Körper von einer Ausgangstemperatur von 280 bis 500°C, insbesondere von 300 bis 400°C, mit einem Temperaturunterschied in der Körperwand von höchstens 6°C, vorzugsweise höchstens 3°C, abgekühlt wird. Besonders vorteilhaft ist, wenn die Innenoberfläche und die Außenoberfläche des rohrförmigen Körpers gekühlt werden, wobei die Innenkühlung zeitlich mindestens 5 s, vorzugsweise mindestens 20 s, früher und/oder mit höherer Intensität als jene der Außenoberflächenkühlung durchgeführt wird.

Nach diesem Verfahren hergestellte rohrförmige Körper, insbesondere nichtmagnetisierbare Schwerstangen und Gestängeteile aus austenitischem Stahl, weisen erfindungsgemäß in den oberflächennahen Zonen bis zu einer Tiefe von mindestens 8 mm örtliche Zugeigenspannungen von kleiner 100 N/mm² auf. Besonders bevorzugt ist, wenn die oberflächennahen Zonen bis zu einer Tiefe von mindestens 4 mm, vorzugsweise von mindestens 8 mm, Druckeigenspannungen aufweisen und daß im gesamten Querschnitt der Wand die gegebenenfalls auftretenden Zugeigenspannungen geringer als 150 N/mm² sind, also unterhalb der Auslöse- spannung für Spannungsrißkorrosion, vorzugsweise geringer als 120 N/mm² liegen.

Rohrförmige Körper, insbesondere Schwerstan-

gen, weisen auf Grund einer Verformung des Rohlings bei Temperaturen unterhalb 500°C, welche der Kaltverfestigung bzw. einer Streckgrenzenerhöhung des Materials dient, erhebliche Unterschiede der örtlichen Eigenspannungen in der Wand auf, u.zw. an der Außenoberfläche Druckspannungen und an der Oberfläche des Hohlraums, also der Bohrung, hohe Zugspannungen, die wesentlich über der Grenze für die Auslösung der Spannungsrißkorrosion liegen. Es wurde überraschend gefunden, daß in einem aus lösungsgeglühtem, abgelöschtem und kaltverformtem austenitischem Material bestehenden, rohrförmigen Körper durch eine Erwärmung auf entsprechende Temperaturen bei Einhaltung bestimmter Bedingungen mit einer nachfolgenden intensivierten Abkühlung Spannungszustände hervorgerufen werden können, welche auf Grund von plastischen Verformungen in der Rohrwand einen Eigenspannungszustand einstellen, der weitgehend keine örtlichen Zugspannungen über der Grenze, bei welcher Spannungsrißkorrosion ausgelöst wird, aufweist. Weiters ist durch eine entsprechende Wahl der Ausgangstemperatur und eine zeitlich gestaffelte und/oder hinsichtlich der Intensität unterschiedliche Innen- bzw. Außenkühlung in der Wand des rohrförmigen Körpers ein derartiger Eigenspannungszustand erzielbar, bei welchem in den oberflächennahen Bereichen bis zu einer Tiefe von mindestens 4 mm Druckspannungen herrschen. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt somit überraschenderweise eine Eigenspannungsumlagerung in der Wand, ohne daß die durch Kaltverformung bewirkte hohe Festigkeit bzw. hohe Streckgrenze des Werkstoffes nachteilig beeinflußt werden. Es ist wichtig, daß die Temperaturunterschiede in der Rohrwand nach der Erwärmung auf die Ausgangstemperatur gering sind, weil sonst die Spannungsumlagerung bei der intensivierten Abkühlung nachteilig beeinflußt wird bzw. nur in geringem Maße erfolgen kann und ein gewünschter Eigenspannungszustand nicht entsprechend erreichbar ist. Daher soll der Temperaturunterschied in der Wand kleiner als 10°C gehalten werden. Längere Haltezeiten auf der Ausgangstemperatur wirken sich ungünstig aus, weil dadurch die lösungsgeglühten, abgelöschten und kaltverfestigten Stähle, beispielsweise austenitischer Mn-Cr-Stahl, in einen sensibilisierten Zustand für eine interkristallin verlaufende Rißkorrosion gebracht werden. Es wurde gefunden, daß die Sensibilisierung von Diffusions- und Karbidbildungs- sowie gegebenenfalls Nitridbildungsvorgängen abhängt, wobei die Temperatur (T) die Haltezeit (t) bis zur Sensibilisierung des Materials logarithmisch mit dem Zusammenhang

$$T = -50 \log t + 638$$

beeinflußt. Aus diesem Grund ist die Haltezeit auf Ausgangstemperatur kleiner zu wählen als der Wert, der sich aus folgendem Zusammenhang ergibt:

$$t = 10 - \frac{T - 638}{50}$$

Weiters ist es wichtig, daß der rohrförmige Körper

von der Ausgangstemperatur durch gesteigerten Wärmeentzug mindestens von der Innenwand gekühlt wird, weil im Bereich der Innenoberfläche der Wand die höchsten, von der Kaltverformung bzw. Kaltverfestigung stammenden Zugspannungen umzulagern sind. Durch geringe Kühlintensitäten wird keine ausreichende Eigenspannungsumlagerung bewirkt, so daß die gekühlte Oberfläche der Rohrwand einen Temperaturabfall von der Ausgangstemperatur bis zum halben Wert zwischen Ausgangstemperatur und Raumtemperatur von mindestens 100°C/min erfahren muß.

Es war durchaus überraschend, daß das erfindungsgemäße Verfahren eine Eigenspannungsumlagerung bewirkt und zur Herstellung von spannungsrißkorrosionsbeständigen rohrförmigen Körpern, insbesondere nichtmagnetisierbaren Schwerstangen und Gestängeteilen aus austenitischen Stählen, anwendbar ist. Dabei waren die Vorurteile der Fachwelt zu überwinden, u.zw., daß durch ein Erwärmen auf höhere Ausgangstemperaturen eine nicht vertretbare Entfestigung bzw. ein Absenken der Streckgrenze des kaltverformten Materials erfolgt und niedrige Ausgangstemperaturen keine Wirkung haben können, weil beim anschließenden abkühlen nur elastische Materialverformungen entstehen. Weiters wurde vom Fachmann angenommen, daß die erhöhte Festigkeit und die hohen Zugspannungen an der Innenoberfläche des Rohres bereits bei der Erwärmung auf Ausgangstemperatur Rißbildungen, insbesondere Längsrisse, verursachen. Insbesondere der Korrosionsfachmann mußte befürchten, daß eine nochmalige Erwärmung eines von Lösungstemperatur abgeschreckten und kaltverfestigten Materials eine Sensibilisierung bewirkt, die den Werkstoff in chloridhaltigen Medien anfällig bezüglich des Kornzerfalls bzw. des interkristallinen Rißfortschrittes macht.

Im folgenden wird die Erfindung an Hand einer Zeichnung und eines Beispiels näher erläutert: Fig. 1 zeigt schematisch Spannungszustände in der Wand eines rohrförmigen Körpers.

Nach einer Kaltverfestigung durch Verformung des Rohrkörpers bei einer Temperatur von unterhalb 500°C herrschen im rohrförmigen Körper Eigenspannungen, u.zw. an der Rohraußenwand A Druckspannungen, die zur Rohrinne wand B entsprechend der Kurve ① in hohe Zugspannungen übergehen. Bei einer Erwärmung auf eine Ausgangstemperatur von 200°C mit einer nachfolgenden, intensivierten Abkühlung der Rohrinne wand werden die dort herrschenden Zugspannungen, wie Kurve ③ veranschaulicht, nur geringfügig abgebaut. Die Kurven ④ und ⑤ zeigen die Eigenspannungsverteilungen in der Rohrwand bei einer Abkühlung von einer Ausgangstemperatur von 300°C (4) und 400°C (5). Im Bereich der Außenwand A ist die Spannungskurve ⑤ geteilt dargestellt, u.zw. in einen Teil ⑤a bei Luftbeaufschlagung und einen Teil ⑤b für Wasserbeaufschlagung der Außenoberfläche. Die Spannungsumlagerung durch ein intensiviertes Abkühlen der Rohrwand aus Temperaturen von beispielsweise 300°C und 400°C bewirkt, daß in der gesamten Rohrwand die Eigenspannungen unter 150 N/mm², nämlich der Auslösespannung der

Spannungsrißkorrosion, liegen und somit der Körper vollkommen spannungsrißkorrosionsbeständig ist. Dabei werden an der Innenoberfläche Druckspannungen bis zu einer Tiefe von größer als 4 mm erreicht.

Ein intensiviertes Abkühlen von einer Ausgangstemperatur von beispielsweise 550°C vergrößert die Eigendruckspannungen und deren Wirkungsbereich an der Innenoberfläche der Rohrwand (Kurve ⑥), was bei einem spanabhebenden Nachkalibrieren genützt werden kann. Die Kurve ② zeigt den Spannungsverlauf in einer Rohrwand, der durch ein Verfahren gemäß der AT-PS 364 592 bzw. gemäß dem Stand der Technik einstellbar ist, wobei an der Innenoberfläche hohe Eigendruckspannungen herrschen, diese Druckspannungen jedoch in einem geringen Abstand von der Oberfläche in hohe Zugspannungen übergehen. Nachfolgend wird die Erfindung durch ein praktisches Beispiel weiter verdeutlicht:

Ein Block mit einem Gewicht von ca. 3 t aus Mn-Cr-N-Stahl mit einer Zusammensetzung von 0,05 % C, 19,3 % Mn, 13,6 % Cr, 2,1 % Ni, 0,23 % N (Angaben in Gew.-%) Rest insbesondere Eisen, wurde durch Warm Schmieden in einer Langschmiedemaschine zu einem Schwerstangenrohling mit einer Abmessung von Ø 196 x 8800 mm primärverformt. Ein Ablöschen aus einer Lösungsglühtemperatur von 1020°C erfolgte im Wasserbecken. Der Rohling wurde adjustiert, kaltgeschmiedet mit einem Verformungsgrad von 15 %, gerichtet, gedreht und gebohrt. Die Abmessungen des Halbfertigproduktes waren:

AD Ø 172,3 x ID Ø 70,45 x 9250 mm (AD = Außendurchmesser, ID = Innendurchmesser). Die Eigenspannungen betragen am AD Ø -157 N/mm² (Druckeigenspannung) bzw. am ID +390 N/mm² (Zugeigenspannung), wobei die Meßwerte den arithmetischen Mittelwert aus 3 Messungen mit dem Ring-Kern-Verfahren darstellen.

Eine Probe vom einen Ende dieses Halbfertigproduktes wurde kochender, wäßriger Lösung von gesättigtem Magnesiumchlorid (42 %, 154°C) einen Tag lang ausgesetzt, wobei sich nach kurzer Zeit Risse vom ID ausgehend bildeten.

Das rohrförmige Halbfertigprodukt bzw. die Stange (ca. 700 mm Mindestlänge für die obige Probe) wurde in einem Elektroofen bei 415°C erwärmt, wobei ein Temperaturunterschied in der Rohrwand am Ende der Wärmzeit von 0,8°C vorlag. In einer Sprühanlage erfolgte vorerst an der Innenoberfläche mit einer Menge von 1500 - 2500 l/min und nach 10 bis 30 s, vorzugsweise 20 s, auch an der Außenoberfläche mit einer Kühlwassermenge von ca. 100 l/min und Meter Länge eine Jet-Kühlung mit einem Temperaturabfall der Oberfläche von ca. 350°C, jedenfalls auf eine Temperatur unter 100°C.

Der Eigenspannungszustand der Stange am ID änderte sich durch diese Behandlung von +390 N/mm² (Zugspannung) auf -410 N/mm² (Druckspannung). Am Außendurchmesser wurden ebenfalls Druckeigenspannungen von -120 N/mm² ermittelt. Weiters wurden nach Abdrehungen und Ausbohrungen die Eigenspannungen über die Wandstärke festgestellt, wobei die gemessenen

Zugspannungen kleiner als + 110 N/mm² waren. Eine aus dieser Stange gefertigte Probe, die im vorher beschriebenen SCC-Test mit Magnesiumchlorid geprüft wurde, blieb völlig rißfrei.

Aus dem Halbfertigprodukt wurde ein Bohrstrangteil gefertigt und diesem an bearbeiteten Stellen weitere Proben entnommen. Es zeigte sich im SCC-Test, daß spanabhebend in die Rohrwand eingebrachte Ausnehmungen durch Fräsen, Drehen und Hobeln sowie die NC-geschnittenen Gewinde keinerlei Risse verursachen, was aus dem nicht kritischen Eigenspannungszustand im gesamten Volumen des Teiles resultiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders vorteilhaft für austenitische Stähle einer Richtanalyse C: max. 0,2 Gew.-%; Mn: 0 - 25 Gew.-%; Cr: 12 - 30 Gew.-%; Mo: 0 - 5 Gew.-%; Ni: 0 - 75 Gew.-%; N: 0 - 1 Gew.-%; Ti: 0 - 3 Gew.-%; Nb: 0 - 3 Gew.-%; Cu: 0 - 3 Gew.-%, Rest Eisen anwendbar. Besonders bevorzugt sind hierbei Mn-Cr-Austenite mit 17 - 20 Gew.-% Mn und 12 - 14 Gew.-% Cr und Cr-Ni-Austenite mit 17 - 24 Gew.-% Cr und 10 - 20 Gew.-% Ni.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von spannungsrißkorrosionsbeständigen rohrförmigen Körpern, insbesondere von nichtmagnetisierbaren Schwerstangen und Gestängeteilen aus austenitischen Stählen, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper nach einem Lösungsglühen, Ablöschen und nach einer Verformung bei einer Temperatur von unter 500°C zur Erhöhung der Materialfestigkeit sowie nach einer Bearbeitung bzw. Einbringung einer Bohrung auf eine Temperatur von 220 bis 600°C, mindestens bis zu einem Temperatursausgleich mit einem Temperaturunterschied von höchstens 10°C in der Körperwand erwärmt, höchstens eine Zeit t in Minuten bei einer Temperatur T in °C gemäß dem Zusammenhang

$$t = 10 - \frac{T - 638}{50}$$

gehalten wird und von dieser Temperatur bzw. dieser Ausgangstemperatur durch gesteigerten Entzug von Wärmeenergie mindestens von der Innenoberfläche des Rohrkörpers gekühlt wird und die gekühlte Oberfläche von der Ausgangstemperatur bis zum halben Wert zwischen Ausgangstemperatur und Raumtemperatur einen Temperaturabfall von mindestens 100°C/min aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper von einer Ausgangstemperatur von 280 bis 500°C, insbesondere von 300 bis 400°C, mit einem Temperaturunterschied in der Körperwand von höchstens 6°C, vorzugsweise höchstens 3°C, abgekühlt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß die Innenoberfläche und die Außenoberfläche des rohrförmigen Körpers gekühlt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlung der Innenoberfläche des rohrförmigen Körpers zeitlich früher und/oder mit höherer Intensität als jene der Außenoberfläche durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenoberfläche des rohrförmigen Körpers zeitlich mindestens 5 s, vorzugsweise mindestens 20 s, vor der Außenoberfläche gekühlt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Kühlmittel Gase und/oder Flüssigkeiten, insbesondere Preßluft und/oder Wasser, verwendet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch Einwirkung mechanisch ausgelöster Stoß- bzw. Druckenergie im Oberflächenbereich des Körpers zusätzlich Druckspannungen hervorgerufen werden.

8. Spannungsrißkorrosionsbeständiger rohrförmiger Körper, insbesondere nichtmagnetisierbare Schwerstange und Gestängeteil aus austenitischem Stahl, dadurch gekennzeichnet, daß in den oberflächennahen Zonen bis zu einer Tiefe von mindestens 8 mm die örtlichen Zugeigenspannungen kleiner als 100 N/mm² sind.

9. Körper nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens an der Innenoberfläche der Wand des rohrförmigen Körpers bis zu einer Tiefe von mindestens 4 mm, vorzugsweise von mindestens 8 mm, Druckeigenspannungen herrschen.

10. Körper nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die oberflächennahen Zonen bis zu einer Tiefe von mindestens 4 mm, vorzugsweise 8 mm, Druckeigenspannungen aufweisen.

11. Körper nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß im gesamten Querschnitt der Wand die gegebenenfalls auftretenden örtlichen Zugeigenspannungen geringer als 150 N/mm², vorzugsweise geringer als 120 N/mm², sind.

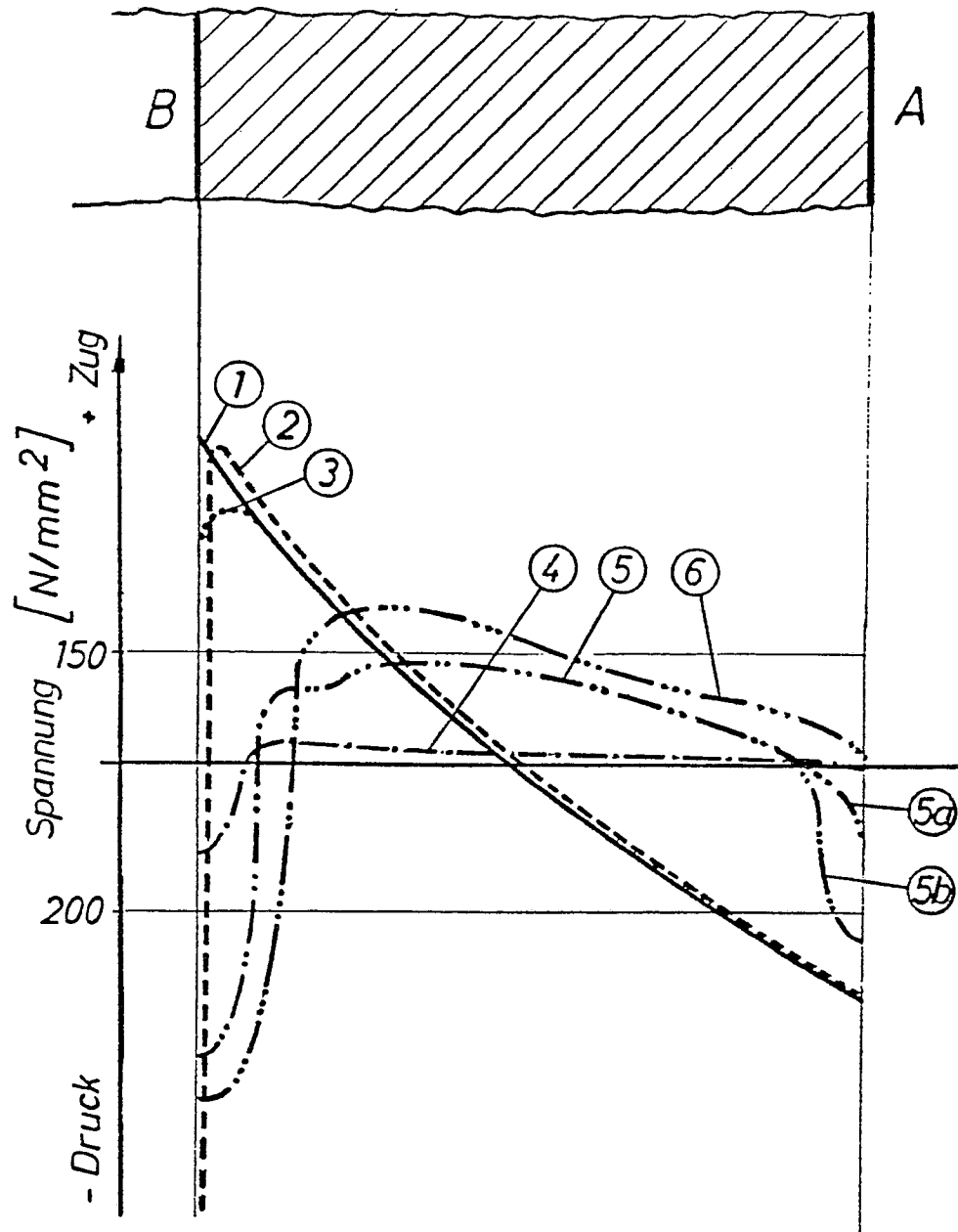


Fig. 1



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 8, Nr. 41 (C-211)[1478], 22. Februar 1984; & JP-A-58 199 814 (SHIN NIPPON SEITETSU K.K.) 21-11-1983 * Zusammenfassung * ---	1,3,4,8	C 21 D 9/14 C 21 D 6/00 // E 21 B 17/16
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 3, Nr. 114 (C-59), 21. September 1979, Seite 93 C 59; & JP-A-54 94 415 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 26-07-1979 * Zusammenfassung * ---	1,4,8	
X	DE-C- 671 131 (KOHLE- UND EISENFORSCHUNG) * Ansprüche 1-3 * ---	1,3,4,8	
X	EP-A-0 205 828 (HOESCH) * Ansprüche 1,6,7 * ---	8,9	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 9, Nr. 254 (C-308)[1977], 11. Oktober 1985; & JP-A-60 106 916 (ISHIKAWAJIMA HARIMA JUKOGYO K.K.) 12-06-1985 * Zusammenfassung * ---	8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	DE-A-3 004 872 (USUI KOKUSAI SANGYO) ---		C 21 D
A,D	EP-A-0 035 091 (V.E.W.) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 17-11-1989	Prüfer MOLLET G.H.J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			