



EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift :
02.01.92 Patentblatt 92/01

Int. Cl.⁵ : **C21D 9/08, C21D 1/64,**
C21D 1/63

Anmeldenummer : **89730122.2**

Anmeldetag : **16.05.89**

Verfahren zum Härten eines zylindrischen Hohlkörpers aus Stahl.

Priorität : **01.06.88 DE 3818878**
11.01.89 DE 3900995

Veröffentlichungstag der Anmeldung :
06.12.89 Patentblatt 89/49

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
02.01.92 Patentblatt 92/01

Benannte Vertragsstaaten :
AT DE ES FR GB IT

Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 086 988
DE-C- 3 721 665
US-A- 3 695 598
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 9, Nr.
160 (C-289)(1883), 4. Juli 1985; & JP-A-60 33
309 (DAIDO TOKUSHUKO K.K.) 20-02-1985

Patentinhaber : **MANNESMANN**
Aktiengesellschaft
Mannesmannufer 2
W-4000 Düsseldorf 1 (DE)

Erfinder : **Hengstenberg, Wolfgang, Dipl.-Ing.**
Beim Gansacker 66
W-4100 Duisburg 25 (DE)
Erfinder : **Lüdecke, Wilhelm**
Grazer Strasse 24
W-4100 Duisburg 28 (DE)
Erfinder : **Prasser, Christoph, Dr. Ing.**
Bredeneyer Strasse 32
W-4300 Essen 1 (DE)
Erfinder : **von Hagen, Ingo, Dr. Ing.**
Schumannstrasse 1
W-4150 Krefeld 1 (DE)
Erfinder : **Prochaska, Klaus, Dr. Ing.**
Auf dem Driesch 16
W-4100 Duisburg (DE)

Vertreter : **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al**
Patentanwaltsbüro Meissner & Meissner,
Herbertstrasse 22
W-1000 Berlin 33 (DE)

EP 0 345 205 B1

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).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Härten eines zylindrischen Hohlkörpers aus Stahl gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

5 Ein derartiges Verfahren ist aus der auf die gleiche Anmelderin zurückgehenden DE-PS 3721665 bekannt. Dieses Verfahren sieht vor, zur Vermeidung von Härterissen beim Drehtauchen die Drehzahl des abzukühlenden Hohlkörpers bei Erreichen der Martensitstarttemperatur deutlich zu erhöhen. Insbesondere bei Behältern, also bei Hohlkörpern mit geschlossenen Stirnflächen hat dieses Verfahren gute Ergebnisse erbracht.

10 Beim Härten derartiger Gegenstände ist es aber auch wichtig, daß die Abkühlung möglichst ohne zu starke örtliche Unterschiede der Kühlwirkung erfolgt, damit insgesamt eine einheitliche Gefügeausbildung sichergestellt ist. örtlich unterschiedliche Kühlwirkungen können wegen der verschiedenen spezifischen Volumina der Gefügearten zu erheblichen Deformierungen des Hohlkörpers führen. Dies macht nicht nur eine vielfach aufwendige Nachbearbeitung der Hohlkörper erforderlich, sondern erschwert z.B. im Falle von Stahlrohren häufig die Weiterverarbeitung (z.B. Transportstörungen durch krumme Rohre).

15 Während sich die Eintauchtiefe eines beidseitig geschlossenen Behälters danach bestimmt, in welchem Maße seine Enden gekühlt werden müssen, richtet sich die zweckmäßige Eintauchtiefe bei Rohren, d.h. bei an den Enden offenen Hohlkörpern danach, wie gleichmäßig die Werkstoffeigenschaften in Längsrichtung des Rohres sein sollen. Die Gleichmäßigkeit der Kühlung auf der Außenseite des Rohres hängt nicht von der Eintauchtiefe ab. Anders ist dies jedoch bei der Kühlung der Innenseite des Rohres, da das an den Enden einströmende Kühlmittel auf seinem Weg zur Mitte hin erhitzt wird, so daß sich die Kühlwirkung zur Mitte hin abschwächt. Mit zunehmender Eintauchtiefe wird dieser Effekt jedoch immer weniger ausgeprägt. Bei Eintauchtiefen über 80% des Durchmessers ist die Kühlwirkung auf der Innenseite selbst bei Rohren mit einer Länge des 60-fachen Durchmessers über die gesamte Rohrlänge ausreichend gleichmäßig, um eine durchgehende martensitische Härtung zu erzielen, sofern die Wanddicke nicht zu groß ist (z.B. bei einem Vergütungsstahl 34 CrMo 4 kleiner als ca. 28 mm). Aus diesem Grund sind entsprechend große Eintauchtiefen als vorteilhaft anzusehen für die Erzielung gleichmäßiger Eigenschaften. Ein vollständiges Eintauchen eines abzukühlenden Rohres sollte jedoch vermieden werden, da sich Dampfblasen im Rohrrinneren ausbilden, die im getauchten Zustand nur schwer entweichen und zu unterschiedlicher Kühlwirkung führen können.

Bei Rohren mit relativ großem Durchmesser (oberhalb etwa 240 mm Durchmesser) findet meistens trotz 20 geringer Eintauchtiefe noch eine relativ gleichmäßige Innenkühlung und damit auch eine gleichmäßige Gesamtkühlung statt. Problematisch sind die Verhältnisse jedoch bei Rohren mit kleineren Durchmessern oder bei einseitig offenen Behältern, da die wärme- und strömungstechnischen Bedingungen dabei erheblich ungünstiger sind. Dies gilt insbesondere für den Fall einer abfangenden Kühlung zur Erzielung eines bainitischen Gefüges, das nach dem Abschrecken ohne weiteres Anlassen günstige mechanische Eigenschaften aufweist (vgl. Kurve 2a in Figur 1). Bei einer martensitischen Durchhärtung (Kurven 1-3 in Figur 1), d.h. bei einer Abschreckung bis auf Kühlmitteltemperatur kann eine einheitliche Gefügeausbildung dagegen in der Regel 35 durch eine geeignete Werkstoffauswahl für den Hohlkörper sichergestellt werden, so daß auch größere Kühlwirkungsunterschiede noch verkraftbar sind.

Es ist bekannt, daß die Kühlwirkung flüssiger Kühlmittel sehr stark von der Oberflächentemperatur des 40 abzukühlenden Gegenstandes abhängt. Je höher diese Temperatur ist, umso geringer ist die Abschreckwirkung. Beim Vergüten von Gegenständen aus Stahl kommt es häufig aber gerade darauf an, den hohen Temperaturbereich, d.h. den Bereich zwischen Austenitisierungstemperatur und Martensitstarttemperatur bzw. einsetzender Bainitbildung schnell zu durchfahren, um das Entstehen unerwünschter Gefügebestandteile (z.B. Ferrit und Perlit) zu verhindern. Auf der anderen Seite sollte der Temperaturbereich der Martensitbildung möglichst langsam durchfahren werden, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung über die Wanddicke zu gewährleisten und damit die Entstehung von Eigenspannungen in der Rohrwand möglichst zu vermeiden.

Insbesondere hinsichtlich der Steuerung einer Verminderung der Abkühlintensität führt die Verfahrensweise gemäß DE-PS 3721665 zu guten Ergebnissen. Dagegen besteht (insbesondere bei der Behandlung dickwandiger Rohre) vielfach der Wunsch, die Kühlwirkung beim Drehtauchen der abzuschreckenden Hohlkörper über das bisher als realisierbar angesehene Maß zu erhöhen. Ein weiteres Problem besteht darin, daß 50 die Kühlwirkung aufgrund unregelmäßiger Oberflächenbeschaffenheit der abzuschreckenden Hohlkörper (z.B. durch Zunder) die Kühlwirkung ungleichmäßig ausfällt.

Aus der EP 0086988 A1 ist es für eine Abkühlvorrichtung, in der stillstehende Rohre in einem bewegten Kühlmittelbad innen und außen mit Kühlwasser beaufschlagt werden, bekannt, eine Verminderung der Kühlwirkung infolge Dampfblasenansammlung auf der Innenseite der vollständig eingetauchten Rohre dadurch zu vermeiden, daß in das durch eine Düse an der Rohrstirnseite in einer schraubenlinienförmigen Strömung zugeführte Wasser Druckluft injiziert wird. Auf eine Steigerung der Kühlwirkung durch Druckluft bei einer Rohraußenkühlung ergeben sich daraus keine Hinweise.

Aus der US-A-3695598 ist ein Verfahren zum Härten von dickwandigen, großformatigen rohrförmigen Stahlrohrkörpern bekannt. Der mit seiner Längsachse horizontal liegende Hohlkörper taucht dabei mit einem Teil seiner Oberfläche in ein Kühlmittelbad ein. Der aus dem Kühlmittelbad herausragende Teil wird durch induktive Beheizung, bei der an der inneren und äußeren Oberfläche des Hohlkörpers ein Niederfrequenzinduktor angeordnet ist, auf etwa 700°C erwärmt. Eine weitere Erwärmung bis auf etwa 900°C findet dabei durch einen zweiten Induktor, der mit Hochfrequenz betrieben wird, lediglich bis zu einer gewissen Eindringtiefe statt. Der Hohlkörper wird während der Behandlung ständig langsam gedreht, so daß die erwärmten Teile in das Kühlmittelbad eingetaucht und beschleunigt abgekühlt werden. Dabei wird also ständig ein Teil des Hohlkörpers abgekühlt, während ein anderer Teil erwärmt wird. Durch mehrfaches Wiederholen von Erwärmung und Abkühlung, d.h. durch mehrfaches Drehen um die Längsachse sollen die behandelten Hohlkörper erheblich verbesserte mechanische Eigenschaften erhalten.

Dieses Verfahren ist mit einem Drehtauchen gemäß DE-PS 3721685 insbesondere deswegen nicht vergleichbar, weil zunächst nicht der gesamte Hohlkörper, also über seine Länge, seine Wanddicke und seinen Umfang auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und erst dann insgesamt beschleunigt abgekühlt wird, sondern Erwärmung und Abkühlung jeweils nur zonenweise und bis zu einer gewissen Tiefe in der Hohlkörperwand in mehreren Heiz/Kühl-Zyklen erfolgt. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu dessen Durchführung anzugeben, mit dem die Abkühlung von Hohlkörpern beim Drehtauchen wesentlich intensiviert und stärker gleichmäßig werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1; vorteilhafte Weiterbildungen dieses Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2-7 gekennzeichnet. Eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 ausgestattet. Die Ansprüche 9 und 10 geben zweckmäßige Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung an.

"Im folgenden wird die Erfindung u.a. anhand der Figuren 1-6 noch näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein ZTU-Schaubild für Stahl,
- Fig. 2 einen Temperaturverlauf entlang der Rohrlänge beim konventionellen Drehtauchen,
- Fig. 3 einen Festigkeitsverlauf entlang der Rohrlänge beim konventionellen Drehtauchen,
- Fig. 4 einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Drehtauchanlage,
- Fig. 5 einen Temperaturverlauf entlang der Rohrlänge bei erfindungsgemäßigem Drehtauchen und
- Fig. 6 einen Festigkeitsverlauf entlang der Rohrlänge bei erfindungsgemäßigem Drehtauchen."

Die erfindungsgemäße Lösung sieht eine Durchwirbelung des Kühlmittels unterhalb des abzukühlenden, sich drehenden Hohlkörpers (z.B. Rohr) vor. Die Durchwirbelung, die z.B. auch durch Umwälzpumpen erreicht werden könnte, wird zweckmäßigerweise durch Einleitung von Druckluft z.B. mit Hilfe eines unterhalb des Hohlkörpers angeordneten Düsenrohres bewirkt. Dieses Düsenrohr befindet sich z.B. am Boden des Kühlmittelbeckens und verläuft parallel zur Längsachse des abzukühlenden Hohlkörpers. An seiner Oberseite befinden sich zahlreiche Bohrungen, durch die die Druckluft entweichen kann, die auf dem Weg zur Oberfläche des Kühlmittelbades für eine starke Durchwirbelung sorgt. Hierdurch wird offenbar die in der ersten Abkühlphase auf hohem Temperaturniveau auftretende Dampfschicht (Filmverdampfung) auf der Oberfläche des Hohlkörpers zerstört und werden in der zweiten Abkühlphase die entstehenden Dampfblasen (Blasenverdampfung) schneller von der Oberfläche abgelöst. Als Folge wird die Kühlwirkung des Kühlmittels deutlich erhöht. Da das Zusammenbrechen der Dampfschicht und das Ablösen der Dampfblasen bei niedrigen Relativgeschwindigkeiten zwischen Kühlmedium und der Oberfläche des Hohlkörpers (z.B. Rohr oder Behälter) insbesondere von der Beschaffenheit dieser Oberfläche (z.B. Rauigkeit) abhängt, wirkt sich eine Erhöhung dieser Relativgeschwindigkeit infolge der Durchwirbelung bei ungleichmäßig beschaffenen Oberflächen im Sinne einer Vergleichmäßigung der Kühlwirkung auf der Oberfläche aus.

Die intensivierte Kühlwirkung führt zu einer erheblichen Reduzierung der Kühlzeiten, also zu einer stärkeren Abschreckung. Dies wird mit äußerst einfachen Mitteln (z.B. Drucklufteinleitung) erreicht. Damit kann der Anwendungsbereich bestehender Drehtauchanlagen ohne großen Aufwand wesentlich erweitert werden. Es können nämlich nicht nur Hohlkörper mit dickeren Wänden als bisher abgeschreckt werden, sondern es ist auch möglich, bei gleicher Wanddicke Rohre oder Behälter aus Stahlwerkstoffen mit geringen Gehalten an Legierungselementen erfolgreich abzuschrecken.

Die Verringerung der Abkühlwirkung bei Erreichen der Martensitstarttemperatur ist durch einfaches Abschalten der Druckluftzufuhr möglich. Darüber hinaus kann auch durch Erhöhung der Drehzahl des abzukühlenden Hohlkörpers bei Bedarf eine schonendere Kühlung eingestellt werden. Schließlich bringt auch die Verminderung der Eintauchtiefe des Hohlkörpers eine Verringerung der Kühlintensität mit sich; allerdings erhöht sich dabei die Gefahr, daß einseitig oder beidseitig offene Hohlkörper auf der Innenseite an den offenen

Enden schneller abkühlen. Eine Möglichkeit zur Ausschaltung dieser unterschiedlichen Kühlwirkungen auf der Innenseite der Hohlkörper ist grundsätzlich dadurch realisierbar, daß man den Zutritt des Kühlmittels in das Innere des Hohlkörpers von vornherein ausschließt. Dies kann durch das vorübergehende Anbringen geeigneter Verschußdeckel an den offenen Stirnflächen der Hohlkörper erfolgen. Eine solche Maßnahme erfordert jedoch einen erheblichen Handhabungs- bzw. Apparateaufwand und erscheint deswegen weniger erstrebenswert.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist daher insbesondere für Stahlrohre unter 240 mm Durchmesser vorgesehen, daß die an den offenen Enden durch das einströmende Kühlmittel dort verstärkte Innenkühlung zumindest annähernd durch eine entsprechende Abschwächung der Außenkühlung in diesem Bereich kompensiert wird. Dies wird dadurch gewährleistet, daß die Durchwirbelung des Kühlmittelbades in diesen Endbereichen z.B. durch örtliche Verringerung des Drucks der zur Durchwirbelung zugeführten Druckluft oder des mit erhöhtem Druck zugeführten Kühlmittels (z.B. Druckwasser) weniger stark erfolgt. Damit läßt sich selbst bei empfindlichen Werkstoffen bei einer abfangenden Kühlung eine gleichmäßige Gefügeausbildung (Bainit) erzielen. Die Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens wird anhand der nachfolgend beschriebenen Vergleichsbeispiele näher erläutert.

1. Beispiel

Stahlrohrstücke von 178 mm Durchmesser, 14,5 mm Wanddicke und 1500 mm Länge wurden einheitlich auf 980°C in einem Ofen aufgeheizt und mit einer Starttemperatur von 960°C in eine Drehtauchanlage mit Wasserbad eingesetzt. Die Drehtauchvorrichtung war absenkbar, so daß die Rohrstücke nach vorgegebenen Abschreckzeiten wieder aus dem Wasserbad herausgehoben werden konnten, um die Rohrausgleichstemperatur feststellen zu können. In einem ersten Vergleichsversuch betrug die Eintauchtiefe jeweils 90% des Rohrdurchmessers und die Drehzahl des Rohres 80 U/min.

Bei herkömmlicher Verfahrensweise stellte sich nach einer Kühlzeit von 18 sek eine Ausgleichstemperatur im Rohr von 575°C ein; bei erfindungsgemäßer Druckluftzufuhr von 0,25 bar Überdruck dagegen lag die Ausgleichstemperatur nach nur 10 sek bereits bei 510°C und nach 12 sek bei 450°C.

2. Beispiel

In einem zweiten Versuch wurden zwei gleiche Rohre bei gleicher Einsatztemperatur wie im ersten Versuch, aber mit einer Eintauchtiefe von jeweils 50% des Rohrdurchmessers eingetaucht und bei 80 U/min unter Drucklufteinleitung in der Drehtauchanlage abgekühlt. Der Überdruck der Druckluft betrug beim ersten Rohr 0,25 bar und beim zweiten 0,5 bar. Nach 12 sek Abschreckzeit stellte sich im ersten Rohr eine Ausgleichstemperatur von 600°C und im zweiten eine Ausgleichstemperatur von 453°C ein.

Diese Ergebnisse zeigen bereits deutlich, daß die Kühlwirkung durch die Einleitung von Druckluft erheblich gesteigert werden konnte. Die Kühlzeit verminderte sich gegenüber dem bisherigen Stand der Technik bis auf etwa die Hälfte.

3. Beispiel

Die Unzulänglichkeit der bisherigen Vorgehensweise beim Abkühlen von Hohlkörpern mit offenen Stirnseiten in einer konventionellen Drehtauchanlage zeigt sich an den in Figur 2 und 3 dargestellten Meßergebnissen an einem Stahlrohr mit 178 mm Durchmesser, 14 mm Wanddicke und 15 m Länge. Dieses Rohr wurde gezielt von 920°C auf eine mittlere Temperatur von 450°C abgeschreckt, um ein bainitisches Gefüge zu erzielen. Die tatsächliche Temperaturverteilung war jedoch, wie Figur 2 zeigt, extrem unterschiedlich. Während an den Enden bereits Temperaturen unter 400°C vorlagen, war der mittlere Bereich noch auf Temperaturen um bzw. oberhalb 600°C. Das heißt die vorliegenden Temperaturdifferenzen betrugen bis zu 250 K. Dies führte zu einer entsprechend unterschiedlichen Gefügeausbildung, die sich z.B. in den in Figur 3 dargestellten über die Rohrlänge stark unterschiedlichen Streckgrenzenwerten $R_{10,5}$ dokumentieren.

Während die Werte an den Enden bei etwa 700 N/mm² liegen, weil dort das angestrebte bainitische Gefüge entstanden ist (entsprechend Kurve 2/2a in Fig. 1), sind im mittleren Bereich (ca. 2-3 m von den Rohrenden entfernt) Werte von 465-495 N/mm² festzustellen, die auf ein überwiegend ferritisch/perlitisches Gefüge hindeuten (entsprechend Kurve 3/3a in Fig. 1).

Die Wirksamkeit der Erfindung bei einer Verfahrensweise gemäß Anspruch 6 zeigt sich in den Meßergebnissen in Figur 5 und 6, die an einem anderen Stahlrohr ermittelt wurden, das auf einer Anlage abgekühlt wurde, welche schematisch in Figur 4 dargestellt ist. Werkstoff und Rohrabmessungen entsprachen denen des Vergleichsversuchs gemäß Figur 2 und 3. In Figur 4 ist durch eine Vielzahl von Pfeilen angedeutet, daß die Druck-

luftzufuhr zur Verwirbelung des Kühlmittelbads unterhalb des eingetauchten Rohres 1 im Bereich des Rohrfangs 1a und des Rohrendes 1b in einzelne Düsenleisten 2a bzw. 2b aufgeteilt ist, die mit unterschiedlichem Druck beaufschlagt werden können. Im vorliegenden Beispiel sind jeweils 8 einzelne Düsenleisten 2a bzw. 2b von 350 mm Einzellänge an den beiden Rohrenden 1a, 1b vorgesehen worden. Im mittleren Bereich des Rohres 1 ist eine durchgehende Düsenleiste 2 angeordnet. Dadurch ist es prinzipiell möglich, eine Teillänge von jeweils etwa 3 m an den beiden Rohrenden unterschiedlich stark gegenüber dem mittleren Bereich zu kühlen.

Im Falle des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 5 und 6 wurden lediglich jeweils die zwei äußersten Düsenleisten 2a, 2b mit Druckluft beaufschlagt, deren Druck auf 1,3 bar abgesenkt war, während alle anderen Düsenleisten 2a, 2b und die durchgehende Düsenleiste 2 mit Druckluft von 2,5 bar betrieben wurden. Die Länge der weniger intensiv von außen gekühlten Rohrenden betrug somit an jeder Seite etwa 700 mm. Die Tauchtiefe des Rohres 1 war mit 90% festgesetzt worden.

Unter diesen Bedingungen ergab sich die sehr gleichmäßige Temperaturverteilung über die Rohrlänge von etwa 15 m, wie sie in Figur 5 dargestellt ist. Der Streubereich ist auf eine Bandbreite von etwa 30 K zusammengeschrumpft, so daß die angestrebte Temperatur bei der abfangenden Kühlung überall praktisch erreicht wurde. Dementsprechend gleichmäßig ist auch das entstandene bainitische Gefüge. Dies zeigt sich an den gleichmäßigen Streckgrenzenwerten von 670-690 N/mm² gemäß Figur 6.

Um eine Abkühlanlage gemäß Figur 4 z.B. für eine Stahlrohrproduktion möglichst effektiv und flexibel (unterschiedliche Rohrabmessungen und Werkstoffe) betreiben zu können, bietet sich eine elektronische Steuerung an, die die Länge des jeweils abzukühlenden Rohres beim Austritt aus dem Austenitisierungssofen mißt und unter Berücksichtigung der Tauchtiefe, der Temperatur, des Werkstoffs, des Durchmessers und der Wanddicke des Rohres die Lage und Länge der stärker bzw. weniger stark zu kühlenden Zonen ermittelt und schließlich die entsprechenden Düsenleisten mit dem erforderlichen Druck beaufschlagt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Härten eines zylindrischen Hohlkörpers aus Stahl im Rahmen einer Vergütungsbehandlung, wobei der insgesamt auf Austenitisierungstemperatur erwärmte Hohlkörper in einem Kühlmittelbad, insbesondere einem Wasserbad, in der Weise durch Drehtauchen abgekühlt wird, daß er mit seiner Längsachse parallel zum Badspiegel des Kühlmittelbades ausgerichtet wird, nur mit einem Teil seiner Oberfläche in das Kühlmittelbad eintaucht und während dieser Abkühlung mehrfach um seine Längsachse gedreht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kühlmittelbad unterhalb des Hohlkörpers zumindest zeitweilig mittels Druckgas, insbesondere Druckluft durchwirbelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Durchwirbelung bei Erreichen der Martensitstarttemperatur beendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Tauchtiefe des Hohlkörpers bei Erreichen der Martensitstarttemperatur verringert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Hohlkörpers nach Erreichen der Martensitstarttemperatur erhöht wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß beim Abkühlen des mindestens an einer Stirnseite offenen Hohlkörpers die Durchwirbelung jeweils im Bereich des bzw. der Enden mit einer offenen Stirnseite weniger stark erfolgt als im mittleren Bereich und ggf. in dem Endbereich mit geschlossener Stirnseite des Hohlkörpers, wobei die Abschwächung der Durchwirbelung in der Weise dosiert ist, daß die damit verbundene schwächere äußere Wärmeabfuhr etwa der stärkeren Innenkühlung in diesen Endbereichen entspricht.

6. Verfahren nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß die Durchwirbelung durch Druckluftzufuhr mit zonenweise unterschiedlichem Druck vorgenommen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchwirbelung zeitweilig nur im mittleren Bereich und ggf. im Bereich der geschlossenen Stirnseite vorgenommen wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Behälter zur Aufnahme eines Kühlmittelbades und mit einer Drehvorrichtung zur Drehung horizontal liegender zylindrischer Hohlkörper in dem Kühlmittelbad, wobei unterhalb der gedachten Achse des zylindrischen Hohlkörpers und unterhalb des vorgesehenen Badspiegels des Kühlmittels ein System von Düsen angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Düsen (2, 2a, 2b) einzeln oder zonenweise zusammengefaßt mit Druckgas mit voneinander unterschiedlichem Betriebsdruck beaufschlagt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Düsensystem als horizontal angeordnetes Rohrstück ausgebildet ist, dessen Wand im Bereich seiner obersten Mantellinie zahlreiche Bohrungen aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehvorrichtung auf unterschiedliche Höhen gegenüber dem Badspiegel einstellbar ist.

5 Claims

1. A process for hardening a cylindrical hollow body made of steel in a quenching and tempering treatment, wherein the hollow body which has been heated altogether to austenitisation temperature is cooled in a bath of cooling medium, in particular a water bath, by rotary dipping, in that it is aligned with its longitudinal axis parallel to the surface level of the cooling medium bath, only part of its surface is dipped into the cooling medium bath and it is rotated several times about its longitudinal axis during this cooling, characterised in that the cooling medium bath is at least temporarily swirled by means of compressed gas, in particular compressed air, beneath the hollow body.
2. A process according to Claim 1, characterised in that the swirling is terminated once the martensite starting temperature is reached.
3. A process according to one of Claims 1 to 2, characterised in that the depth of immersion of the hollow body is reduced once the martensite starting temperature is reached.
4. A process according to one of Claims 1 to 3, characterised in that the speed of rotation of the hollow body is increased once the martensite starting temperature has been reached.
5. A process according to one of Claims 1 to 4, characterised in that when cooling the hollow body, which is open at least on one end face, the swirling is performed less strongly in each case in the region of the end or ends with an open end face than in the central region and if applicable in the end region having a closed end face of the hollow body, the reduction of the swirling being metered in such a manner that the weaker external heat dissipation involved therewith corresponds approximately to the greater inner cooling in these end regions.
6. A process according to Claim 5, characterised in that the swirling is performed by supplying compressed air with pressure which differs in zones.
7. A process according to Claim 5 or 6, characterised in that the swirling is performed temporarily only in the central region and if applicable in the region of the closed end face.
8. An apparatus for performing the process according to Claim 1 with a container for holding a cooling medium bath and with a rotation device for rotation of horizontally lying cylindrical hollow bodies in the cooling medium bath, with a system of nozzles being arranged beneath the imaginary axis of the cylindrical hollow body and beneath the intended surface level of the bath of cooling medium, characterised in that the nozzles (2, 2a, 2b), individually or combined in zones, are acted upon by compressed gas at operating pressures which differ from each other.
9. An apparatus according to Claim 8, characterised in that the nozzle system is designed as a horizontally arranged length of pipe, the wall of which has numerous bores in the region of its uppermost generatrix.
10. An apparatus according to Claim 8, characterised in that the rotation device can be set to different heights with respect to the surface level of the bath.

Revendications

1. Procédé pour durcir un corps creux cylindrique en acier dans le cadre d'un traitement thermique, le corps creux réchauffé en totalité à la température d'austénitisation étant refroidi dans un bain de fluide de refroidissement, en particulier un bain d'eau, par immersion tournante, de façon que son axe longitudinal soit orienté parallèlement à la surface du bain de fluide de refroidissement, qu'il ne plonge que par une partie de sa surface dans le bain de fluide de refroidissement et que, pendant ce refroidissement, il soit tourné plusieurs fois autour de son axe longitudinal, caractérisé en ce que le bain de fluide de refroidissement, au-dessous du corps creux, est brassé violemment, au moins temporairement, par du gaz comprimé, en particulier de l'air comprimé.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le brassage violent est terminé lorsque l'on atteint la température de démarrage de la martensite.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la profondeur d'immersion du corps creux est diminuée lorsque l'on atteint la température de démarrage de la martensite.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la vitesse de rotation du corps creux est augmentée après avoir atteint la température de démarrage de la martensite.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, lors du refroidissement du corps creux ouvert au moins sur une face frontale, le brassage violent a lieu, à chaque fois, moins fortement dans la

zone de l'extrémité ou des extrémités à face frontale ouverte que dans la zone médiane et, le cas échéant, dans la zone d'extrémité à face frontale fermée du corps creux, la réduction du brassage violent étant dosée de sorte que la dissipation de chaleur externe plus faible qui lui est liée corresponde à peu près au refroidissement interne plus fort dans ces zones d'extrémité.

5 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le brassage violent est effectué par amenée d'air comprimé avec des zones de pressions différentes.

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le brassage violent n'est effectué temporairement que dans la zone médiane et, le cas échéant, dans la zone de la face frontale fermée.

10 8. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, comportant un récipient pour la réception d'un bain de fluide de refroidissement et un dispositif pour faire tourner dans le bain de fluide de refroidissement des corps creux cylindriques agencés horizontalement, un système de buses étant agencé au-dessous de l'axe imaginaire du corps creux cylindrique et au-dessous de la surface prévue du bain de fluide de refroidissement, caractérisé en ce que les buses (2, 2a, 2b) agencées individuellement ou réunies par zone sont alimentées en gaz comprimé à des pressions de service différentes l'une de l'autre.

15 9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le système de buses est réalisé en tant que tronçon de tube agencé horizontalement, dont la paroi, dans la zone de sa génératrice la plus supérieure, présente une pluralité de perçages.

10. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le dispositif de mise en rotation peut être réglé à différentes hauteurs par rapport à la surface du bain.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

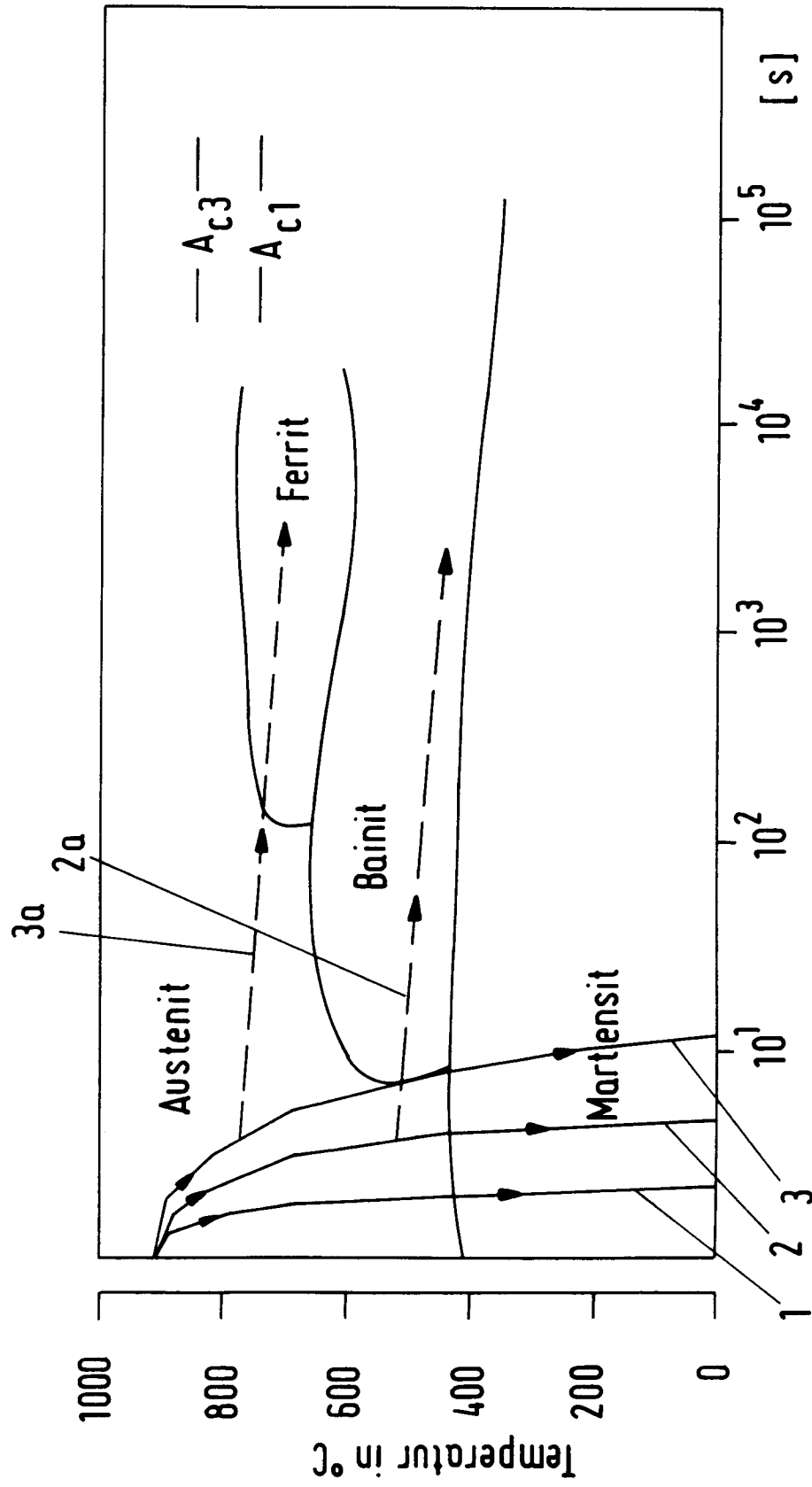


Fig.2

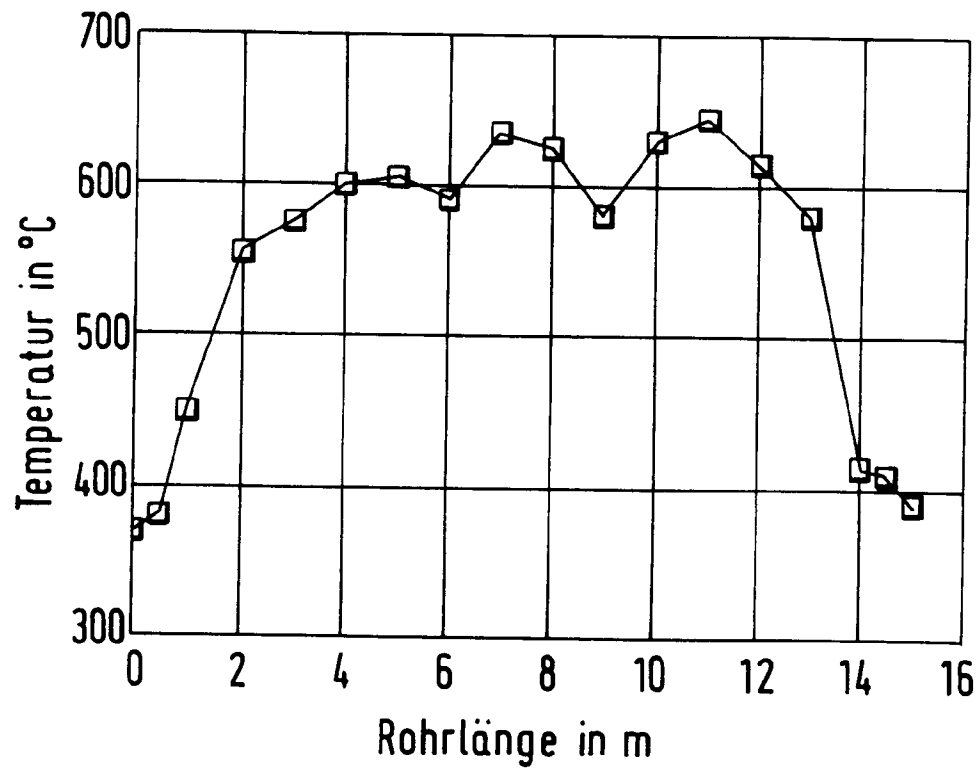


Fig.3

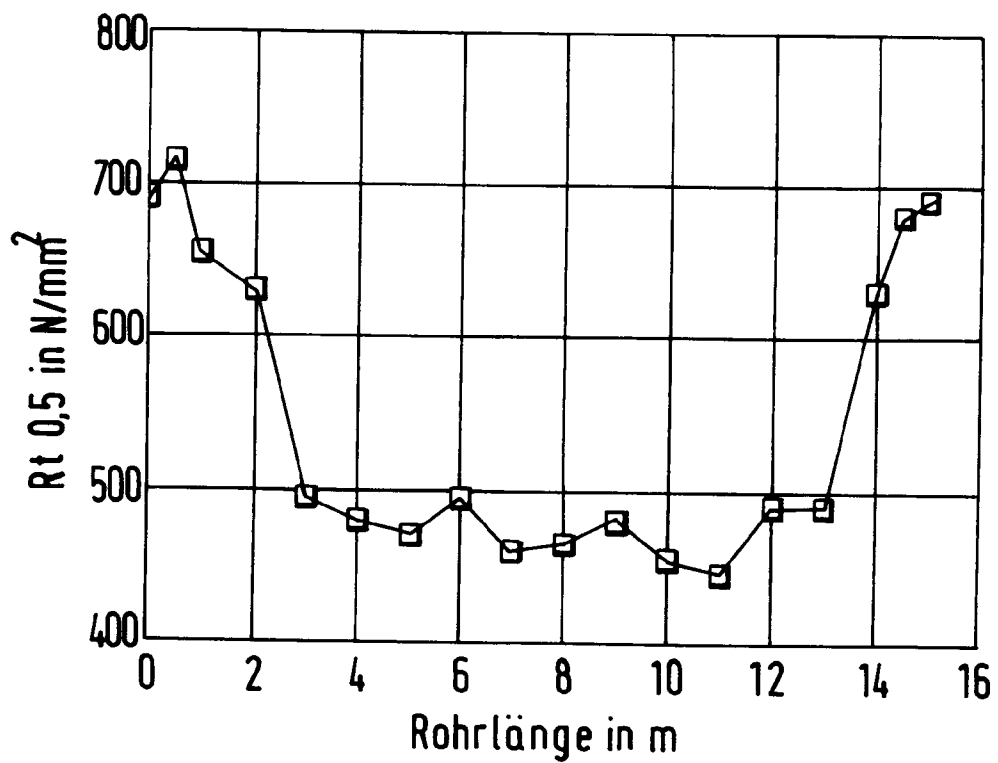


Fig.4

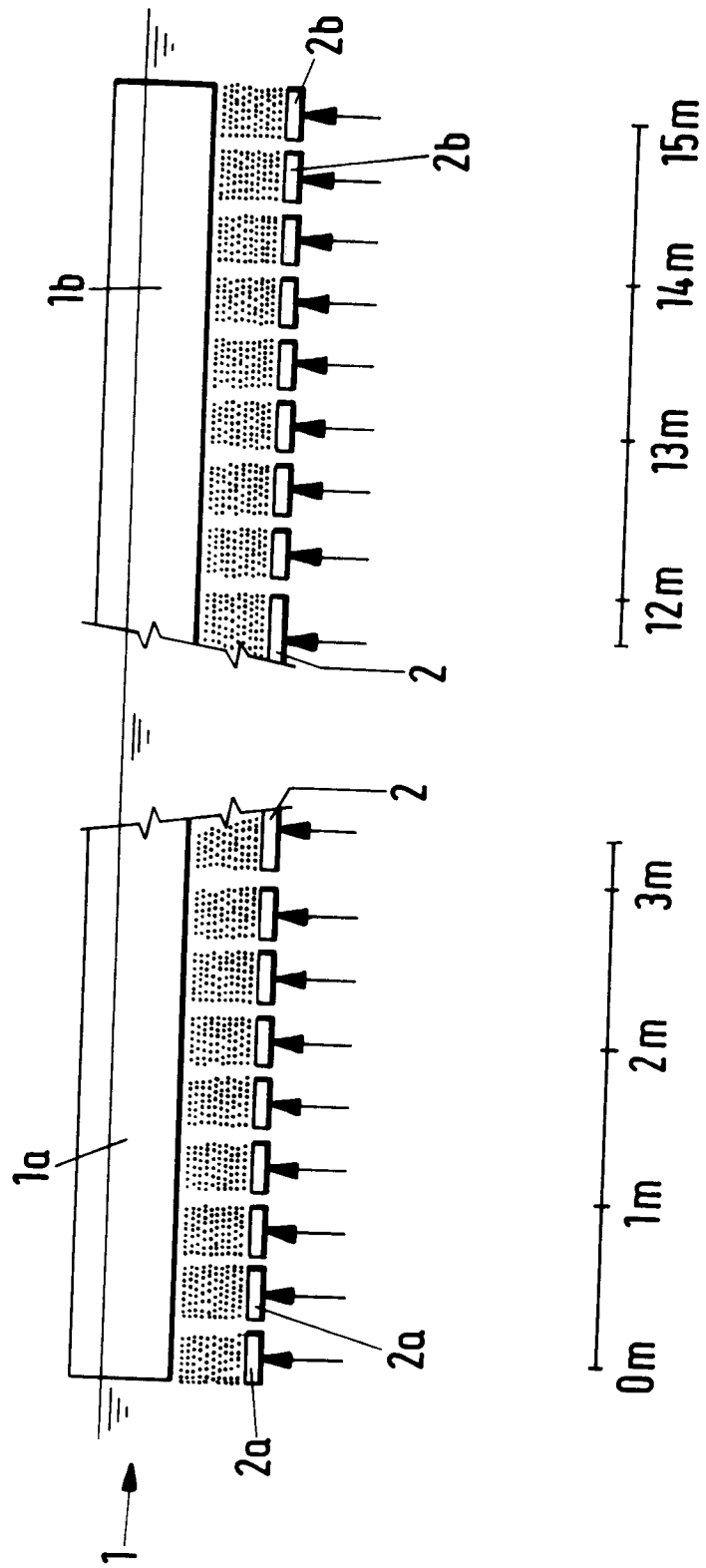


Fig.5

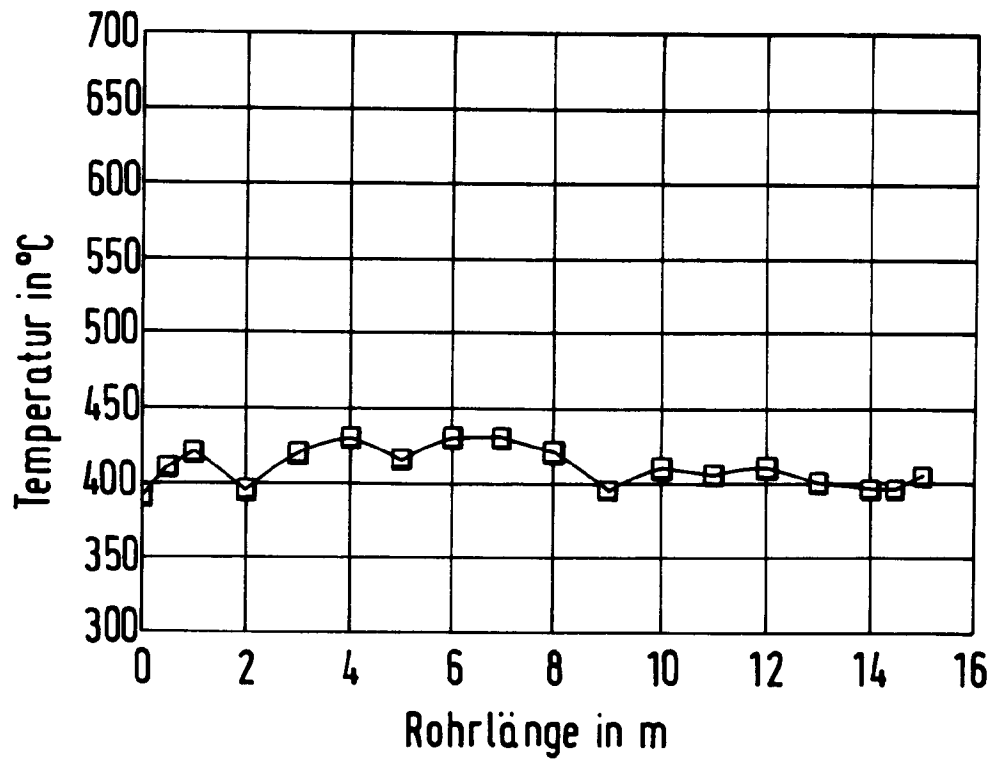


Fig.6

