



(10) **DE 10 2008 027 807 B4** 2011.05.12

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 027 807.6**  
(22) Anmeldetag: **06.06.2008**  
(43) Offenlegungstag: **10.12.2009**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **12.05.2011**

(51) Int Cl.: **B21C 37/30 (2006.01)**  
**B21D 3/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Eisenbau Krämer mbH, 57223 Kreuztal, DE**

(74) Vertreter:  
**Jeck · Fleck · Herrmann Patentanwälte, 71665  
Vaihingen**

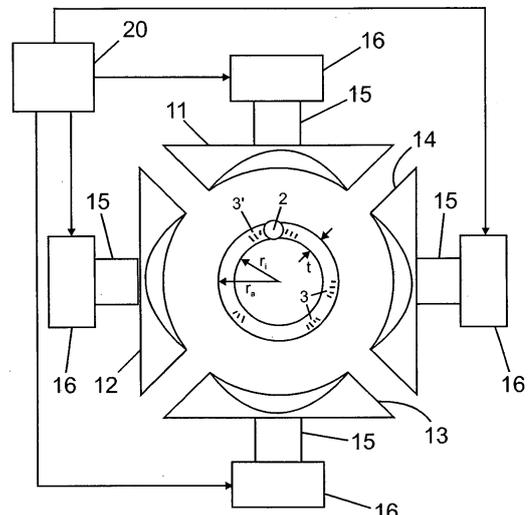
(72) Erfinder:  
**Beißel, Jochen, Dr., 57271 Hilchenbach, DE;  
Reichel, Thilo, Dr., 57234 Wilnsdorf, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>10 2006 010040</b>	<b>B3</b>
<b>DE</b>	<b>196 02 920</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>41 24 689</b>	<b>A1</b>
<b>FR</b>	<b>7 37 123</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>04 38 205</b>	<b>A2</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen eines großen Stahlrohres**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen eines Stahlrohres, bei dem ein Blech oder Coil in einem Biegevorgang zu einem im Querschnitt runden Rohrkörper (1.2) eingeformt, in einem nachfolgenden Schweißvorgang (b) entlang den einander zugewandten Längskanten zum Herstellen einer durchgehenden Naht geschweißt und anschließend einer Entspannungsbehandlung unterzogen wird, wobei die Entspannungsbehandlung bei einem Vorgang zum Rundrichten (c) entlang dem Umfang in zumindest einem Abschnitt bezüglich seiner Längsachse unter Kaltverformung durch Stauchen vollzogen wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Stahlrohren, bei dem ein Blech oder Coil in einem Biegevorgang zu einem im Querschnitt runden Rohrkörper eingeformt, in einem nachfolgenden Schweißvorgang entlang den einander zugewandten Längskanten zum Herstellen einer Längsnaht geschweißt und anschließend einer Entspannungsbehandlung unterzogen wird, wobei die Entspannungsbehandlung bei einem Vorgang zum Rundrichten entlang dem Umfang zumindest abschnittsweise bezüglich der Längsachse des Rohres vollzogen wird.

**[0002]** Ein derartiges Verfahren zum Herstellen längsnahtgeschweißter Stahlrohre ist in der DE 41 24 689 A1 angegeben. Bei diesem bekannten Verfahren zur Beseitigung von Formfehlern und Abbauen schädlicher Eigenspannungen in längsnahtgeschweißten Rohrsträngen wird das Rohr mittels eines innenliegenden Aufweitedornes in einem solchen Maß aufgeweitet, dass in Umfangsrichtung vorhandene Eigenspannungen weitestgehend abgebaut werden. Das nach diesem Verfahren aufgeweitete Rohr ist derartig plastisch verformt, dass Zugspannungen in Umfangsrichtung des Rohres nicht mehr vorhanden sind. Jedoch können Druckspannungen auftreten, die im Rohr verteilt sind, wie in Spalte 3, 3. Absatz dieser Druckschrift ausgeführt ist.

**[0003]** Ein weiteres Verfahren zum Herstellen längsnahtgeschweißter Stahlrohre ist in der DE 10 2006 010 040 B3 gezeigt. Bei diesem bekannten Verfahren wird das Rohr mittels einer Richtmaschine vom Außenumfang her mittels mehrerer in Umfangsrichtung versetzter, in axialer Richtung orts- gleich angeordneter Richtstempel zum Rundrichten zusammengedrückt, wobei die Richtstempel an die Form des Rohraußenquerschnitts angepasste Richtschalen tragen. Die Richtschalen können einzeln oder in Abhängigkeit voneinander z. B. hydraulisch verfahren werden, wobei die Betätigung gesteuert oder geregelt vorgenommen werden kann. Über die Regelachsen können die Richtzylinder mit den Richtschalen das Rohr bis zu dessen kreisrunder Kontur richten, wobei die Kalibrierung bezüglich des Durchmessers und/oder der Ovalität erfolgt. Auch ein Stauchen des Werkstoffes über die Streckgrenze hinaus ist mittels dieses dort erstmals so genannten Impandierens möglich.

**[0004]** Die EP 0 438 205 A2 zeigt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Richten der Enden langgestreckter Werkstücke. Bei stillstehendem Werkstück wird mindestens ein im Endenbereich ausgesuchter Querschnitt einer an- und abschwellenden Biegewechselbeanspruchung unterworfen, wobei eine vorgegebene maximale Durchbiegung ein- oder mehrmals um die Werkstückachse umläuft. Ei-

ne an- bzw. abschwellende Biegewechselbeanspruchung wird dabei so gewählt, dass der ausgesuchte Querschnitt bis in den plastischen Bereich verformt wird. Die Mittel zum Erzeugen einer Auslenkung der Werkstückachse in eine Umlaufbahn über die Elastizitätsgrenze des Werkstückes hinaus weisen dabei mindestens drei symmetrisch um eine gemeinsame Achse angeordnete, in radialer Richtung bewegbare Stößel auf, die jeweils mit einer weg- und zeitabhängig steuerbaren Kolben-Zylindereinheit verbunden sind und die Stößel durch eine steuerungsmäßige Verknüpfung der Kolben-Zylindereinheiten miteinander während des Richtvorganges phasenversetzt eine sinusförmige Hubbewegung ausführen. Hierbei erfolgt kein Richten hinsichtlich Rundheit oder Ovalität, sondern eine Korrektur von Abweichungen in der Geradheit der krumm liegenden Enden, d. h. es geht um ein Längsrichten.

**[0005]** Auch mit einer in der FR 737 123 A gezeigten Richtmaschine für Rohre werden diese in ihrer Längsrichtung, und zwar in warmem Zustand gerichtet. Hierbei erstrecken sich zwei gegenüberliegende Richtelemente, die das Rohr zwischen sich aufnehmen und mittels einer Hebelmechanik mit Antrieb gegeneinander gedrückt werden können, über die gesamte Länge des Rohres. Die Richtelemente sind z. B. gerundet entsprechend dem Durchmesser des Rohres, wobei der Innenteil der Richtelemente austauschbar sein kann. Vor dem Richtvorgang werden die Rohre rot erwärmt und evakuiert. Nach dem so durchgeführten Längsrichten werden die Rohre mittels eines Auswerfers einer Kühleinrichtung zugeführt. Insbesondere das Richten großer Stahlrohre ist mit solchen Maßnahmen aufwändig, und Probleme und Lösungen zum Rundrichten gehen aus dieser Druckschrift nicht hervor.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen großer Stahlrohre bereit zu stellen, mit dem die Fertigung qualitativ hochwertiger Rohre unter möglichst genauem Rundrichten und mit möglichst kurzer Herstellungszeit erreicht wird, sowie entsprechend ausgebildete Rohre bereit zu stellen, wobei auch die mechanisch technologischen Eigenschaften des Materials verbessert werden sollen.

**[0007]** Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 7 gelöst. Bei dem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 ist vorgesehen, dass die Entspannungsbehandlung in einem Schritt zum Rundrichten unter Kaltverformung durch Stauchen vollzogen wird.

**[0008]** Mit den Maßnahmen in der genannten Kombination wird beim Vorgang des Rundrichtens unter Kaltverformung durch Stauchen auch eine Entspannungsbehandlung durchgeführt. Auf diese Weise wird nicht nur die Rohrtoleranz durch gleichmäßiges plastisches Verformen des Werkstoffes in kur-

zer Zeit verbessert, sondern auch das Eigenspannungsverhalten des Rohrkörpers. Dabei werden nicht nur die durch das Einformen des Blechmaterials mechanisch erzeugten Spannungen reduziert, sondern auch die durch das Längsnahtschweißen des zum Rohr geformten Blechmaterials verursachten thermisch erzeugten Spannungen abgebaut. Insgesamt werden durch das Verfahren die mechanisch technologischen Eigenschaften des Rohres verbessert. Wie Berechnungen im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten nachweisen, wird das Eigenspannungsverhalten nach dem Impandieren, je nach Impansionsgrad, auf ein Minimum reduziert, wobei auch ein praktisch vollständiger Spannungsabbau ermöglicht wird, ohne dass eine aufwändige Wärmebehandlung (spannungsarm glühen bei z. B. ca. 600°C) erforderlich ist und durch die Wärmebehandlung entstehende Nachteile vermieden werden können.

**[0009]** Eine für das Rundrichten und die Entspannung vorteilhafte Maßnahme besteht darin, dass beim Rundrichten eine plastische Verformung des Rohrkörpers über dessen gesamten Umfang vorgenommen wird.

**[0010]** Alternative vorteilhafte Ausgestaltungen für ein exaktes Rundrichten bestehen dabei darin, dass beim Rundrichten ein Einstellen auf vorgegebenen Rohraußendurchmesser oder vorgegebenen Rohrinwendendurchmesser erfolgt.

**[0011]** Zum Verbessern des Eigenspannungsverhaltens des Rohrkörpers tragen ferner die Maßnahmen bei, dass beim Rundrichten zum Entspannen ein Stauchen in Umfangsrichtung und in einem anschließenden Schritt ein hydraulisches Entspannen (z. B. mit Hydrotester) miteinander kombiniert werden. Dabei kann das Impandieren und hydraulische Entspannen abwechselnd auch mehrfach gesteuert durchgeführt werden.

**[0012]** Ferner werden das Rundrichten und die Entspannungsvorgänge dadurch begünstigt, dass das Rundrichten und Entspannen mittels mindestens zweier, insbesondere mindestens dreier von außen in Radialrichtung zur Rohrachse drückender, in Umfangsrichtung versetzter Richtstempel mit an die Umfangskontur des Rohres abschnittsweise angepassten Richtschalen durchgeführt wird.

**[0013]** Ein Rohr mit vorteilhaften Eigenschaften wird dadurch erhalten, dass es nach einem der vorstehend genannten Verfahrensweisen hergestellt ist.

**[0014]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

**[0015]** **Fig. 1** ein in einer Rundrichtmaschine angeordnetes Rohr in schematischer Querschnittsansicht und

**[0016]** **Fig. 2** eine schematische Darstellung von Fertigungsschritten eines Rohres.

**[0017]** **Fig. 1** zeigt in axialer Draufsicht ein Rohr **1** eines runden Querschnitts mit einem Innenradius  $r_i$  und einem Außenradius  $r_a$ , durch deren Differenz eine Wandstärke  $t$  festgelegt ist. Das Rohr **1** besitzt eine längs verlaufende Schweißnaht **2**. In der Rohrwandung sind zum einen in Folge des mechanischen Einformprozesses und zum anderen in Folge der Wärmeeinflüsse beim Schweißen mechanische bzw. thermische Spannungsbereiche **3**, **3'** vorhanden.

**[0018]** Die Richtmaschine bzw. Richtvorrichtung **10** weist mehrere in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilte und in axialer Richtung ortsgleich angeordnete Richtstempel mit jeweiligen Richtschalen **11**, **12**, **13**, **14** auf, die an einem jeweiligen Halter **15** auswechselbar angebracht sind und auf ihrer dem Rohr **1** zugekehrten Seite mit einer an die Oberflächenkontur des Rohres **1** angepasste Oberflächenform versehen sind, die sich in Umfangsrichtung entlang der Rohroberfläche erstreckt, so dass beim Anliegen sämtlicher Richtschalen die Rohroberfläche in Umfangsrichtung weitgehend umfasst ist. In axialer Richtung hingegen erstrecken sich die Richtschalen **11**, **12**, **13**, **14** nur über einen kurzen Teilabschnitt des Rohres **1**, wobei mehrere derartige Einheiten aus Richtschalen **11**, **12**, **13**, **14** in Längsrichtung des Rohres **1** über dessen äußerer Oberfläche angeordnet sein können. Durch die Austauschbarkeit können an verschiedene Rohrdurchmesser angepasste Richtschalen leicht eingesetzt bzw. gewechselt werden. Die Halter **15** der Richtschalen **11**, **12**, **13**, **14** werden entlang einer Richtachse **17** hydraulisch in radialer, zum Zentrum des Rohres **1** orientierter Richtung in dem Träger **16** verstellt, um ein Stauchen des Rohrkörpers und ein hydraulisches Entspannen in entgegen gesetzter Richtung unter Steuerung oder Regelung mittels einer Regelungsvorrichtung **20** zu bewirken. Dabei kann ein Richten auf vorgegebenen Innen- oder Außendurchmesser erfolgen, wobei über die Regelvorrichtung eine Absolutlage vorgegeben werden kann.

**[0019]** **Fig. 2** zeigt wesentliche Schritte beim Herstellen des Rohres **1**, nämlich einen Einformvorgang **a**, bei dem eine Blechplatte **4** mittels einer Einformvorrichtung **30** mittels Formwerkzeugen unter Voranschub der Blechplatte **4** nach und nach zu einem Biegeteil **1.1** und schließlich dem umlaufend gebogenen Rohrkörper **1.2** geformt wird. Anschließend wird der Rohrkörper **1.2** in einem Schweißvorgang **b** an seinen einander zugekehrten Rändern, die zuvor für das Schweißen vorbereitet wurden, mittels einer Längsschweißnaht in einer Schweißvorrichtung **40** geschlossen. Durch die Einformvorgänge und

das Schweißen ergeben sich mechanische und thermische Spannungsbereiche **3, 3'**, wie vorstehend erwähnt. Nachfolgend schließt sich gegebenenfalls nach Durchführen weiterer Bearbeitungs- und/oder Kontrollschritte ein Richtvorgang **c** unter Rundrichten des Rohres **1** an, in dem gleichzeitig auch eine Entspannungsbehandlung erfolgt. Die Entspannungsbehandlung kann zusätzlich noch in einem anschließenden Schritt **d** mit einem hydrostatischen Entspannen z. B. mittels Hydrotester kombiniert werden, wobei mittels eines Druckmediums im Rohrrinnern ein nach außen gerichteter Druck **p** auf die innere Rohrfläche erzeugt wird.

**[0020]** Bei großen Rohren, d. h. insbesondere mit Wandstärken  $t \geq 9$  mm und Durchmessern  $d \geq 300$  mm, z. B. bis zu  $t = 80$  mm und  $d = 2000$  mm, gelingt das Rundrichten bei gleichmäßigem Kalibrieren über den Umfang mit der vorstehend genannten Richtmaschine, wie sie auch in der eingangs genannten DE 10 2006 010 040 B3 dargestellt ist, mit der ein Stauchen des Werkstoffes in Umfangsrichtung und ein Rundrichten mit hohen Toleranzanforderungen erreicht werden, wobei ein Stauchen über die Streckgrenze hinaus möglich ist. Durch plastisches Verformen beim Rundrichten lässt sich gleichzeitig ein Entspannen sowohl mechanischer als auch thermischer Spannungsbereiche **3, 3'** über den gesamten Umfang erreichen. Dadurch wird das Eigenspannungsverhalten des Rohrkörpers ohne zusätzliche Wärmebehandlung deutlich verbessert, wobei gleichzeitig negative Einflüsse, wie sie durch eine Wärmebehandlung auftreten können, z. B. beim spannungsarmen Glühen, vermieden werden. So werden nicht nur die durch das Einformen des Blechmaterials mechanisch hervorgerufenen Spannungen reduziert, sondern auch die durch das Längsnahtschweißen verursachten, thermisch erzeugten Spannungen abgebaut, wobei die plastische Verformung des Rohrkörpers **1.2** über den gesamten Rohrumfang erfolgt. Dabei wird das Rundrichten mit der Entspannungsbehandlung durch Kaltverformung erreicht.

**[0021]** Durch die Kombination des Impandierens und hydraulischen Entspannens unter Steuerung oder Regelung über die Regelungsvorrichtung **20** kann der Entspannungsprozess gezielt beeinflusst werden. Gleichzeitig lassen sich Rohraußen- oder Rohrrinnendurchmesser gezielt auf vorgegebene Werte einstellen. Durch dieses Verfahren lassen sich gezielt die mechanisch technologischen Eigenschaften wie Festigkeit und Wärmeausdehnungskoeffizient des Rohrmaterials positiv beeinflussen. Weiterhin werden das Kollapsverhalten des Rohres und die Eigenschaften bei Ermüdungsbeanspruchungen verbessert. Insgesamt lassen sich dadurch qualitativ hochwertige, praktisch spannungsfreie Rohre mit hohen Rohrtoleranzen in einer gegenüber herkömmlichen Herstellungsverfahren deutlich kürzeren Zeit fertigen. Wie in Forschungs- und Entwicklungsarbei-

ten durch Berechnungen nachgewiesen wurde, kann das Eigenspannungsverhalten nach dem Impandieren, je nach Impansionsgrad, auf ein Minimum reduziert werden, wobei auch ein vollständiger Spannungsabbau möglich ist.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Stahlrohres, bei dem ein Blech oder Coil in einem Biegevorgang zu einem im Querschnitt runden Rohrkörper (**1.2**) eingeformt, in einem nachfolgenden Schweißvorgang (**b**) entlang den einander zugewandten Längskanten zum Herstellen einer durchgehenden Naht geschweißt und anschließend einer Entspannungsbehandlung unterzogen wird, wobei die Entspannungsbehandlung bei einem Vorgang zum Rundrichten (**c**) entlang dem Umfang in zumindest einem Abschnitt bezüglich seiner Längsachse unter Kaltverformung durch Stauchen vollzogen wird.

2. Verfahren zum Herstellen eines Stahlrohres nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Rundrichten eine plastische Verformung des Rohrkörpers über dessen gesamten Umfang vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass beim Rundrichten ein Einstellen auf vorgegebenen Rohraußendurchmesser ( $r_a$ ) oder vorgegebenen Rohrrinnendurchmesser ( $r_i$ ) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Rundrichten zum Entspannen ein Stauchen in Umfangsrichtung und in einem anschließenden Schritt ein hydraulisches Entspannen miteinander kombiniert werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rundrichten und Entspannen mittels mindestens zweier von außen in Radialrichtung zur Rohrachse drückender, in Umfangsrichtung versetzter Richtstempel mit an die Umfangskontur des Rohres (**1**) abschnittsweise angepassten Richtschalen (**11, 12, 13, 14**) durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Rundrichten und Entspannen mittels mindestens dreier Richtschalen (**11, 12, 13, 14**) durchgeführt wird.

7. Rohr, das nach dem Verfahren eines der vorhergehenden Ansprüche hergestellt ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

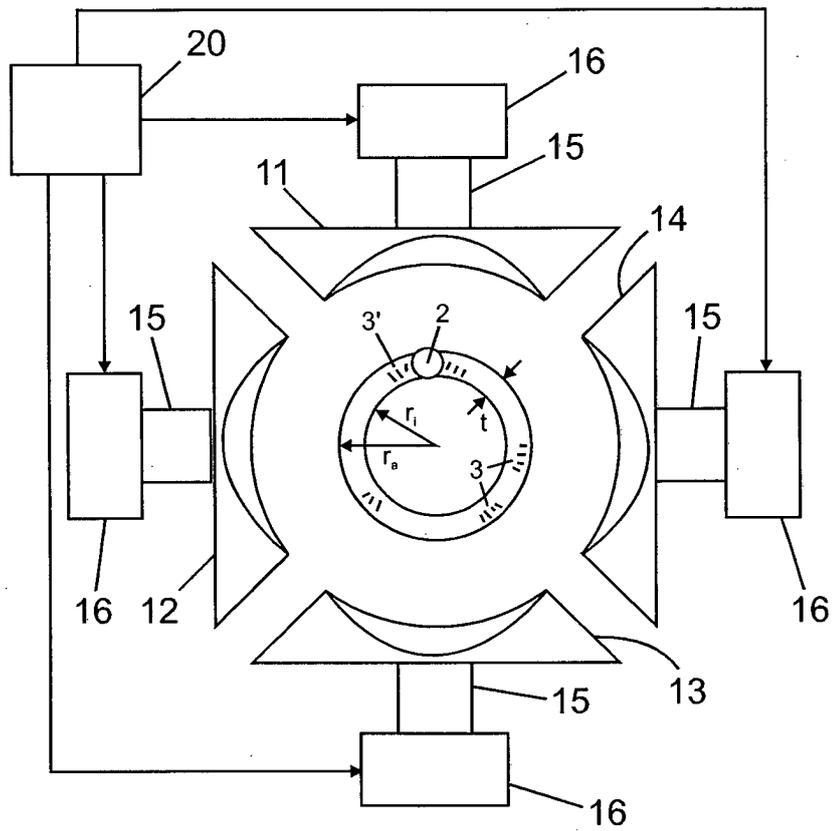


Fig.1

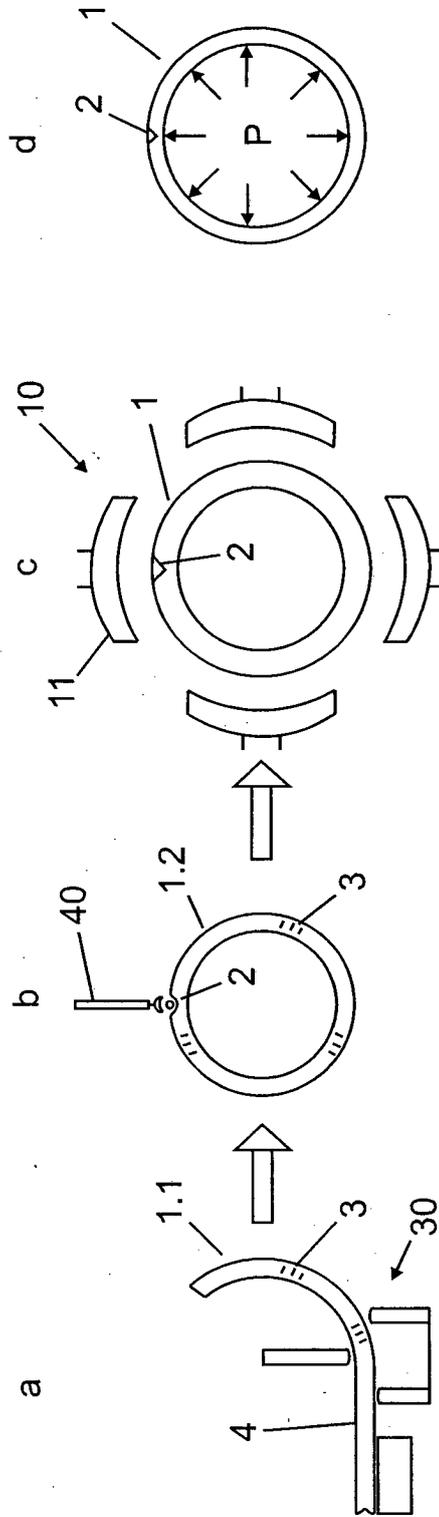


Fig.2