



(11) **EP 1 827 727 B9**

(12) **KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(15) Korrekturinformation:  
**Korrigierte Fassung Nr. 2 (W2 B1)**  
**Korrekturen, siehe**  
**Beschreibung Abschnitt(e) 28, 52**

(51) Int Cl.:  
**B21C 37/09 (2006.01) B21C 37/08 (2006.01)**

(48) Corrigendum ausgegeben am:  
**07.01.2009 Patentblatt 2009/02**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/013569**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**14.05.2008 Patentblatt 2008/20**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/066814 (29.06.2006 Gazette 2006/26)**

(21) Anmeldenummer: **05819971.2**

(22) Anmeldetag: **16.12.2005**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres**

Method for the production of a multi-layer pipe

Procédé de production d'un tuyau multicouche

(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**

(74) Vertreter: **Springorum, Harald et al**  
**Kiani & Springorum,**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Taubenstrasse 4**  
**40479 Düsseldorf (DE)**

(30) Priorität: **21.12.2004 DE 102004062697**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.09.2007 Patentblatt 2007/36**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-C- 582 387 US-A- 2 489 802**  
**US-A- 3 327 383 US-A- 4 353 764**

(60) Teilanmeldung:  
**07016706.9 / 1 857 194**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 009, Nr. 264**  
**(M-423), 22. Oktober 1985 (1985-10-22) & JP 60**  
**111791 A (KAWASAKI SEITETSU KK), 18. Juni**  
**1985 (1985-06-18)**

(73) Patentinhaber: **Bergrohr GmbH Siegen**  
**57076 Siegen (DE)**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1995, Nr.**  
**11, 26. Dezember 1995 (1995-12-26) & JP 07**  
**214144 A (MEIJI ISHIKAWA), 15. August 1995**  
**(1995-08-15)**

(72) Erfinder: **BERG, Bernd**  
**57076 Siegen (DE)**

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 1 827 727 B9**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres. Mehrlagen-Rohre werden vorzugsweise bei hohen Anforderungen gegen Korrosion oder Abrasion verwendet.

**[0002]** Korrosionsbeständige Druckbehälter oder Druckleitungen können durch Anwendung von Mehrlagen-Rohren kostengünstiger hergestellt werden als Massivausführungen aus entsprechenden Werkstoffen. Dies wird erreicht durch die Lastenteilung auf eine dünne, korrosionsbeständige Innenlage (z.B. rost- und säurebeständiger Stahl) und eine hochfeste, druckbeständige Außenlage (z. B. Feinkombustahl). Dadurch kann der Stahlverbrauch insgesamt erheblich gesenkt und ein Großteil des verbleibenden Strahlverbrauchs auf kostengünstige Werkstoffe verlagert werden.

**[0003]** Abrasionsbeständige Rohrleitungen werden durch die Ausführung als Mehrlagen-Rohr (etwa mit mechanischer Bindung, s.u.) in bestimmten Güteklassen überhaupt erst ermöglicht da Werkstoffe (z.B. hochfeste Stähle mit hohen Härten) als Innenlage eingesetzt werden können, die für sich alleine nicht oder nur sehr schwierig zu Rohren verarbeitet werden können.

**[0004]** Andere Werkstoffkombinationen sind in großer Vielfalt möglich, prinzipiell begrenzt sich die Kombinierbarkeit von Werkstoffen dabei nur durch die jeweilig infrage kommenden Verarbeitungstechniken.

**[0005]** Beim Aufbau des Rohrmantels wird unterschieden zwischen

- vollflächiger metallurgischer Bindung (diese erfordert plattiertes Blech als Ausgangshalbzeug), und
- rein mechanischer Bindung (etwa einer Reibbindung) zwischen Innen- und Außenrohr - vorzugsweise Innen- und Außenblech und ihrer Verschweißung an den Blechkanten-.

**[0006]** Die Herstellung solcher Mehrlagenrohre erfolgt dabei nach dem Stand der Technik wie folgt:

**[0007]** Ein solches Verfahren ist durch JP-A-60111791 bekannt geworden.

**[0008]** Bei Mehrlagenrohren mit metallurgischer Bindung zwischen den Lagen - etwa Mehrlagenrohren aus Metallblechen, vorzugsweise Stahlblechen - findet als Ausgangshalbzeug ein plattiertes Verbundblech aus zwei verschiedenen (Stahl-)Werkstoffen Verwendung. Das Mehrlagenrohr wird dann wie folgt hergestellt:

- Zunächst erfolgt die Herstellung eines Verbund-Blechtes durch Walz- oder Sprengplattieren,
- dann die Rohrformung nach üblichen Verfahren, etwa mittels einer Biegewalze oder Biegeprese und
- hernach die Schweißung, wobei die Außenwand des Mehrlagenrohres nach den üblichen Verfahren zur Rohrschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff und die Schweißung der Innenwand als Auftragsschweißung, ebenfalls passend zum Werkstoff erfolgt.

**[0009]** Der Nachteil dieses Verfahrens nach dem Stand der Technik liegt zum einen in den hohen Kosten des Ausgangshalbzeuges und damit auch des Endproduktes, zum anderen aber auch in einer mangelnden ausreichenden Verfügbarkeit des Ausgangshalbzeuges, aufgrund äußerst beschränkter Produktionskapazitäten hierfür in der Welt. So gibt es nach Kenntnis der Anmelderin und des Erfinders nur einige wenige Anlagen zur Herstellung walzplattierter mehrlagiger Bleche, etwa in Österreich und in Japan, jedoch beispielsweise keine einzige Anlage in der Bundesrepublik Deutschland hierfür. Auch Anlagen für das Sprengplattieren sind nach Kenntnis des Erfinders und der Anmelderin kaum vorhanden. So existiert etwa bei Dynamit Nobel in Burbach, Bundesrepublik Deutschland eine der wenigen solchen Anlagen. Auch ist die hierbei verwendete Fertigungstechnik sehr problematisch und entsprechend aufwendig und teuer, wobei zusätzlich zu bemerken ist, daß sie auch nur für sehr kleine Fertigungslose überhaupt zur Verfügung steht.

**[0010]** Weiterhin ist die Anzahl der Werkstoffe, die sich auf diese Weise verarbeiten lassen, begrenzt. So lassen sich etwa bestimmte abrasionsbeständige Stähle als Innenlage dann nicht verwenden, wenn sie sich aufgrund ihres hohen Kohlenstoffanteils nicht oder nur schlecht schweißen lassen.

**[0011]** Bei Mehrlagenrohren mit mechanischer Bindung finden als Ausgangshalbzeug mehrere - vorzugsweise zwei - fertige Rohre Verwendung. Das Verfahren soll dabei im folgenden anhand des Beispiels zweier Rohre erläutert werden (im Falle weiterer Lagen sind die Ausführungen entsprechend zu verstehen):

- Zwei fertige Rohre werden aus den zu kombinierenden Werkstoffen passgenau gefertigt und ohne Reibung ineinander geschoben, wobei das äußere Rohr eine höhere Streckgrenze aufweisen muß als das innere.
- Durch Expandieren (mechanisch - etwa mittels eines Expansionsstempels - oder durch Flüssigkeitsdruck, wobei die ineinander liegenden Rohre in ein das Außenrohr umfassendes Gesenk gepreßt werden) wird das Innenrohr unter elastischer Aufweitung des Außenrohrs in das Außenrohr gedrückt. Nach Wegfallen der Expansionskräfte legt sich das Außenrohr wegen der höheren elastischen Rückfederung kraftschlüssig um das Innenrohr.

- Abschließend werden die beiden Werkstoffe an den Stirnseiten verschweißt.

**[0012]** Der Nachteil dieses Verfahrens nach dem Stand der Technik liegt darin begründet, daß das äußere Rohr eine höhere Streckgrenze aufweisen muß als das innere, da ansonsten die den Kraftschluß mit dem Innenrohr hervorrufoende und daher erforderliche elastische Rückfederung des Außenrohres fehlt. Dies ist insbesondere deshalb nachteilig, weil hochfeste Werkstoffe - etwa besonders hochfeste Stähle -, wie sie vorzugsweise für abrasionsbeständige Rohrleitungen im Inneren des Rohres besonders vorteilhaft sind, hohe oder sogar sehr hohe Streckgrenzen aufweisen und sich damit für dieses Herstellungsverfahren nicht eignen.

**[0013]** Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ausgehend vom Stand der Technik ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres anzugeben, das einerseits die vorgenannten Nachteile zu vermeiden sucht, mithin ohne walz- und/oder sprengplattiertes Halbzeug auskommt, andererseits aber auch nicht den Beschränkungen unterliegt, die die Herstellung mehrlagiger Rohre nach dem Stand der Technik mit reibschlüssiger mechanischer Bindung von Lagen untereinander mit sich bringt.

**[0014]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres nach Anspruch 1 gelöst. Weitere zweckmäßige Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0015]** Nach der vorliegenden Erfindung kann die Verwendung walz- und/oder sprengplattierten Halbzeugs dadurch vermieden werden, daß die jeweilige als Innenrohr fungierende Werkstofflage schon während der Rohrformung in der Biegewalze und/oder der zur Endformung in der Regel notwendigen Anbiegemaschine kraftschlüssig in die jeweilig als Außenrohr fungierende Werkstofflage gepresst und so im jeweiligen Außenrohr reibschlüssig gehalten wird und zwar ohne das Mehrlagenrohr aufweiten zu müssen und damit die bereits angeführten Nachteile einzugehen. Es sei darauf hingewiesen, daß in einigen Fällen aber auch eine Endformung in der Biegewalze allein möglich ist, etwa bei kürzeren Biegewalzen, die die Funktion der Endformung des Rohres mit zu leisten vermögen. In diesen Fällen nimmt eine Anbiegemaschine nicht am erfindungsgemäßen Verfahren teil.

**[0016]** Wenn in diesem Text hier von einer Verbindung entlang einer Kante oder entlang einer (vorzugsweise nur gedachten) Linie die Rede ist, so ist damit jede Art von Verbindung entlang der Kante oder Linie gemeint, gleich, ob diese Verbindung entlang der gesamten Kante oder Linie oder nur abschnittsweise entlang der Kante oder Linie oder auch nur in einzelnen Punkten (wie etwa Punktschweißungen), etwa in zwei Punkten - vorzugsweise an den Endpunkten der Kante oder Linie - oder gar nur in einem einzelnen Punkt an der Kante oder auf der Linie besteht.

**[0017]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Mehrlagenrohres mit Hilfe einer Biegewalze nach der vorliegenden Erfindung,

- wird die erste Verbindung zwischen den Werkstofflagen dadurch geschaffen, daß diese entlang einer der Längs- oder Querkanten der aufliegenden Werkstofflage miteinander verbunden werden, und
- es erfolgt die mindestens eine weitere Verbindung zwischen den Werkstofflagen nach einem bestimmtem Verformungsfortschritt entlang der zweiten Längs- oder Querkante der aufliegenden Werkstofflage.

**[0018]** Die mindestens eine weitere Verbindung zwischen den Werkstofflagen kann etwa nach einem Verformungsfortschritt zwischen 50% und weniger als 100 % geschaffen werden.

**[0019]** In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Doppellagenrohres als Mehrlagenrohr mit einem Außenrohr und einem Innenrohr mit Hilfe einer Biegewalze nach der vorliegenden Erfindung ergibt sich der Verformungsfortschritt nach dem die mindestens eine weitere Verbindung zwischen den Werkstofflagen erfolgt - hier  $F_{for}$  genannt und in Teilen von Hundert angegeben, - vorzugsweise in etwa - wie folgt

$$F_{for} = \left( 1 - \frac{\frac{\sigma_I}{E} \cdot (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi \cdot (Z_s + 1)}{(DA - SA) \cdot \pi - (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi} \right) \cdot 100$$

mit DA als Außendurchmesser des Außenrohres in mm,

SA als Wanddicke des Außenrohres in mm,

SI als Wanddicke des Innenrohres in mm,

$\sigma_I$  als Streckgrenze des Innenrohres in N/mm<sup>2</sup>,

$Z_s$  als Stauchungszuschlag angegeben in Teilen von Hundert und

E als Elastizitätsmodul (E-Modul) in N/mm<sup>2</sup>.

**[0020]** Der vorstehende Ausdruck ergibt sich dabei aus folgenden Beziehungen:

**[0021]** Die Länge der neutralen Faser des Außenrohres-hier  $L_{nfa}$ , genannt-beträgt

5

$$L_{nfa} = (DA - SA) \cdot \pi$$

**[0022]** Die Länge der neutralen Faser des Innenrohres - hier  $L_{nfi}$  genannt - beträgt:

10

$$L_{nfi} = (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi$$

15

**[0023]** Die Verschiebung der freien Blechkante bei 100 % Verformungsgrad des Rohres - hier  $L_{fv}$  genannt - beträgt dann:

20

$$L_{fv} = L_{nfa} - L_{nfi}$$

**[0024]** Der Stauchungsgrad des Innenrohres zum Erreichen der Stauchgrenze - hier  $\varepsilon_{st}$  genannt - ergibt sich zu:

25

$$\varepsilon_{st} = \frac{\sigma_I}{E}$$

30

und die Stauchungslänge zum Erreichen der Stauchgrenze zu:

35

$$L_{st} = \varepsilon_{st} \cdot L_{nfi} \cdot (Z_s + 1)$$

**[0025]** Der Verformungsfortschritt, bei dem die weitere Verbindung zwischen den Werkstofflagen erfolgt, - hier  $F_{for}$  genannt - beträgt dann (als Wert zwischen 0 und 1 angegeben) etwa:

40

$$F_{for} = 1 - \frac{L_{st}}{L_{fv}}$$

45

und in Teilen von Hundert- angegeben:

50

$$F_{for} = \left( 1 - \frac{L_{st}}{L_{fv}} \right) \cdot 100$$

55

**[0026]** Löst man diesen Ausdruck mit:

DA als Außendurchmesser des Außenrohres in mm,

SA als Wanddicke des Außenrohres in mm,  
 SI als Wanddicke des Innenrohres in mm,  
 $\sigma_1$  als Streckgrenze des Innenrohres in N/mm<sup>2</sup>,  
 $Z_s$  als Stauchungszuschlag angegeben in Teilen von Hundert und  
 E als Elastizitätsmodul (*E-Modul*) in N/mm<sup>2</sup>

auf, so erhält man den eingangs für den Verformungsfortschritt, bei dem die weitere Verbindung zwischen den Werkstofflagen erfolgt, - hier  $F_{for}$  genannt und in Teilen von Hundert angegeben - den eingangs bereits angeführten Ausdruck. Der Stauchungszuschlag berücksichtigt dabei die Fertigungsungenauigkeit in der Fixierung der zumindest einen weiteren Werkstofflagenverbindung, und kompensiert dies so, daß die angestrebte Presskraft des Innenrohres gegen das Außenrohr mindestens erreicht wird.

**[0027]** Einige Beispiele mögen dies veranschaulichen, wobei sich das Minimum und Maximum, wie auch das typische Beispiel sich auf den prozentualen Verformungsgrad beziehen, zu dem die zumindest eine weitere Verbindung zwischen den Werkstofflagen erfolgt:

Tabelle 1: Beispiele zur Ermittlung des Verformungsfortschrittes für eine weitere Verbindung der Werkstofflagen

Gegeben seien:		Etwaiges Minimum	Typisches Bsp.	Etwaiges Maximum
	Einheit	Bsp.1	Bsp. 2	Bsp. 3
DA (Durchmesser des Außenrohres)	mm	406	762	2500
SA (Wanddicke des Außenrohres)	mm	25	20	12
SI (Wanddicke des Innenrohres)	mm	10	3	1
$\sigma_1$ (Streckgrenze des Innenrohres)	N/mm <sup>2</sup>	100	350	480
$Z_s$ (Stauchungszuschlag)	(%)	0%	50%	15%
E (Elastizitätsmodul oder E-Modul)	N/mm <sup>2</sup>	210.000	210.000	210.000

**[0028]** Die gesuchten Größen ergeben sich dann wie folgt

Tabelle 2: Gesuchte Größen zu den Beispielen zur Ermittlung des Verformungsfortschrittes für eine weitere Verbindung der Werkstofflagen aus Tabelle 1

Für die Beispiele nach Tab. 1 ergeben sich sodann für die gesuchten Größen:			Etwaiges Minimum	Typisches Bsp.	Etwaiges Maximum
		Einheit	Bsp.1	Bsp. 2	Bsp. 3
Länge der neutralen Faser des Außenrohres:	$L_{nfs} = (DA - SA) \cdot \pi$	mm	1.196,9	2.331,1	7.816,3
Länge der neutralen Faser des Innenrohres:	$L_{nfi} = (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi$	mm	1.087,0	2.258,8	7.775,4

(fortgesetzt)

5	Für die Beispiele nach Tab. 1 ergeben sich sodann für die gesuchten Größen:			Etwaiges Minimum	Typisches Bsp.	Etwaiges Maximum
10			<b>Einheit</b>	<b>Bsp. 1</b>	<b>Bsp. 2</b>	<b>Bsp. 3</b>
	Verschiebung der freien Blechkante bei 100% Formung:	$L_{fv} = L_{nfa} - L_{nfi}$	mm	110,0	72,3	40,8
15	Stauchungsgrad des Innenrohres zum Erreichen der Stauchgrenze:	$\varepsilon_{st} = \sigma_l / (E)$	(%)	0,05%	0.17%	0,23%
20	Stauchungslänge zum Erreichen der Stauchgrenze:	$L_{st} = \varepsilon_{st} \cdot L_{nfi} \cdot Z_s$	mm	0.52	5,65	20,44
25	Erforderlicher Verformungsgrad für die zumindest eine weitere Verbindung, etwa zur Fixierung der 2. Blechkante:	$F_{for} = 1 - L_{st} / L_{fv}$	(%)	99,5%	92,2%	50,0%
30						

**[0029]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Mehrlagenrohres mit Hilfe einer Biegewalze nach der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der Werkstofflagen aus mehr als einem aufgelegten Element, vorzugsweise mehr als einem Blech besteht. Die aufgelegten Elemente können dabei mit ihrer Längskante parallel zur Längskante der unterliegenden Werkstofflage liegen, müssen dies aber nicht. So ist es auch möglich, daß sie mit ihrer Längskante quer hierzu zu liegen kommen.

**[0030]** Liegen die Elemente dabei mit ihrer Längskante parallel - vorzugsweise in etwa parallel - zur Längskante der unterliegenden Werkstofflage so wird die erste Verbindung zwischen den Werkstofflagen vorzugsweise dadurch geschaffen, daß die Elemente, vorzugsweise Bleche, nach dem Auflegen entlang ihrer Stoßstelle, die zugleich jeweils eine Längskante der Elemente, vorzugsweise Bleche, der aufliegenden Werkstofflage bildet, mit der darunterliegenden Werkstofflage, vorzugsweise dem darunterliegenden Blech, verbunden werden.

**[0031]** Dieses Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von erfindungsgemäßen Mehrlagenrohren mit großen Durchmessern, vorzugsweise mit solchen größer als 610 mm (24"), wo oftmals die Breite verfügbarer Innenlagenmaterialbänder, vorzugsweise von Stahlbändern (Stahlblechen), nicht ausreicht, um eine vollständige Innenlage für solch große Rohre abzugeben. Reichen auch zwei Bänder nicht aus, so kann das Verfahren beliebig fortgesetzt werden. Es werden dann drei oder auch mehr Elemente, vorzugsweise Bleche aufgelegt.

**[0032]** Vorzugsweise wird bei dem Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres mit Hilfe einer Biegewalze nach der vorliegenden Erfindung das Mehrlagenrohr durch eine Schweißung des Außenrohres entlang der Rohrnaht und eine Auftragsschweißung des Innenrohres geschlossen, um so den Mehrlagenrohrkörper zu fertigen.

**[0033]** Auch können die Werkstofflagen an den Stirnseiten des Rohres verbunden werden, etwa um dort das Eindringen von Feuchtigkeit zwischen die metallurgisch ja nicht vollflächig verbundenen Werkstofflagen zu verhindern.

**[0034]** Einen bevorzugten Anwendungsfall des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung stellt die Herstellung von erfindungsgemäßen Doppellagenrohren dar, gleichwohl beschränkt sich die Erfindung nicht hierauf, auch drei-, vier- und noch mehrlagigere erfindungsgemäße Rohre sind hiermit grundsätzlich herstellbar, was nach dem Stand der Technik zumindest weitaus schwieriger, wenn nicht sogar überhaupt unmöglich ist

**[0035]** In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung finden Bleche, vorzugsweise Metallbleche und besonders bevorzugterweise Stahlbleche, als Werkstofflage oder Elemente der Werkstofflage Verwendung.

**[0036]** Auch erfolgt in dem Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres mit Hilfe einer Biegewalze nach der vorliegenden Erfindung vorzugsweise zumindest eine der Verbindungen der Werkstofflagen als Schweißung, was sich vor allem für die zuvor erwähnten Metallbleche, vorzugsweise Stahlbleche eignet.

**[0037]** Das nach dem vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren erhaltene Mehrlagenrohr kann insbesondere so ausgestaltet sein, daß eine jeweilig innen liegende Werkstofflage gegenüber der jeweils außen liegenden Werkstofflage eine höhere Streckgrenze oder Dehngrenze (siehe hierzu unten) als diese aufweist wobei zumindest eine Werkstofflage vorzugsweise aus Metallblech, besonders bevorzugterweise aus Stahlblech besteht.

**[0038]** Eine besonders bevorzugte Ausführungsform eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Mehrlagenrohres ist dadurch gekennzeichnet, daß das Mehrlagenrohr als Doppellagenrohr ausgebildet ist, welches zwei Werkstofflagen Stahlblech aufweist, wobei die als Innenrohr fungierende Lage Stahlblech einen hohen bis sehr hohen Kohlenstoffanteil aufweist und somit zumindest nicht mehr unbedingt schweißbar ist.

**[0039]** Die so erfindungsgemäß erhaltenen Mehrlagenrohre sind zu solchen nach dem Stand der Technik in vielfältiger Weise unterschiedlich, jedoch ohne, daß sich diese Unterschiede alle zugleich in einem erfindungsgemäßen Mehrlagenrohr zeigen müssen und es demnach kennzeichnen könnten. Vielmehr können diese Unterschiede auch in verschiedener Kombination untereinander auftreten, müssen dies aber gleichwohl nicht.

**[0040]** So ist es nach der vorliegenden Erfindung einerseits nicht erforderlich, plattierte Bleche (mit den bereits eingangs erörterten Nachteilen langer Lieferzeit und begrenzter Verfügbarkeit, sowie hohem Preis) zu verwenden, andererseits können trotzdem Mehrlagenrohre - insbesondere Doppellagenrohre aus Stahlblechwerkstofflagen - mit hoher Streckgrenze des Werkstoffes des jeweiligen Innenrohres bei gleichzeitig niedrigerer Streckgrenze des Werkstoffes des demgegenüber jeweiligen äußeren Rohres hergestellt werden, was etwa für solche Verwendungen von Mehrlagenrohren erforderlich ist, für die es auf eine möglichst hohe Abrasionsbeständigkeit des Innenrohres ankommt, da eine hohe Abrasionsbeständigkeit i.d.R. auch mit einer hohen Härte und diese wiederum mit einer hohen Streckgrenze einhergeht. Derartige Mehrlagenrohre, die ein innen liegendes Rohr aus einem Material mit höherer als oder gleicher Streckgrenze ein hierzu außen angeordnetes Rohr aufweisen, aber trotzdem keine vollflächige metallurgische Verbindung benachbarter Lagen zeigen, können bislang nach dem Stand der Technik nicht hergestellt werden; es gibt sie bisher nicht. Hingegen werden sie durch die vorliegende Erfindung möglich. Hinzuweisen ist darauf, daß im Falle einer nicht ausgeprägten Streckgrenze - etwa in Fällen nur verstärkt plastischer Verformung - anstelle der Streckgrenze dann die Dehngrenze als Betrag der Spannung einer plastischen bleibenden Dehnung unter einer bestimmten Krafteinwirkung tritt.

**[0041]** Unabhängig hiervon können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch Mehrlagenrohre ohne Verwendung teurer und schlecht lieferbarer plattierter (vollflächig metallurgisch verbundener) Bleche in nahezu beliebig großen Durchmessern hergestellt werden, was nach dem Stand der Technik bislang nicht möglich ist, da hier die notwendige Expansion durch die Abmessungen der verwendeten Expansionsstempel oder durch ein, im Falle hydraulischer Expansions-Krafteinwirkung für die gleichmäßige Ausformung notwendiges Gesenk, welches das zu fertigende Mehrlagenrohr umschließt, begrenzt ist. Demgegenüber ermöglicht das erfindungsgemäße Biegewalzenverfahren Mehrlagenrohre, die solchen vorgegebenen Grenzen nicht unterliegen, da die Biegewalze, die ja immer nur an einer Stelle des Krümmungsradius des Rohres formend angreift, solchmaßen den Durchmesser des erfindungsgemäßen Mehrlagenrohres nicht begrenzt. Damit sind insbesondere auch Mehrlagenrohre ohne plattierte Bleche herstellbar, die die nach dem derzeitigen Stand der Technik gegebene Grenze, von ca. 610 mm (24") Durchmesser - vorzugsweise weit - überschreiten.

**[0042]** Auch ermöglicht die vorliegende Erfindung erst die Herstellung von Mehrlagenrohren mit partieller Innenlage, d.h. ein im Querschnitt nur einen Teilkreis bildendes Innenrohr, etwa in Form einer Rinneneinlage am Rohrfuß, was nach dem Stand der Technik bislang ebenfalls nicht möglich ist.

**[0043]** In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, daß nach dem Verfahren der vorliegenden Erfindung selbstverständlich auch Rohre in nur ganz geringen Stückzahlen, insbesondere auch Einzelstücke wirtschaftlich herstellbar sind, was nach dem Stand der Technik in einem Falle durch das aufwendige Plattieren und die hierfür notwendigen Mindestfertigungslose und im anderen Falle durch die für das Expandieren notwendigen hierfür speziell eingerichteten Werkzeuge und Vorrichtungen gehindert ist.

**[0044]** Im folgenden werden nicht einschränkend zu verstehende Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung besprochen. In dieser zeigt

Fig. 1 eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte, zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen,

Fig. 2 eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte, zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen mit einer ersten Verbindung, vorzugsweise Schweißung zwischen den Werkstofflagen in etwa entlang einer (gedachten) Linie parallel zu einer Längskante der aufliegenden Werkstofflage,

Fig. 3 eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen, wobei hier eine der Werkstofflagen aus zwei in Rohrlängsrichtung aufgelegten Elementen - vorzugsweise Blechen - besteht,

5 Fig. 3a zeigt eine weitere perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen, wobei hier eine der Werkstofflagen, nämlich die aufgelegte Werkstofflage aus mehreren, nämlich einer Vielzahl in Rohrumfangsrichtung aufgelegten Elementen- vorzugsweise Blechen - besteht,

10 Fig. 4 eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte, zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen, wobei eine der Werkstofflagen aus mehr als einem, nämlich hier zwei aufgelegten Elementen - vorzugsweise Blechen - besteht und hier eine erste Verbindung zwischen den Werkstofflagen dadurch geschaffen wurde, daß die Elemente nach dem Auflegen entlang ihrer Stoßstelle, die zugleich jeweils eine Längskante der Elemente der aufliegenden Werkstofflage bildet mit der darunterliegenden Werkstofflage verbunden, vorzugsweise verschweißt wurden,

Fig. 5 eine perspektivisch skizzierte Sicht in ein erfindungsgemäßes Mehrlagenrohr von einer Stirnseite her während des erfindungsgemäßen Herstellverfahrens, nämlich in dem Verfahrensschritt, wo der hierbei gebildete Mehrlagen-Werkstoff mit Hilfe der Biegewalze (Die Biegewalze selbst ist hier ausgeblendet und daher nicht zu sehen!) zum Rohr geformt wird, wobei **durch** den Druck der Walzen von oben und unten ständig ein Reibschluss zwischen den Werkstofflagen erzeugt wird und bei der Verformung die noch frei gegeneinander verschiebbaren Teile der Werkstofflagen aufgrund der unterschiedlichen Biegeradien von Innenrohr und Außenrohr sich entsprechend dem Verformungsfortschritt frei zueinander verschieben,

25 Fig. 6 eine perspektivisch skizzierte Sicht in ein erfindungsgemäßes Mehrlagenrohr von einer Stirnseite her während des erfindungsgemäßen Herstellverfahrens, nämlich in dem Verfahrensschritt, wo nach einem bestimmten Verformungsfortschritt mindestens eine weitere Verbindung zwischen den Werkstofflagen dadurch geschaffen wurde, daß die aufliegende Werkstofflage an zumindest einer weiteren Position miteinander verbunden wurden,

30 Fig. 7 einen perspektivischen Querschnitt durch ein fertiggestelltes erfindungsgemäßes Mehrlagenrohr mit Innen- und Außenlage,

35 Fig. 8 einen perspektivischen Querschnitt durch ein Mehrlagenrohr mit Innen- und Außenlage in Detailansicht im Bereich der Schweißnaht.

**[0045]** Fig. 1 zeigt eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte, zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen 1, 2.

40 **[0046]** Fig. 2 zeigt eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte, zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen mit einer ersten Verbindung 3a und 3b - vorzugsweise Schweißung (nämlich an den Punkten 3a, 3b) - zwischen den Werkstofflagen 1, 2 in etwa entlang einer (gedachten) Linie parallel zu einer Längskante 4 der aufliegenden Werkstofflage 1.

**[0047]** Fig. 3 zeigt eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen 1a, 1b, 2, wobei hier eine der Werkstofflagen, nämlich die aufgelegte Werkstofflage aus zwei in Rohrlängsrichtung aufgelegten Elementen 1a, 1b - vorzugsweise Blechen - besteht

45 **[0048]** Fig. 3a zeigt eine weitere perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen 1a, 1b, ..., 1n, 2, wobei hier eine der Werkstofflagen, nämlich die aufgelegte Werkstofflage aus einer Vielzahl, nämlich einer endlichen Anzahl - hier n genannt - von in Rohrumfangsrichtung aufgelegten Elementen 1a, 1b, ..., 1n - vorzugsweise Blechen - besteht Daß es sich um eine beliebige Anzahl von n abgelegten Elementen 1a, 1b, ..., 1n handeln kann, wird dabei in der Zeichnung durch eine gepunktete Linie 11 angedeutet.

50 **[0049]** Die aufgelegten Elemente 1a, 1b, ..., 1n liegen dabei hier mit ihrer Längskante 4 quer zur Längskante der unterliegenden (=unten liegenden) Werkstofflage 2, wohingegen sie hier mit ihrer jeweiligen Querkante 4a parallel zur Längskante der unterliegenden (=unten liegenden) Werkstofflage 2 liegen. Auch sind die bei dieser Anordnung vorgesehenen jeweiligen ersten Verbindungen 3a<sub>1</sub>, 3a<sub>2</sub>, 3b<sub>1</sub>, 3b<sub>2</sub>, 3n<sub>1</sub>, 3n<sub>2</sub> der auf die Werkstofflage 2 aufgelegten Elemente 1a, 1b, ..., 1n hier zu sehen.

55 **[0050]** Fig. 4 zeigt eine perspektivisch skizzierte Aufsicht auf zwei aufeinandergelegte, zum Mehrlagenrohr zu kombinierende Werkstofflagen 1a, 1b, 2, wobei eine der Werkstofflagen aus mehr als einem, nämlich hier zwei aufgelegten Elementen 1a, 1b - vorzugsweise Blechen - besteht und hier eine Verbindung 3 zwischen den Werkstofflagen dadurch



geschaffen wurde, daß die Elemente 1a, 1b nach dem Auflegen entlang ihrer Stoßstelle, die zugleich jeweils eine Längskante der Elemente 1a, 1b der aufliegenden Werkstofflage bildet, mit der darunterliegenden Werkstofflage 2 verbunden, vorzugsweise verschweißt wurden. Hier erfolgte diese Verbindung 3 entlang der Stoßstelle und zugleich Längskante durch eine sich über die gesamte Länge der Stoßstelle und zugleich Längskante erstreckende geschlossene Verbindung 3, vorzugsweise Schweißung. Insbesondere ist dabei eine abschnittsweise Verbindung, vorzugsweise Verschweißung möglich.

**[0051]** Fig. 5 zeigt eine perspektivisch skizzierte Sicht in ein erfindungsgemäßes Mehrlagenrohr 5 von einer Stirnseite her während des erfindungsgemäßen Herstellverfahrens, nämlich in dem Verfahrensschritt, wo der hierbei gebildete Mehrlagen-Werkstoff mit Hilfe der Biegewalze (Die Biegewalze selbst ist hier ausgeblendet und daher nicht zu sehen) zum Rohr 5 geformt wird, wobei durch den **Druck** der Walzen von oben und unten ständig ein Reibschluss zwischen den Werkstofflagen 1, 2 erzeugt wird und bei der Verformung die noch frei gegeneinander verschiebbaren Teile 1c gegen 2a, sowie 1d gegen 2b der Werkstofflagen aufgrund der unterschiedlichen Biegeradien von Innenrohr 1 und Außenrohr 2 sich entsprechend dem Verformungsfortschritt frei zueinander verschieben. Die erste Verbindung 3a und 3b zwischen den beiden Werkstofflagen 1, 2 erfolgte hier bereits an zwei Punkten 3a, 3b, die entlang einer (gedachten) Linie parallel zu einer Längskante des sich bildenden Innenrohres 2 - nämlich an den dortigen Endpunkten - liegen. Im Bereich dieser ersten Verbindung 3a und 3b der Werkstofflagen 1, 2 aber, können sich diese aufgrund ihrer Verbindung 3a und 3b zueinander nun nicht mehr gegeneinander verschieben, sondern bleiben hier gegeneinander fixiert.

**[0052]** Fig. 6 zeigt eine perspektivisch skizzierte Sicht in ein erfindungsgemäßes Mehrlagenrohr 5 von einer Stirnseite her während des erfindungsgemäßen Herstellverfahrens, nämlich in dem Verfahrensschritt, wo nach einem bestimmten Verformungsfortschritt mindestens eine weitere Verbindung - hier zwei weitere Verbindungen - 6a und 6b, hier jeweils als durchgehende oder partiell ausgeführte Schweißnaht ausgeführt, zwischen den Werkstofflagen 1, 2 dadurch geschaffen wurde, daß die aufliegende Werkstofflage 1 an zumindest einer weiteren Position - hier an zwei weiteren Positionen - miteinander verbunden wurden. Hierauf folgend kann sodann das Mehrlagenrohr 5 mit Hilfe der Biegewalze und/oder Anbiegemaschine zu Ende geformt werden (nicht mehr zu sehen), wobei sich nun während dieser Endformung die Werkstofflagen aufgrund der weiteren Verbindungen 6a und 6b nun nicht mehr weiter gegeneinander verschieben, wodurch die jeweilige als Innenrohr fungierende Werkstofflage 1, 1c, 1d kraftschlüssig in die jeweilig als Außenrohr fungierende Werkstofflage 2, 2a, 2b gepresst wird

**[0053]** Fig. 7 zeigt sodann einen perspektivischen Querschnitt durch ein fertiggestelltes erfindungsgemäßes Mehrlagenrohr 5 mit Innenlage (auch Innenrohr, Innenrohrleitung, Innenblech etc. genannt) 1 und Außenlage (auch Außenrohr, Außenrohrleitung, Grundblech etc. genannt) 2, wobei das Mehrlagenrohr 5 durch eine Schweißung 7 des Außenrohres 2 entlang einer Rohrnaht 8 und eine Auftragsschweißung 9 des Innenrohres 1 geschlossen wurde.

**[0054]** Fig. 8 zeigt einen perspektivischen Querschnitt durch ein Mehrlagenrohr nach Fig. 7 mit Innenlage 1 und Außenlage 2 in Detailansicht im Bereich der beiden Schweißnähte 7, 9.

## Patentansprüche

### 1. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze, wobei

- einzelne zum Mehrlagenrohr (5) zu kombinierende Werkstofflagen (1, 2) aufeinandergelegt werden,
- hiernach dann eine erste Verbindung (3, 3a und 3b, 3a<sub>1</sub> und 3a<sub>2</sub>, 3b<sub>1</sub> und 3b<sub>2</sub>, 3n<sub>1</sub> und 3n<sub>2</sub>) zwischen den Werkstofflagen (1, 2) geschaffen wird,

### dadurch gekennzeichnet, daß

- der so gebildete Mehrlagen-Werkstoff mit Hilfe der Biegewalze zum Rohr (5) geformt wird, wobei durch den Druck der Walzen von oben und unten ständig ein Reibschluss zwischen den Werkstofflagen (1, 2) erzeugt wird und bei der Verformung die noch frei gegeneinander verschiebbaren Teile (1c, 1d, 2a, 2b) der Werkstofflagen (1, 2) aufgrund der unterschiedlichen Biegeradien von Innenrohr (1) und Außenrohr (2) sich entsprechend dem Verformungsfortschritt frei zueinander verschieben,
- nach einem bestimmten Verformungsfortschritt mindestens eine weitere Verbindung (6a, 6b) zwischen den Werkstofflagen (1, 2) dadurch geschaffen wird, daß diese an zumindest einer weiteren Position miteinander verbunden werden, und
- sodann das Mehrlagenrohr (5) mit Hilfe der Biegewalze und/oder der Anbiegemaschine zu Ende geformt wird, wobei sich nun während dieser Endformung die Werkstofflagen (1, 2) nicht weiter gegeneinander verschieben, wodurch die jeweilige als Innenrohr fungierende Werkstofflage (1) kraftschlüssig in die jeweilig als Außenrohr fungierende Werkstofflage (2) gepresst wird.

2. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die als Innenrohr fungierende Werkstofflage (1) beim fertigen Mehrlagenrohr (5) im Querschnitt einen Teilkreis bildet.
3. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die als Innenrohr fungierende und beim fertigen Mehrlagenrohr (5) im Querschnitt einen Teilkreis bildende Werkstofflage (1) eine Rinne am Fuß des Mehrlagenrohres formt.
4. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Verbindung zwischen den Werkstofflagen (1, 2) **dadurch** geschaffen wird, daß diese in etwa entlang einer der Längs- (4) oder Querkanten (4a) der aufliegenden Werkstofflage (1) oder in etwa entlang einer Linie parallel hierzu miteinander verbunden werden.
5. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mindestens eine weitere Verbindung (6a, 6b) zwischen den Werkstofflagen (1, 2) nach einem bestimmtem Verformungsfortschritt in etwa entlang einer zweiten Längs- (4) oder Querkante (4a) der aufliegenden Werkstofflage (1, 1a, 1b, 1n) oder in etwa entlang einer Linie parallel hierzu erfolgt.
6. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, daß**
  - die erste Verbindung zwischen den Werkstofflagen (1, 2) **dadurch** geschaffen wird, daß diese entlang einer der Längs- (4) oder Querkanten (4a) der aufliegenden Werkstofflage (1) miteinander verbunden werden, und
  - die mindestens eine weitere Verbindung (6a, 6b) zwischen den Werkstofflagen (1, 2) nach einem bestimmtem Verformungsfortschritt entlang der zweiten Längs- oder Querkante der aufliegenden Werkstofflage (1) erfolgt.
7. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mindestens eine weitere Verbindung (6a, 6b) zwischen den Werkstofflagen (1, 2) nach einem Verformungsfortschritt zwischen 50 % und weniger als 100 % geschaffen wird.
8. Verfahren zur Herstellung eines Doppellagenrohres (5) als Mehrlagenrohr mit einem Außenrohr (2) und einem Innenrohr (1) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mindestens eine weitere Verbindung (6a, 6b) zwischen den Werkstofflagen (1, 2) nach einem Verformungsfortschritt von etwa  $F_{\text{for}}$  [angegeben in Teilen von Hundert] geschaffen wird, und wobei sich  $F_{\text{for}}$  wie folgt ergibt:

$$F_{\text{for}} = \left( 1 - \frac{\frac{\sigma_1}{E} \cdot (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi \cdot (Z_s + 1)}{(DA - SA) \cdot \pi - (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi} \right) \cdot 100$$

mit

DA als Außendurchmesser des Außenrohres in mm,  
 SA als Wanddicke des Außenrohres in mm,  
 SI als Wanddicke des Innenrohres in mm,  
 $\sigma_1$  als Streckgrenze des Innenrohres in N/mm<sup>2</sup>,  
 $Z_s$  als Stauchungszuschlag angegeben in Teilen von Hundert und  
 E als Elastizitätsmodul (E-Modul) in N/mm<sup>2</sup>.

9. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** zumindest eine der Werkstofflagen (1, 2) aus mehr als einem aufgelegten Element (1a, 1b, 1n) besteht.
10. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Elemente dabei mit ihrer Längskante in etwa parallel zur Längskante der unterliegenden

Werkstofflage gelegt werden und die erste Verbindung (3) zwischen den Werkstofflagen (1, 2) **dadurch** geschaffen wird, daß die Elemente (1a, 1b) nach dem Auflegen entlang ihrer Stoßstelle, die zugleich jeweils eine Längskante der Elemente der aufliegenden Werkstofflage (1a, 1b) bildet, mit der darunterliegenden Werkstofflage verbunden werden.

11. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Mehrlagenrohr (5) durch eine Schweißung (7) des Außenrohres (2) entlang der Rohrnaht (8) und eine Auftragsschweißung (9) des Innenrohres (1) geschlossen wird.
12. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1-11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Werkstofflagen (1, 2) an den Stirnseiten des Rohres (5) verbunden werden.
13. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Mehrlagenrohr (5) ein Doppellagenrohr hergestellt wird.
14. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** Bleche als Werkstofflage (1, 2) oder Elemente (1a, 1b, 1n) der Werkstofflage (1) verwendet werden.
15. Verfahren zur Herstellung eines Mehrlagenrohres (5) mit Hilfe einer Biegewalze nach einem der Ansprüche 1 - 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** zumindest eine der Verbindungen (3, 3a und 3b, 3a<sub>1</sub> und 3a<sub>2</sub>, 3b<sub>1</sub> und 3b<sub>2</sub>, 3n<sub>1</sub> und 3n<sub>2</sub>, 6a, 6b) der Werkstofflagen (1, 2) als Schweißung erfolgt.

## Claims

1. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller, where

- individual material layers (1, 2) to be combined into the multi-layer pipe (5) are put onto each other,
- subsequently a first connection (3, 3a and 3b, 3a<sub>1</sub> and 3a<sub>2</sub>, 3b<sub>1</sub> and 3b<sub>2</sub>, 3n<sub>1</sub> and 3n<sub>2</sub>) between the material layers (1, 2) is created by connecting them to each other,

### characterised in that

- the thus formed multi-layer material is shaped into a pipe (5) by means of the bending roller with a constant friction-tight connection being created between the material layers (1, 2) as a result of the pressure of the rollers from the top and from the bottom, and during shaping, the portions (1c, 1d, 2a, 2b) of the material layers (1, 2), which can still shift freely against other, shifting freely to each other in accordance with the shaping progress due to the different bend radii of internal pipe (1) and external pipe (2)
  - after a definite shaping progress at least one other connection (6a, 6b) is created between the material layers (1, 2) by connecting them to each other in at least one other position, and
  - the multi-layer pipe (5) is then finish-shaped by means of the bending roller and/or bending machine, with the material layers (1, 2) shifting no more against each other now during this finish-shaping, so that as a result, the material layer (1) acting as an internal pipe is pressed non-positively into the material layer (2) acting as an external pipe.
2. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to claim 1, **characterised in that** the material layer (1) acting as an internal pipe constitutes a graduated circle in cross-section in the finished multi-layer pipe (5).
  3. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to claim 2, **characterised in that** the material layer (1) acting as an internal pipe that constitutes a graduated circle in cross-section in the finished multi-layer pipe (5) forms a channel at the base of the multi-layer pipe.
  4. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to claim 1, 2 or 3, **characterised in that** first connection between the material layers (1, 2) is created by connecting them to each other approximately alongside a longitudinal edge (4) or transverse edge (4a) of the material layer positioned above (1), or approximately alongside a line parallel to it.

5. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to claim 1 - 4, **characterised in that** the at least one other connection (6a, 6b) between the material layers (1, 2) occurs after a definite shaping progress approximately alongside a second longitudinal edge (4) or transverse edge (4a) of the material layer above (1, 1a, 1b, 1n), or approximately alongside a line parallel to it.

6. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to claim 1 - 5, **characterised in that**

- the first connection between the material layers (1, 2) is created by connecting them to each other alongside one of the longitudinal edges (4) or transverse edges (4a) of the material layer (1) above, and
- the at least one other connection (6a, 6b) occurs between the material layers (1, 2) after a definite shaping progress alongside the second longitudinal edge or transverse edge of the material layer (1) above.

7. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to one of the claims 1-6, **characterised in that** the at least one other connection (6a, 6b) between the material layers (1, 2) is created after a shaping progress between 50 % and less than 100 %.

8. A method for manufacture of a double-layer pipe (5) as a multi-layer pipe with an external pipe (2) and an internal pipe (1) by means of a bending roller according to one of the claims 1 - 6, **characterised in that** the at least one other connection (6a, 6b) between the material layers (1, 2) is created after a shaping progress of approximately  $F_{for}$  (indicated in parts per cent) with  $F_{for}$  resulting as follows :

$$F_{for} = \left( 1 - \frac{\frac{\sigma_l}{E} \cdot (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi \cdot (Z_s + 1)}{(DA - SA) \cdot \pi - (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi} \right) \cdot 100$$

with

DA being the external diameter of the external pipe in mm,  
 SA being the wall thickness of the external pipe in mm,  
 SI being the wall thickness of the internal pipe in mm,  
 $\sigma_l$  being the yield point of the internal pipe in N/mm<sup>2</sup>,  
 $Z_s$  being the upsetting allowance indicated in parts per cent and  
 E the Young's modulus in N/mm<sup>2</sup>.

9. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to one of the claims 1 - 8, **characterised in that** at least one of the material layers (1, 2) comprises more than one element (1a, 1b, 1n) positioned above

10. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to claim 9, **characterised in that** the elements are placed with their longitudinal edge approximately parallel to the longitudinal edge of the material layer below, and the first connection (3) between the material layers (1,2) is created by the elements (1a, 1b) after their positioning on top alongside their joining location, which at the same time constitutes each a longitudinal edge of the elements of the material layer (1a, 1b) on top, being connected with the material layer below.

11. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to one of the claims 1 to 10, **characterised in that** the multi-layer pipe (5) is closed by means of welding (7) of the external pipe (2) alongside the pipe seam (8) and deposition welding (9) of the internal pipe (1).

12. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to one of the preceding claims 1-11, **characterised in that** the material layers (1, 2) are connected at the pipe front (5).

13. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to one of the preceding

claims 1-12, **characterised in that** as a multi-layer pipe (5) a double-layer pipe is manufactured.

14. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to one of the preceding claims 1 - 13, **characterised in that** plates are used as a material layer (1, 2) or elements (1a, 1b, 1n) of the material layer (1).

15. A method for manufacture of a multi-layer pipe (5) by means of a bending roller according to one to of the preceding claims 1 - 14, **characterised in that** at least one of the connections (3, 3a and 3b, 3a<sub>1</sub> and 3a<sub>2</sub>, 3b<sub>1</sub> and 3b<sub>2</sub>, 3n<sub>1</sub> and 3n<sub>2</sub>, 6a, 6b) of the material layers (1, 2) is performed as a welding.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, dans lequel :

- différentes couches de matériau (1, 2) qui doivent être combinées pour former le tube multicouches (5) sont superposées,
- ensuite, une première liaison (3, 3a et 3b, 3a<sub>1</sub> et 3a<sub>2</sub>, 3b<sub>1</sub> et 3b<sub>2</sub>, 3n<sub>1</sub> et 3n<sub>2</sub>) est formée entre les couches de matériau (1, 2),

### caractérisé en ce que

- le matériau multicouches ainsi formé est façonné en un tube (5) à l'aide du poste à cylindres de cintrage, la poussée des cylindres vers le haut et vers le bas formant en permanence une liaison par frottement entre les couches de matériau (1, 2), les parties (1c, 1d, 2a, 2b) des couches de matériau (1, 2) aptes à encore coulisser librement l'une par rapport à l'autre lors du façonnage se déplaçant librement l'une par rapport à l'autre au cours de la progression du façonnage grâce au fait que les rayons de cintrage du tube intérieur (1) et du tube extérieur (2) sont différents,
- après une progression définie du façonnage, au moins une autre liaison (6a, 6b) entre les couches de matériau (1, 2) est formée en les reliant l'une à l'autre en au moins une autre position et
- lorsque le tube multicouches (5) a reçu son façonnage final à l'aide du poste à cylindres de cintrage et/ou de la machine de cintrage, les couches de matériau (1, 2) ne se déplacent plus l'une par rapport à l'autre pendant ce façonnage final, grâce à quoi la couche de matériau (1) qui joue le rôle du tube intérieur est repoussée en correspondance mécanique dans la couche de matériau (2) qui joue le rôle du tube extérieur.

2. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la couche de matériau (1) qui joue le rôle du tube intérieur forme en coupe transversale un arc de cercle dans le tube multicouches (5) terminé.

3. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la couche de matériau (1) qui joue le rôle du tube intérieur et qui forme en coupe transversale un arc de cercle dans le tube multicouches (5) terminé forme une rainure dans le pied du tube multicouches.

4. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon les revendications 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la première liaison entre les couches de matériau (1, 2) est formée en les reliant ces couches l'une à l'autre sur un bord longitudinal (4) ou transversal (4a) de la couche de matériau (1) posée ou le long d'une ligne qui y est sensiblement parallèle.

5. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon les revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la ou les autres liaisons (6a, 6b) entre les couches de matériau (1, 2) sont réalisées après une progression définie du façonnage sur un bord longitudinal (4) ou transversal (4a) de la couche de matériau (1, 1a, 1b, 1n) posée ou le long d'une ligne qui y est sensiblement parallèle.

6. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon les revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**

- la première liaison entre les couches de matériau (1, 2) est formée en les reliant l'une à l'autre le long d'un bord longitudinal (4) ou transversal (4a) de la couche de matériau (1) placée et

- la ou les autres liaisons (6a, 6b) entre les couches de matériau (1, 2) sont réalisées après une progression définie du façonnage le long du deuxième bord longitudinal ou transversal de la couche de matériau (1) placée.

7. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon les revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la ou les autres liaisons (6a, 6b) entre les couches de matériau (1, 2) sont formées après que le façonnage a progressé entre 50 % et moins de 100 %.

8. Procédé de fabrication d'un tube (5) en deux couches sous la forme d'un tube multicouches qui présente un tube extérieur (2) et un tube intérieur (1), à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la ou les autres liaisons (6a, 6b) entre les couches de matériau (1, 2) sont formées après une progression du façonnage d'environ  $F_{for}$  [indiquée en pourcentage],  $F_{for}$  étant définie par:

$$F_{for} = \left( 1 - \frac{\frac{\sigma_l}{E} \cdot (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi \cdot (Z_s + 1)}{(DA - SA) \cdot \pi - (DA - 2 \cdot SA - SI) \cdot \pi} \right) \cdot 100$$

dans laquelle

DA représente le diamètre extérieur du tube, en mm,

SA représente l'épaisseur de la paroi du tube extérieur, en mm,

SI représente l'épaisseur de la paroi du tube intérieur, en mm,

$\sigma_l$  représente la limite d'allongement du tube intérieur, en N/mm<sup>2</sup>,

$Z_s$  représente le supplément de refoulement indiqué en pour cent et

E représente le module d'élasticité (module E) en N/mm<sup>2</sup>.

9. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des couches de matériau (1, 2) est constituée de plus d'un élément (1a, 1b, 1n) superposé.

10. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les éléments y sont placés avec leur bord longitudinal sensiblement parallèle au bord longitudinal de la couche de matériau sous-jacente et **en ce que** la première liaison (3) entre les couches de matériau (1, 2) est formée **en ce qu'**après avoir été placés, les éléments (1a, 1b) sont reliés à la couche de matériau sous-jacente le long de leur emplacement de jonction qui forme en même temps un bord longitudinal des éléments de la couche de matériau (1a, 1b) placée par-dessus.

11. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le tube multicouches (5) est fermé par soudage (7) du tube extérieur (2) le long du cordon (8) du tube et un soudage d'apport (9) sur le tube intérieur (1).

12. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les couches de matériau (1, 2) sont reliées sur les côtés frontaux du tube (5).

13. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** le tube multicouches (5) est un tube en deux couches.

14. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** l'on utilise des tôles comme couches de matériau (1, 2) ou comme éléments (1a, 1b, 1n) de la couche de matériau (1).

15. Procédé de fabrication d'un tube multicouches (5) à l'aide d'un poste à cylindres de cintrage, selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des liaisons (3, 3a, et 3b, 3a<sub>1</sub> et 3a<sub>2</sub>, 3b<sub>1</sub> et 3b<sub>2</sub>, 3n<sub>1</sub>

## EP 1 827 727 B9

et 3n<sub>2</sub>, 6a, 6b) des couches de matériau (1, 2) s'effectue pas soudage.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

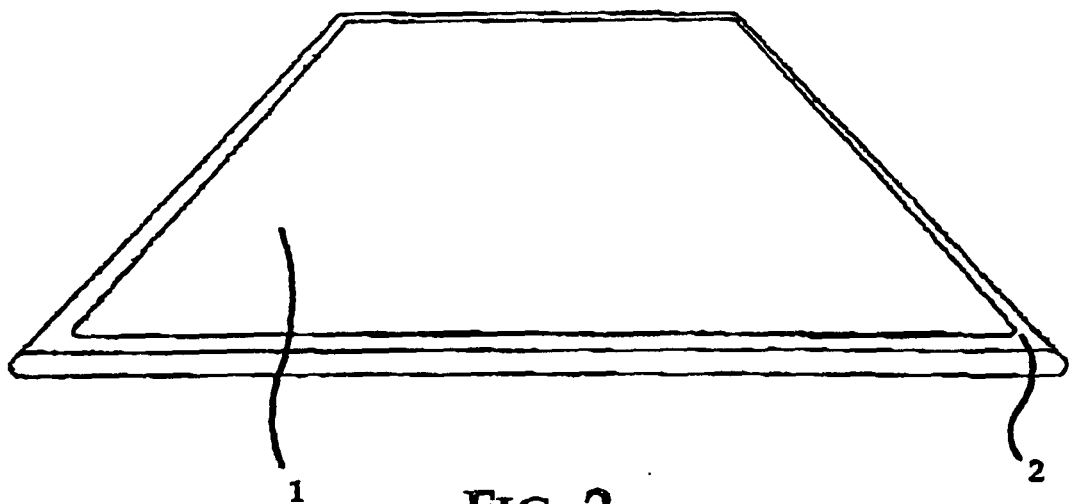


FIG. 2

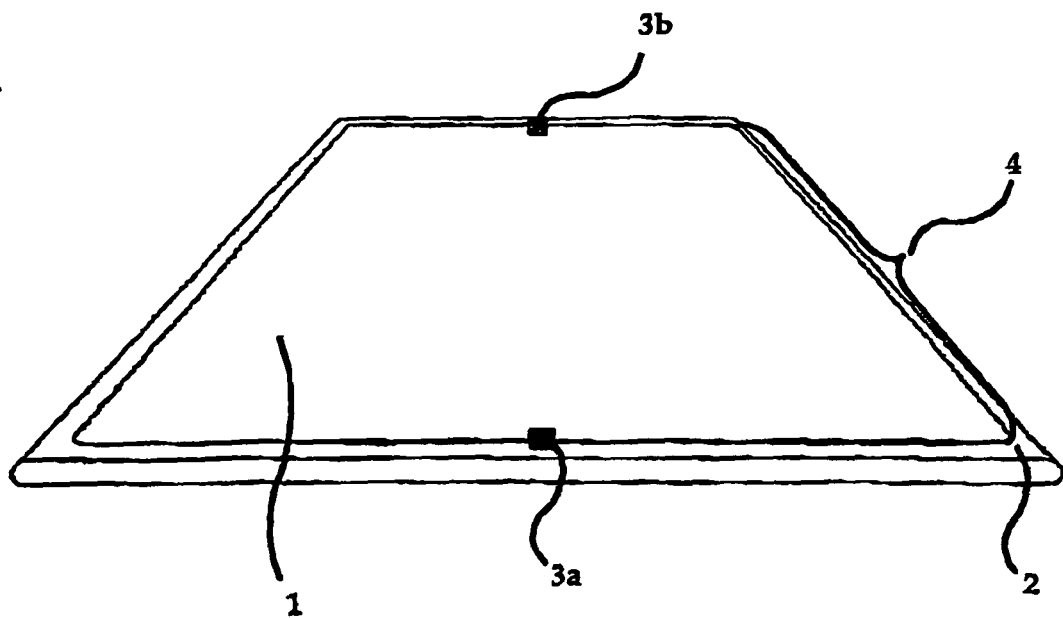




FIG. 3

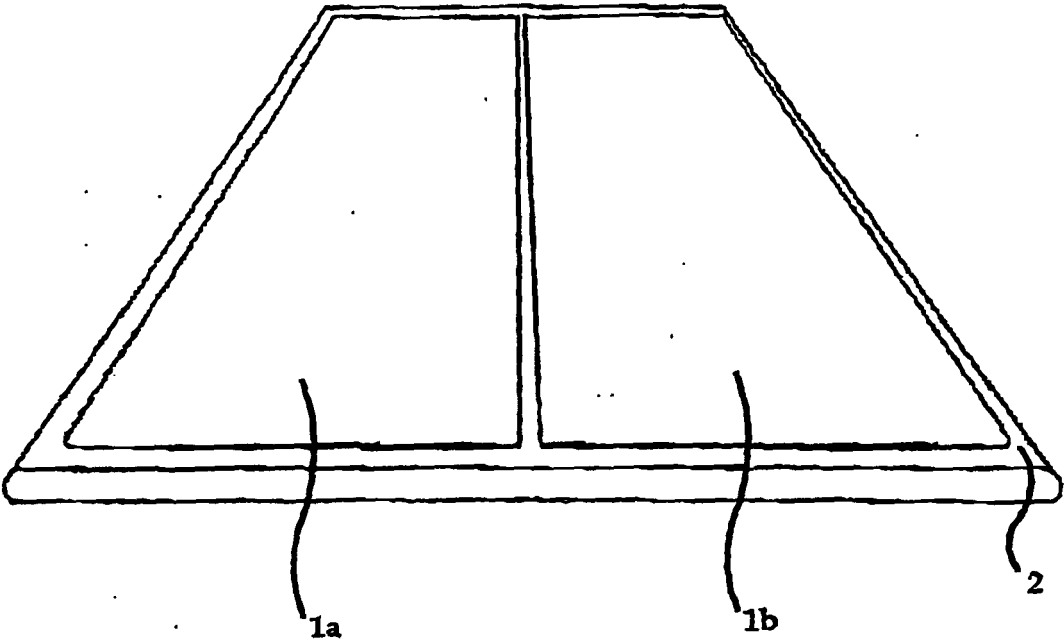


FIG. 3A

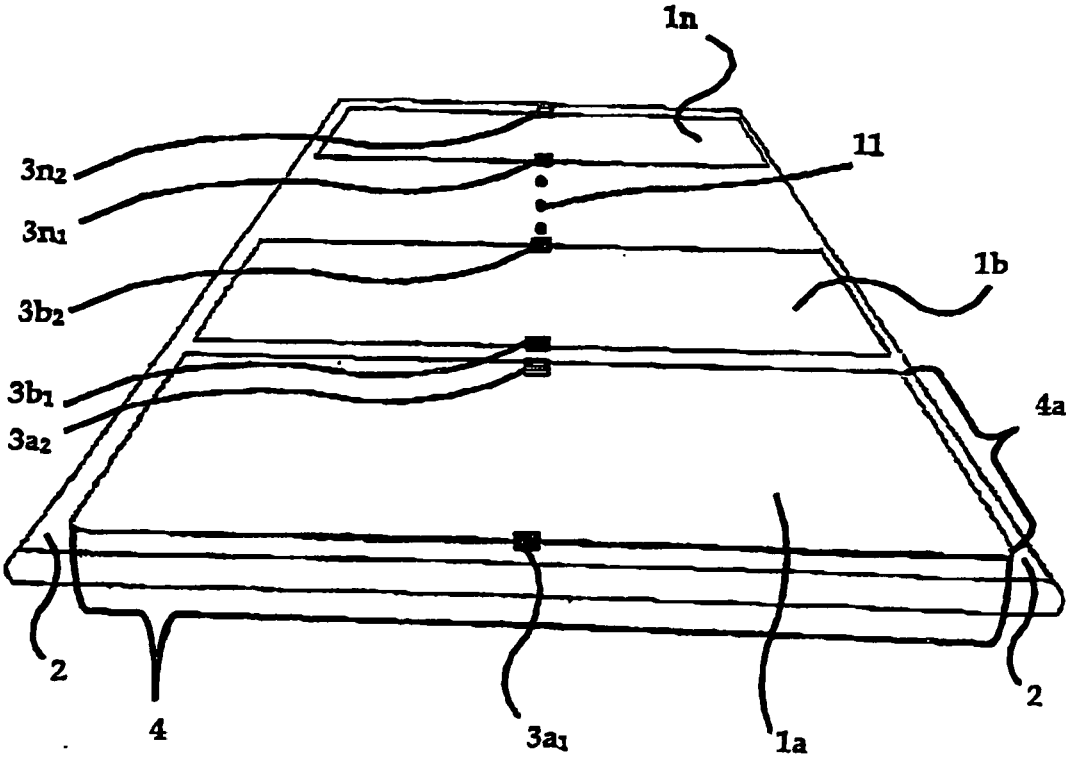


FIG. 4

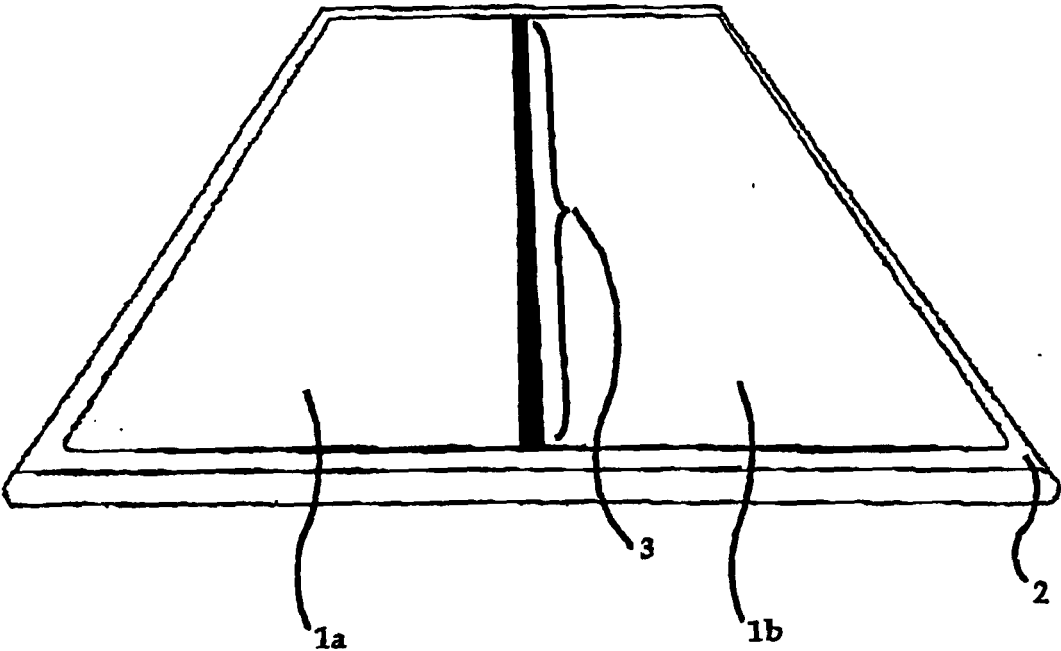


FIG. 5

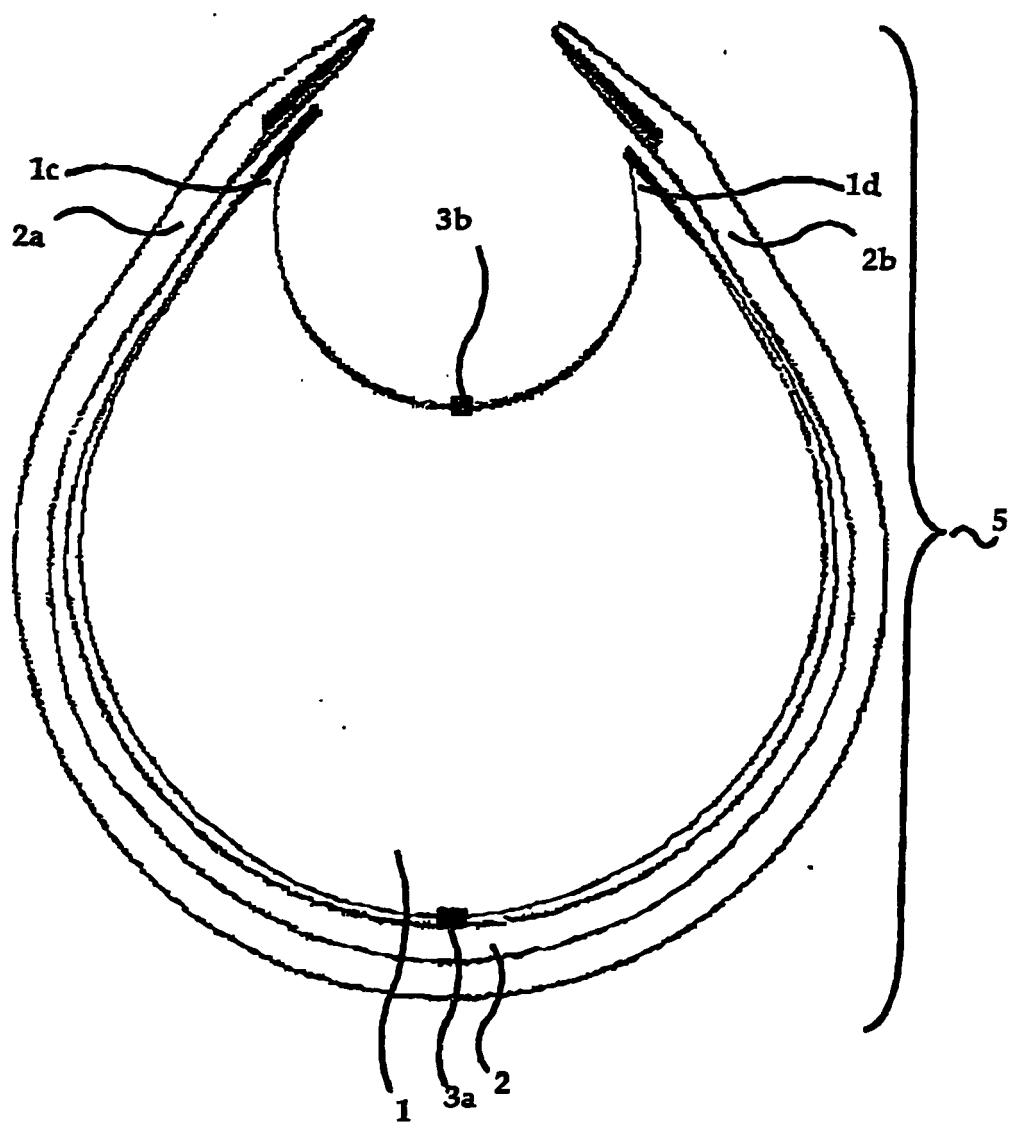
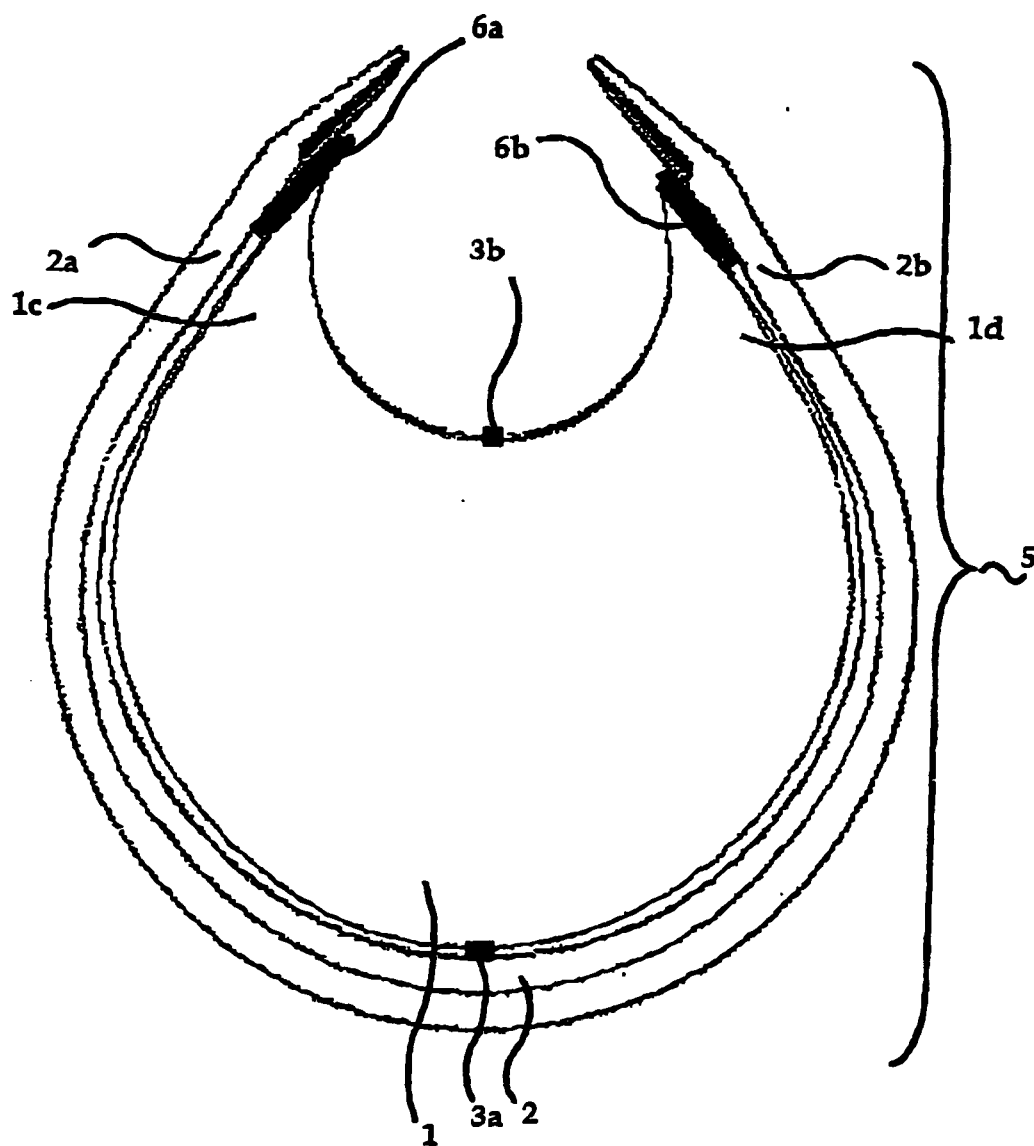
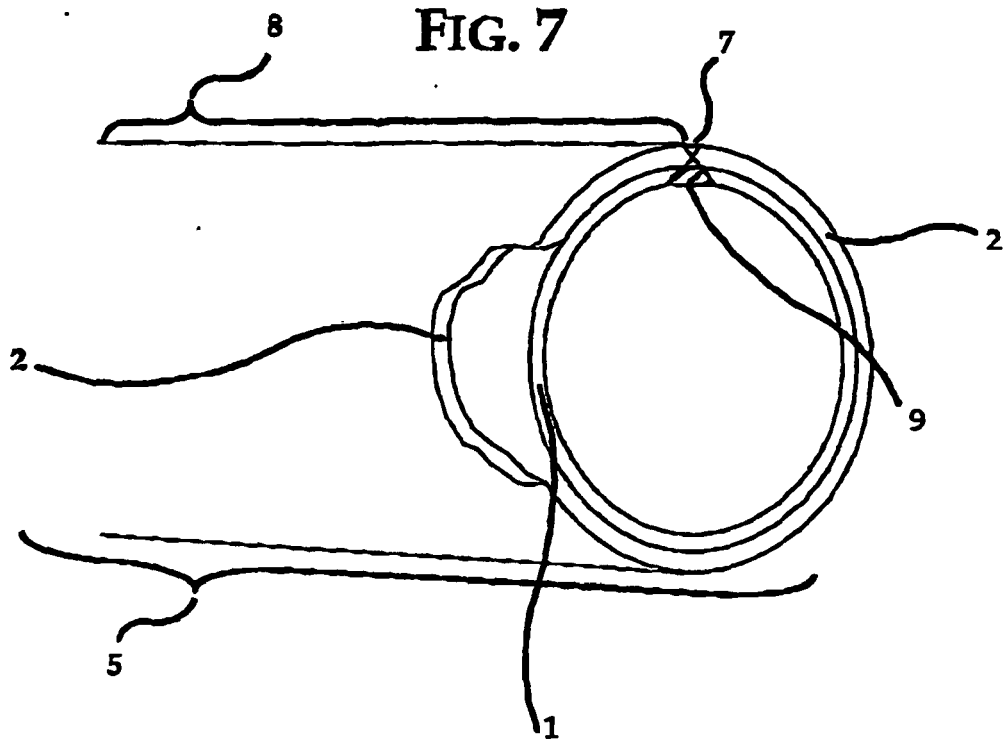


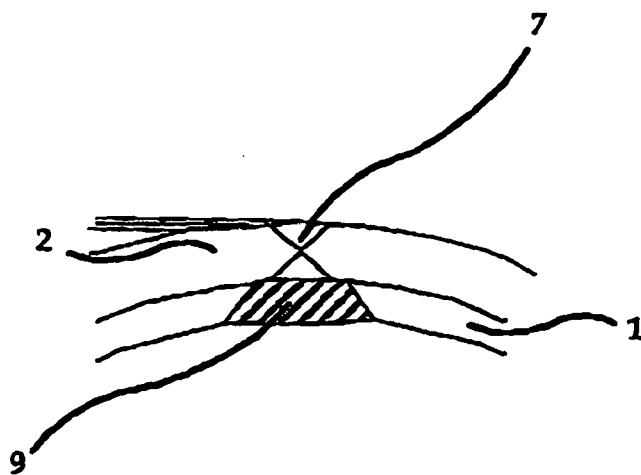
FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**



**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 60111791 A [0007]