

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 393 827 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.10.2005 Patentblatt 2005/43

(51) Int Cl.7: **B21C 1/00**

(21) Anmeldenummer: **03090273.8**

(22) Anmeldetag: **28.08.2003**

(54) **Verfahren zum Kaltziehen von Rohren und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

Method of cold-drawing of tubes and device for carrying out the method

Méthode de tréfilage à froid des tubes et dispositif pour la mise en oeuvre de la méthode

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CZ DE FR IT SK

(30) Priorität: **29.08.2002 DE 10240749**
28.08.2003 DE 10340204

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.2004 Patentblatt 2004/10

(73) Patentinhaber: **Mannesmannröhren-Werke
GmbH**
45473 Mülheim a.d. Ruhr (DE)

(72) Erfinder:
• **Schneider, Heinz, Dr.**
40489 Düsseldorf (DE)
• **Orth, Thomas, Dr.**
45481 Mülheim (DE)
• **Kiessling, Martin**
59387 Ascheberg (DE)

• **Wegener, Jörg**
32108 Bad Salzflen (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
GB-A- 1 072 726 **GB-A- 2 251 570**
US-A- 2 638 207 **US-A- 3 657 910**

• **DATABASE WPI Derwent Publications Ltd.,**
London, GB; AN 1987-305096 XP002269046 -&
SU 1 299 633 A (DO POLITEKH INST (SU)) 30.
März 1987 (1987-03-30)
• **DATABASE WPI Derwent Publications Ltd.,**
London, GB; AN 1983-800008 XP002269047 -&
SU 984 547 A (VITEBSKIJ OTDEL I FIZ TVERDOG
(SU)) 30. Dezember 1982 (1982-12-30)

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).

EP 1 393 827 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kaltziehen von Rohren mit ultraschallerregtem Außen- und/oder Innenwerkzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein Verfahren der gattungsgemäßen Art ist bekannt aus der GB-A-1 072 726 sowie aus: N. H. Stolberg und H. Treis "Metallumformung unter Anwendung von Schwingungen", Bänder, Bleche, Rohre, 9. Jahrgang. Heft 10, Oktober 1968, S. 577 - 579).

[0003] Durch Überlagerung von durch Ultraschall angeregter Schwingungen beim Rohrziehen sind durch verminderte Reibung größere Einzelquerschnittsabnahmen möglich. Bessere Oberflächen, engere Toleranzen und längere Werkzeugstandzeiten sind erzielbar.

Die Reibungsverminderung ist bei konstanter Ziehgeschwindigkeit um so größer, je höher Frequenz und Amplitude der angeregten Schwingungen sind.

[0004] Bisher ist kein Verfahren vorgeschlagen worden, wie man die bekannten qualitativen Veränderungen beim Kaltziehen von Rohren mit ultraschallerregtem Außen- und/oder Innenwerkzeug für einen fertigungssicheren Prozess mit engen quantitativen Toleranzen nutzen kann.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Verfahren der gattungsgemäßen Art, die Ultraschallanregung des Außen- und/oder Innenwerkzeuges für einen fertigungssicheren Prozess zu nutzen.

[0006] Diese Aufgabe wird ausgehend vom Oberbegriff in Verbindung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sind jeweils Gegenstand von Unteransprüchen.

[0007] Nach der Lehre der Erfindung wird während des Ziehvorganges mindestens die vorgegebene Amplitude in einem schmalbandigen Bereich gehalten, wobei der Schwankungsbereich für die Amplitude $\max \pm 1$ % des Einstellwertes beträgt.

Zusätzlich kann die Frequenz in einem schmalbandigen Bereich gehalten werden, mit einer höchsten Schwankungsbreite von ± 300 Hz. Die Absenkung auf unter 15 kHz ist nicht empfehlenswert, da die Gefahr besteht, dass die Ultraschallanregung in den hörbaren Bereich gerät. Höhere Frequenzen d. h. über 30 kHz sind zwar für höhere Ziehgeschwindigkeiten günstiger, aber da die Wellenlänge im gleichen Umfang immer kürzer wird, werden die einzelnen Teile des Ultraschallgebers immer filigraner und maschinenbautechnisch immer schwerer umzusetzen.

[0008] Ziehversuche haben bestätigt, dass der Konstanthaltung der Amplitude eine Schlüsselrolle zukommt. Aus diesem Grunde muss das mit dem Geber verbundene Steuergerät so ausgelegt sein, dass die während des Ziehens unvermeidliche sich ergebende Veränderungen der Amplitude durch eine empfindlich reagierende Nachsteuerung weitgehend egalisiert wer-

den. Nur durch diese Maßnahme ist gewährleistet, dass die an sich bekannten qualitativen Verbesserungen durch mit Ultraschall beaufschlagte Werkzeuge voll wirksam werden. Auch ein Mindestwert der Amplitude muss erzeugt werden, um den Ziehprozess positiv zu beeinflussen.

[0009] Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung werden auf der Auslaufseite mindestens der IST-Durchmesser, vorzugsweise der IST-Durchmesser und die IST-Wanddicke erfasst und mit einem SOLL-Wert verglichen. Bei unzulässiger Abweichung wird die Amplitude und/oder die Frequenz verändert.

[0010] Vorzugsweise werden auch auf der Einlaufseite der IST-Durchmesser und die IST-Wanddicke erfasst und in Beziehung zum SOLL-IST-Abgleich auf der Auslaufseite gesetzt und je nach Tendenz mindestens eine Führgröße der Ultraschallerzeugung verändert.

[0011] Je nach Anforderung kann es zweckmäßig sein, auch die wichtigste Führgröße beim Kaltziehverfahren - die Ziehgeschwindigkeit - mit anzupassen.

[0012] Diese vorgeschlagene Verfahrensweise hat den Vorteil, dass die an sich bekannte Wirkung der Reibverminderung durch die Ultraschallerregung quantitativ für das Erzeugnis genutzt wird. Unzulässige Abweichungen vom SOLL-Wert werden zurück gekoppelt auf die Führgrößen der Ultraschallerregung, wobei dies in erster Linie die Amplitude und die Frequenz sind.

[0013] Die Erfassung des IST-Durchmessers erfolgt vorzugsweise durch eine Laser-Messung und die Erfassung der IST-Wanddicke durch Ultraschall. Letzteres Messverfahren wird bevorzugt koppelmittelfrei durchgeführt.

[0014] In den vorgeschlagenen SOLL-IST-Vergleich kann auch die Erfassung der Rauheit der Außen- und/oder Innenoberfläche des Rohres mit einbezogen werden. Auch dieses, die Qualität des Erzeugnisses charakterisierende Merkmal wird durch ultraschallerregte Innen- und/oder Außenwerkzeuge in Sinne einer Glättung beeinflusst.

[0015] Ein weiteres Charakteristikum ist die Veränderung der Textur des Rohres nach dem Ziehen. Dabei ist die Ausprägung der Hauptkristallrichtung in Längs- und Querrichtung von Interesse. Erfassen kann man die Textur mittels einer Laufzeitmessung linear polarisierter Schallwellen einmal in Längs- und einmal in Querrichtung. Infolge der Reibungsminderung durch die Ultraschallerregung der Ziehwerkzeuge ist mit einer Minderung des Textureffektes zu rechnen.

[0016] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von einem in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel.

[0017] Es zeigen

Figur 1 einen Längsschnitt eines schematisch dargestellten Kaltziehprozesses,

Figur 2 eine Draufsicht der im Werkzeugbereich angeordneten US-Anlage.

[0018] In **Figur 1** ist in einem Längsschnitt ein Kaltziehprozess mit einem ultraschallerregten Ziehring 1 dargestellt. Die Ultraschallerregung ist hier angedeutet durch zwei auf den Ziehring 1 einwirkende Schwingungen.

[0019] Das kalt umzuformende Rohr 3 kann ein warmgefertigtes oder ein schon kaltgezogenes Rohr sein. Es ist auf der Einlaufseite gekennzeichnet durch den äußeren Durchmesser 4 und die Wanddicke 5. Auch die Rauheit der Außen- 6 und Innenoberfläche 7 kann ein wesentliches Merkmal sein.

[0020] Die Kontur der zentralen Öffnung des Ziehringes 1 bestimmt ganz wesentlich den Grad der gewünschten Umformung. Die Ziehrichtung ist mit einem Pfeil 8 gekennzeichnet. Das gezogene Rohr 9 ist auf der Auslaufseite durch den äußeren Durchmesser 10 und die Wanddicke 11 charakterisiert.

[0021] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird auf der Auslaufseite der IST-Wert des äußeren Durchmessers 10 und der IST-Wert der Wanddicke 11 erfasst und mit einem vorgegebenen SOLL-Wert verglichen. Ergibt sich bei diesem Abgleich eine unzulässige Abweichung, dann wird auf mindestens eine Führgröße der Ultraschallerregung für den Ziehring 1 Einfluss genommen.

[0022] In erster Linie wird die Amplitude der Ultraschallerregung verändert. Es kann aber allein oder auch in Kombination dazu die Frequenz verändert werden. Eine weitere Steuerungsmöglichkeit ergibt sich durch Veränderung der Ziehgeschwindigkeit als Führgröße für das Kaltziehverfahren.

[0023] Das vorgeschlagene Verfahren kann man noch verfeinern, wenn man die IST-Werte für Durchmesser 4 und Wanddicke 5 auf der Einlaufseite ebenfalls erfasst und in Beziehung setzt zum SOLL-IST-Vergleich auf der Auslaufseite. Je nach Anforderung an das Erzeugnis kann auch die Bewertung der Oberflächenrauheit von Bedeutung sein. Die Erfassung des Durchmessers erfolgt vorzugsweise durch Laser und die der Wanddicke durch ein koppelmittelfreies Ultraschallverfahren.

[0024] **Figur 2** zeigt in einer Draufsicht die Einzelheiten der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Sie besteht aus je einem rechts und links angeordneten Ultraschallgeber 14, 14', die über ein mechanisches Übertragungsmittel 15, 15' auf einen an einem Ziehschild 17 befestigten Kreuzkopf 16 einwirken. Das Übertragungsmittel 15, 15' wird auch als Booster bezeichnet.

[0025] Der Kreuzkopf 16 ist in seiner Abmessung und Kontur so ausgelegt, dass die im Ultraschallgeber 14, 14' erzeugten Ultraschallwellen in Ziehrichtung umgelenkt werden. Die Schwingungsrichtungen sind durch je einen Doppelpfeil 18, 18' 19 gekennzeichnet.

[0026] Das Außenwerkzeug 20, hier in Form eines Ziehringes, ist in einem stabförmigen Halteelement 21 angeordnet. Damit der Schwingungsbauch der erzeugten Ultraschallwellen im Bereich des Außenwerkzeuges 20 liegt, beträgt der Abstand zwischen Außenwerkzeug 20 und Kreuzkopf 16 im Idealfall genau $\lambda/2$.

[0027] Zur Durchleitung des zu ziehenden Rohres 3 weist das Ziehschild 17, der Kreuzkopf 16 und das Halteelement 21 einen durchgehenden Kanal 20 auf.

5 Bezugszeichenliste

[0028]

Nr.	Bezeichnung
1	Ziehring
2	Schwingung
3	Rohr (Einlaufseite)
4	äußerer Durchmesser (Einlaufseite)
5	Wanddicke (Einlaufseite)
6	Außenoberfläche (Einlaufseite)
7	Innenoberfläche (Einlaufseite)
8	Ziehrichtung
9	Rohr (Auslaufseite)
10	äußerer Durchmesser (Auslaufseite)
11	Wanddicke (Auslaufseite)
12	Außenoberfläche (Auslaufseite)
13	Innenoberfläche (Auslaufseite)
14, 14'	Ultraschallgeber
15, 15'	Übertragungsmittel (booster)
16	Kreuzkopf
17	Ziehschild
18, 18', 19	Schwingungsrichtung
20	Außenwerkzeug
21	Halteelement
22	Kanal

Patentansprüche

- Verfahren zum Kaltziehen von Rohren mit ultraschallerregtem Außen- und/oder Innenwerkzeug wobei die Erregung unter Vorgabe einer bestimmten Frequenz und Amplitude erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** während des Ziehvorganges mindestens die vorgegebene Amplitude in einem schmalbandigen Bereich gehalten wird, wobei der Schwankungsbereich für die Amplitude $\max \pm 1 \%$ des Einstellwertes beträgt, und der Mindestwert der Amplitude $10 \mu\text{m}$ beträgt.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,

dass zusätzlich die Frequenz in einem schmalbandigen Bereich gehalten wird, wobei der Einstellwert 20 kHz und die Schwankungsbreite höchstens ± 300 Hz beträgt.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 - 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Außen- und/oder Innenwerkzeugwerkzeug mit Ultraschall beaufschlagt wird. 5
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 - 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass auf der Auslaufseite mindestens der IST-Durchmesser des gezogenen Rohres erfasst und mit einem SOLL-Wert verglichen wird und bei unzulässiger Abweichung die Amplitude und/oder die Frequenz der Ultraschallerregung verändert wird. 10
5. Verfahren nach Anspruch 4
dadurch gekennzeichnet,
dass auf der Auslaufseite auch die IST-Wanddicke erfasst wird. 15
6. Verfahren nach Anspruch 4 und 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass auf der Einlaufseite der IST-Durchmesser und die IST-Wanddicke erfasst und in Beziehung gesetzt werden zum SOLL-IST-Abgleich auf der Auslaufseite und je nach Tendenz die Amplitude und/oder die Frequenz der Ultraschallerregung verändert werden. 20
7. Verfahren nach den Ansprüchen 4 - 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erfassung der Rauheit der Außen- und/oder Innenoberfläche des Rohres in den SOLL-IST-Abgleich mit einbezogen wird. 25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 - 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erfassung der Textur des Rohres auf der Ein- und Auslaufseite in den SOLL IST-Abgleich mit einbezogen wird. 30
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 zum Kaltziehen von Rohren mit ultraschallernegtem Außenwerkzeug mit einer Ziehbank und mindestens einem Außenwerkzeug, das in Kontakt ist mit einem mit einem Steuergerät verbundenen Ultraschallgeber,
dadurch gekennzeichnet,
dass quer zur Ziehrichtung rechts und links vom Außenwerkzeug (20) je ein Ultraschallgeber (14, 14') angeordnet ist, die auf einen in Ziehrichtung liegenden mit dem Außenwerkzeug verbundenen Kreuzkopf (16) einwirken, und durch Mittel zum 35

Hatten der Amplitude in einem Schwankungsbereich von $\pm 1\%$ des Einstellwertes.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kreuzkopf (16) in Abmessung und Form so gestaltet ist, dass die ursprünglich quer zur Ziehrichtung erzeugten Ultraschallwellen in Ziehrichtung umlenkbar sind. 40
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 und 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Außenwerkzeug (20) in einem Abstand von ca. $\lambda/2$ vom Kreuzkopf (16) entfernt in einem Halteelement (21) angeordnet ist. 45
12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kreuzkopf (16) und das Halteelement (21) einen Kanal (22) zum Durchführen des zu ziehenden Rohres aufweisen. 50
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 -12,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen Ultraschallgeber (14, 14') und Kreuzkopf (16) je ein Übertragungselement (15, 15) angeordnet ist. 55

Claims

1. A method for cold-drawing tubes with an ultrasound-excited outer and/or inner tool, the excitation taking place with a given frequency and amplitude being preset,
characterised in that
during the drawing operation at least the preset amplitude is kept within a narrow-band range, the range of fluctuation for the amplitude being at most $\pm 1\%$ of the set value, and the minimum value of the amplitude being $10\text{ }\mu\text{m}$.
2. A method according to Claim 1, **characterised in that** in addition the frequency is kept within a narrow-band range, the set value being 20 kHz and the width of fluctuation being at most ± 300 Hz.
3. A method according to Claims 1 to 2, **characterised in that** the outer and/or inner tool is acted upon by ultrasound.
4. A method according to Claims 1 to 3, **characterised in that** on the exit side at least the ACTUAL diameter of the drawn tube is detected and is compared with a DESIRED value, and if it deviates impermissibly the amplitude and/or the frequency of the ultrasound excitation is changed.

5. A method according to Claim 4, **characterised in that** the ACTUAL wall thickness is also detected on the exit side.
6. A method according to Claims 4 and 5, **characterised in that** on the entry side the ACTUAL diameter and the ACTUAL wall thickness are detected and related to each other for DESIRED/ACTUAL reconciliation on the exit side, and depending on tendency the amplitude and/or the frequency of the ultrasound excitation is changed.
7. A method according to Claims 4 to 6, **characterised in that** the detection of the roughness of the outer and/or inner surface of the tube is included in the DESIRED/ACTUAL reconciliation.
8. A method according to one of Claims 4 to 7, **characterised in that** the detection of the texture of the tube on the exit and entry side is included in the DESIRED/ACTUAL reconciliation.
9. An apparatus for performing the process according to Claim 1 for cold-drawing tubes with an ultrasound-excited outer tool, comprising a drawing bench and at least one outer tool which is in contact with an ultrasound generator connected to a control unit, **characterised in that** one ultrasound generator (14, 14') is in each case arranged transversely to the direction of drawing to the right and left of the outer tool (20), which generators act on a crosshead (16) connected to the outer tool and lying in the direction of drawing, and by means for keeping the amplitude in a range of fluctuation of $\pm 1 \%$ of the set value [sic].
10. An apparatus according to Claim 9, **characterised in that** the crosshead (16) is of such dimensions and shape that the ultrasonic waves originally generated transversely to the direction of drawing can be deflected into the direction of drawing.
11. An apparatus according to Claims 9 and 10, **characterised in that** the outer tool (20) is arranged in a holding element (21) at a distance of approximately $\lambda/2$ from the crosshead (16).
12. An apparatus according to Claim 11, **characterised in that** the crosshead (16) and the holding element (21) have a channel (22) for passing through the tube to be drawn.
13. An apparatus according to one of Claims 9 to 12, **characterised in that** a transmission element (15, 15') is arranged between the ultrasound generator (14, 14') and the crosshead (16).

Revendications

1. Procédé d'étirage à froid de tubes avec un outil extérieur et/ou intérieur excité par ultrasons, l'excitation s'effectuant en déterminant préalablement une certaine fréquence et une amplitude, **caractérisé en ce que**, pendant le processus d'étirage, au moins l'amplitude prédéterminée est maintenue dans une plage à bande étroite, la plage de variation de l'amplitude étant égale au maximum à $\pm 1 \%$ de la valeur de référence et la valeur minimale de l'amplitude étant de 10 μm .
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la fréquence est en outre maintenue dans une plage à bande étroite, la valeur de référence étant de 20 kHz et l'amplitude de variation étant au maximum de ± 300 Hz.
3. Procédé suivant les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'outil extérieur et/ou intérieur est soumis à des ultrasons.
4. Procédé selon les revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**, côté sortie, au moins le diamètre réel du tube étiré est déterminé et comparé à une valeur de consigne et, en cas d'écart non admissible, l'amplitude et/ou la fréquence de l'excitation par ultrasons est modifiée.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de paroi réelle est aussi déterminée côté sortie.
6. Procédé selon les revendications 4 et 5, **caractérisé en ce que**, côté entrée, le diamètre réel et l'épaisseur de paroi réelle sont déterminés et mis en relation pour un ajustement valeur de consigne - valeur réelle côté sortie et, suivant la tendance, l'amplitude et/ou la fréquence de l'excitation par ultrasons sont modifiées.
7. Procédé selon les revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** la détermination de la rugosité de la surface extérieure et/ou intérieure du tube est prise en compte dans l'ajustement valeur de consigne - valeur réelle.
8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** la détermination de la texture du tube côté entrée et côté sortie est prise en compte dans l'ajustement valeur de consigne - valeur réelle.
9. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon la revendication 1 d'étirage à froid de tubes avec un outil extérieur excité par ultrasons avec un banc d'étirage et au moins un outil extérieur qui est en

contact avec un émetteur d'ultrasons relié à un appareil de commande,

caractérisé en ce qu'un émetteur d'ultrasons (14, 14') est agencé transversalement à la direction d'étirage à droite et à gauche de l'outil extérieur (20), lequel agit sur une tête en croix (16) située dans la direction d'étirage, reliée à l'outil extérieur et par des moyens pour maintenir l'amplitude dans une plage de variation de $\pm 1 \%$ de la valeur de référence. 5 10

10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la tête en croix (16) est prévue dans sa forme et sa dimension de manière à ce que les ondes ultrasonores produites à l'origine transversalement à la direction d'étirage puissent être déviées dans la direction d'étirage. 15

11. Dispositif selon les revendications 9 et 10, **caractérisé en ce que** l'outil extérieur (20) est agencé dans un élément de maintien (21) à une distance d'environ $\lambda/2$ de la tête en croix (16). 20

12. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la tête en croix (16) et l'élément de maintien (21) présentent un canal (22) pour faire passer le tube à étirer. 25

13. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce qu'un** élément de transmission (15, 15') est agencé entre l'émetteur d'ultrasons (14, 14') et la tête en croix (16). 30

35

40

45

50

55

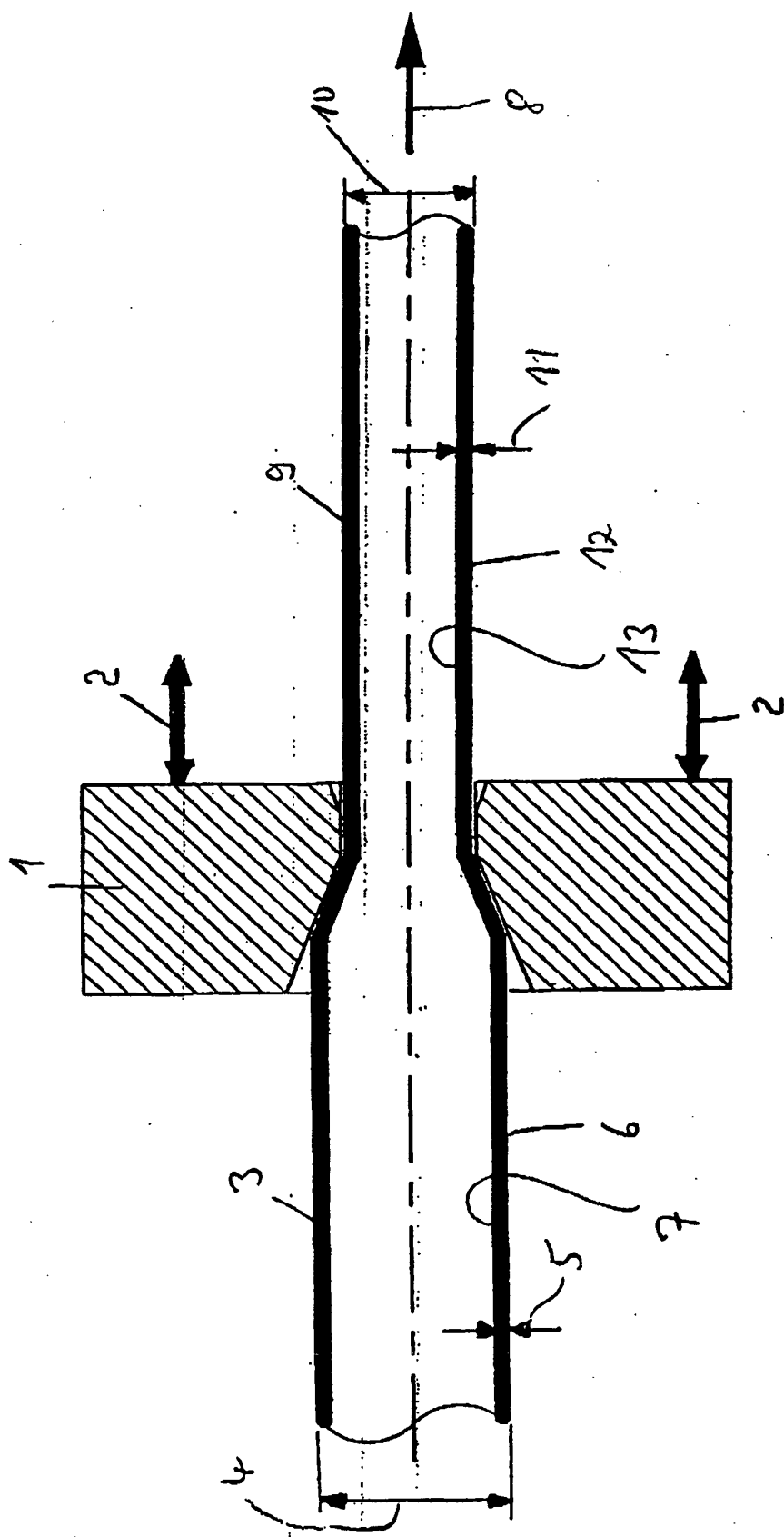


Fig. 1

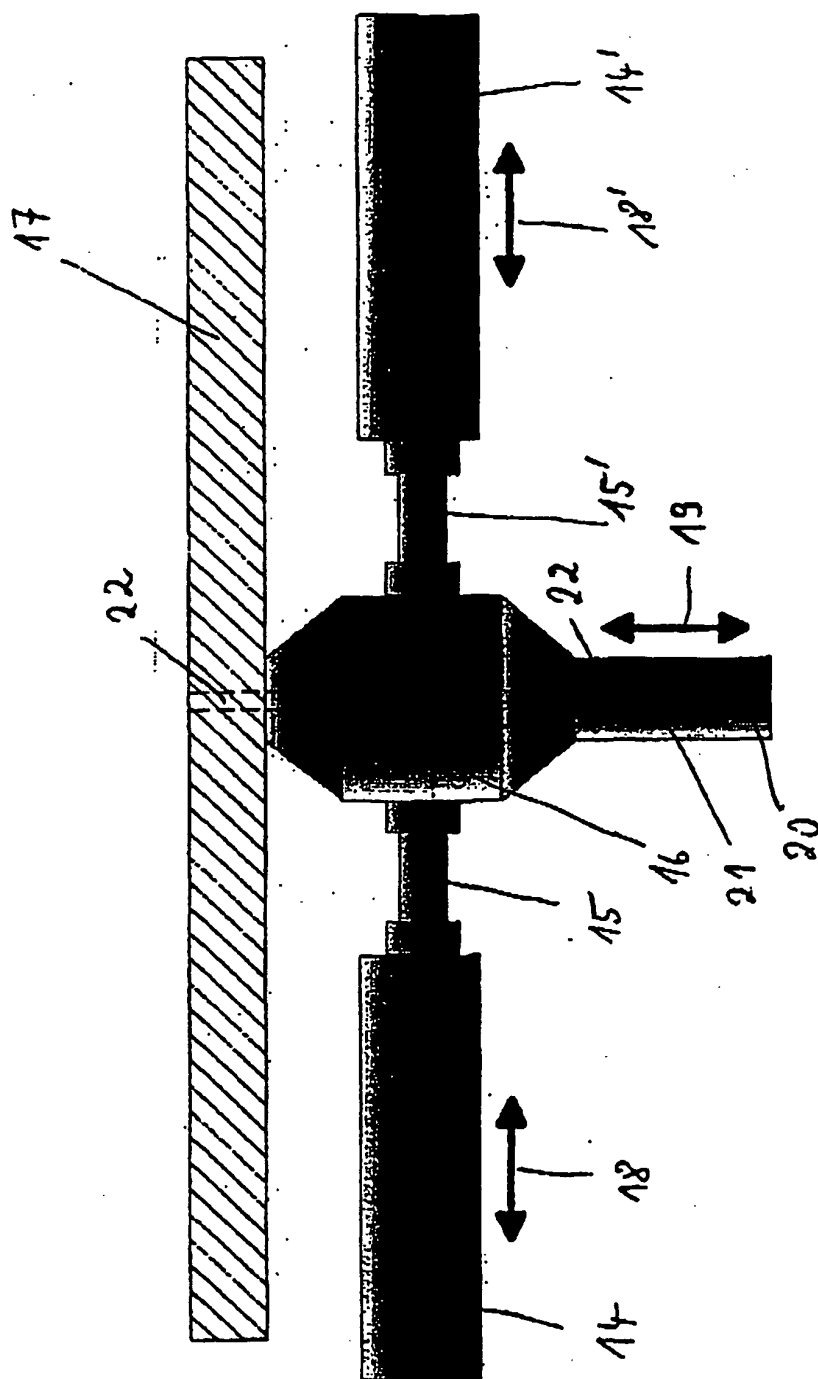


Fig. 2