



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 393 827 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.03.2004 Patentblatt 2004/10

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

(21) Anmeldenummer: **03090273.8**

(22) Anmeldetag: **28.08.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

- Orth, Thomas, Dr.
45481 Mülheim (DE)
- Kiessling, Martin
59387 Ascheberg (DE)
- Wegener, Jörg
32108 Bad Salzuflen (DE)

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

(71) Anmelder: **Mannesmannröhren-Werke AG**
45473 Mülheim a.d. Ruhr (DE)

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

(72) Erfinder:
• **Schneider, Heinz, Dr.**
40489 Düsseldorf (DE)

(54) **Verfahren zum Kaltziehen von Rohren**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kaltziehen von Rohren (3) mit ultraschallerregtem Außen- (20) und/oder Innenwerkzeug wobei die Erregung unter Vorgabe einer bestimmten Frequenz und Amplitude er-

folgt. Dabei wird während des Ziehvorganges mindestens die vorgegebene Amplitude in einem schmalbandigen Bereich konstant gehalten wobei der Mindestwert der Amplitude 10 µm beträgt.

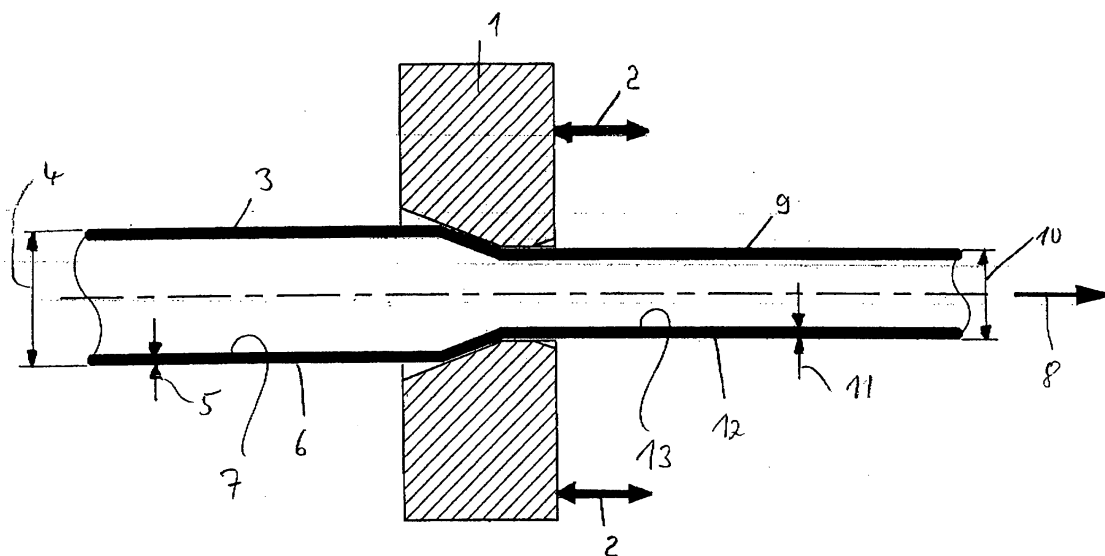


Fig.1

EP 1 393 827 A2

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 (siehe: N. H. Stolberg und H. Treis "Metallumformung unter Anwendung von Schwingungen", Bänder, Bleche, Rohre, 9. Jahrgang. Heft 10, Oktober 1968, S. 577 - 579). 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.

[0003] 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.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art dahingehend zu verbessern, die Ultraschallanregung des Außen- und/oder Innenwerkzeuges für einen fertigungssicheren Prozess zu nutzen.

[0005] 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.

[0006] Nach der Lehre der Erfindung wird während des Ziehvorganges die vorgegebene Amplitude in einem schmalbandigen Bereich konstant gehalten, wobei der Mindestwert der Amplitude 10 μm beträgt. Vorzugsweise liegt die Amplitude bei $> 15 \mu\text{m}$. Die Schwingungsbreite für die Amplitude liegt bei $\max \pm 1 \%$ des Einstellwertes. Das gleiche kann auch für die Frequenz erfolgen, wobei hier die Prozessbeeinflussung wesentlich geringer ist. Die Frequenz liegt vorzugsweise in einem Bereich um 20 kHz mit einer maximalen Schwingungsbreite von $\pm 300 \text{ Hz}$. 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.

[0007] 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 werden. 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] Je nach Anforderung kann es zweckmäßig sein, auch die wichtigste Führgröße beim Kaltziehverfahren - die Ziehgeschwindigkeit - mit anzupassen.

[0011] 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.

[0012] Die Erfassung des IST-Durchmessers erfolgt vorzugsweise durch eine Laser-Messung und die Erfassung der IST-Wanddicke durch Ultraschall. Letzteres Messverfahren wird bevorzugt koppefmittelfrei durchgeführt.

[0013] 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 Innenund/oder Außenwerkzeuge in Sinne einer Glättung beeinflusst.

[0014] 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.

[0015] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von einem in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel.

Es zeigen

[0016] **Figur 1** einen Längsschnitt eines schematisch dargestellten Kaltziehprozesses, **Figur 2** eine Drauf-

sicht der im Werkzeugbereich angeordneten US-Anlage.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] **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.

[0024] 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.

[0025] 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 $\lambda/2$.

[0026] Zur Durchleitung des zu ziehenden Rohres 3 weist das Ziehschild 17, der Kreuzkopf 16 und das Halteelement 21 einen durchgehenden Kanal 20 auf.

Bezugszeichenliste	
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 konstant gehalten wird und der Mindestwert der Amplitude 10 μm beträgt.
- Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Schwankungsbereich für die Amplitude max. $\pm 1\%$ des Einstellwertes beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet,
dass zusätzlich die Frequenz in einem schmalbandigen Bereich konstant gehalten wird und 20 kHz beträgt. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schwankungsbreite höchstens ± 300 Hz beträgt. 10
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 - 4
dadurch gekennzeichnet,
dass das Außenwerkzeug mit Ultraschall beaufschlagt wird. 15
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 - 5
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. 20
7. Verfahren nach Anspruch 6
dadurch gekennzeichnet,
dass auf der Auslaufseite auch die IST-Wanddicke erfasst wird. 25
8. Verfahren nach Anspruch 6 und 7
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. 30
9. Verfahren nach den Ansprüchen 6 - 8
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erfassung der Rauheit der Außen- und/oder Innenoberfläche des Rohres in den SOLL-IST-Abgleich mit einbezogen wird. 35
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 - 9
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erfassung der Textur des Rohres auf der Ein- und Auslaufseite in den SOLL-IST-Abgleich mit einbezogen wird. 40
11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 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. 45
12. Vorrichtung nach Anspruch 11
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. 50
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 und 12
dadurch gekennzeichnet,
dass das Außenwerkzeug (20) in einem Abstand von ca. $\lambda/2$ vom Kreuzkopf (16) entfernt in einem Halteelement (21) angeordnet ist. 55
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 - 13
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kreuzkopf (16) und das Halteelement (21) einen Kanal (22) zum Durchführen des zu ziehenden Rohres aufweisen.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 - 14
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen Ultraschallgeber (14, 14') und Kreuzkopf (16) je ein Übertragungselement (15, 15) angeordnet ist.

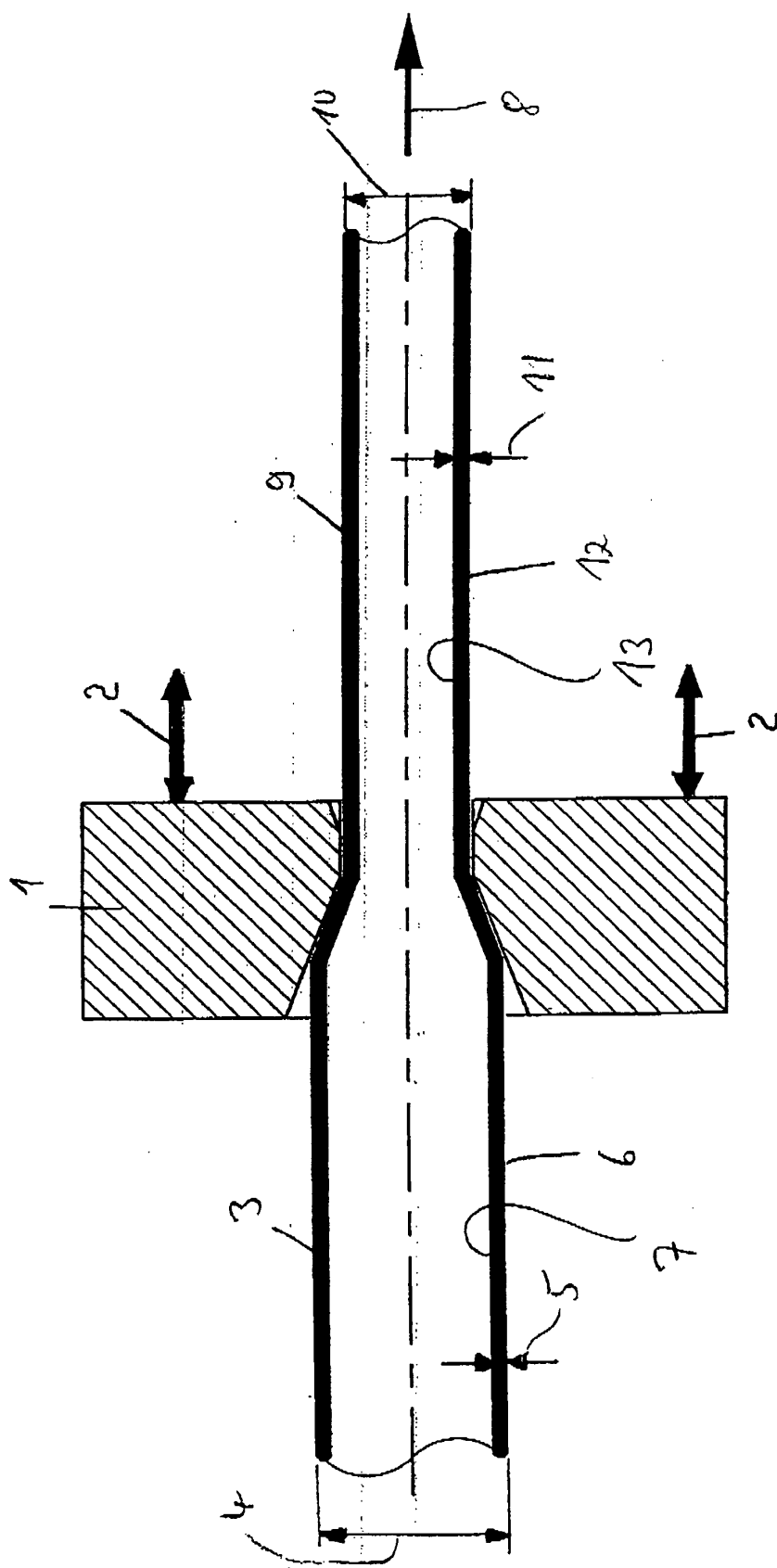


Fig. 1

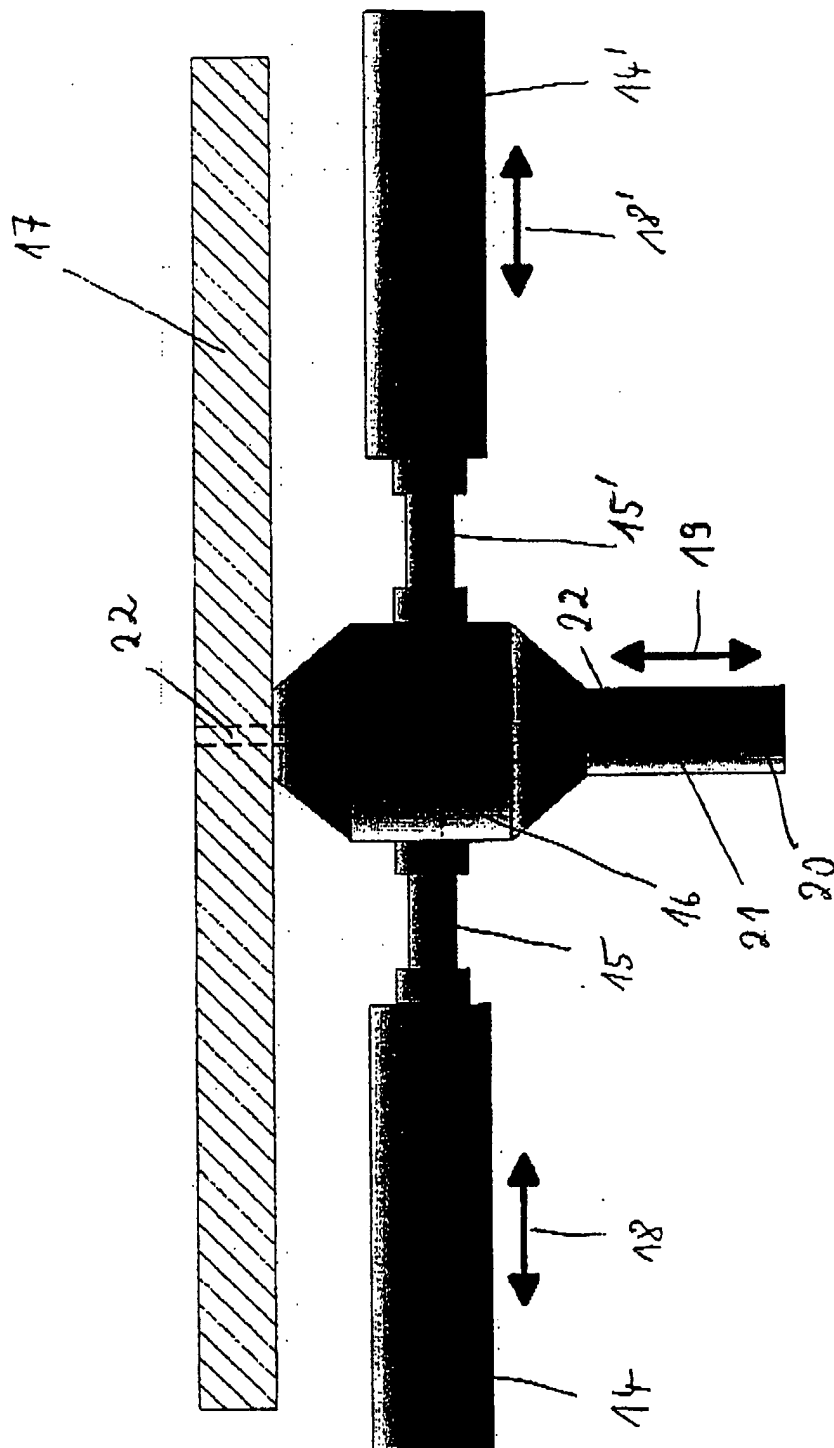


Fig. 2