



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 782 891 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.07.1997 Patentblatt 1997/28

(51) Int. Cl.⁶: **B21D 15/06**

(21) Anmeldenummer: **96111405.5**

(22) Anmeldetag: **16.07.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(72) Erfinder: **Lutz, Christian**
6714 Nüziders (AT)

(30) Priorität: **12.08.1995 DE 19529731**

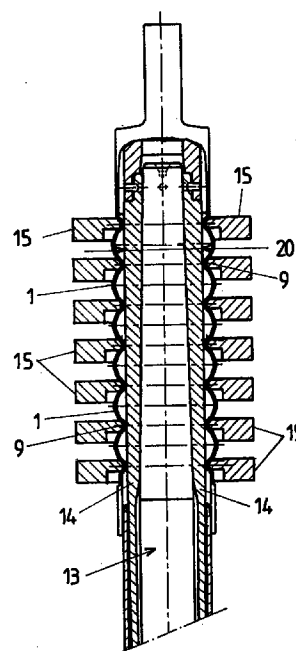
(74) Vertreter: **Hefel, Herbert, Dipl.-Ing.**
Egelseestrasse 65a
Postfach 61
6800 Feldkirch (AT)

(71) Anmelder: **ETABLISSEMENT SUPERVIS**
FL-9490 Vaduz (LI)

(54) **Verfahren zur Herstellung von gewellten Metallrohren**

(57) Das Verfahren dient zur Herstellung von gewellten Metallrohren, wobei in das zu wellende, vorerst glatte, zylindrische Metallrohr ein radial spreizbarer Dorn mit einer in seiner Achsrichtung verlaufenden Wellung eingebracht wird und mit - bezogen auf das Metallrohr - äußeren, gegen das Rohr zuzustellenden Backen mit einer zur Wellung des Dornes zumindest annähernd korrespondierenden Wellung eine erste Wellung eingepreßt wird. Diese Vorverformung der Wellung (20) des Rohres (1) wird in mehreren, gleichartigen, aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten mit Werkzeugen (Dornen und Backen) unterschiedlich hoher Wellungen erzeugt, wobei von Werkzeug zu Werkzeug die Wellung immer ausgeprägter wird. Anschließend in das so mehrstufig vorgeformte Rohr (1) wird ein radial spreizbarer Dorn (13) mit einem Außendurchmesser eingesetzt, der dem Innendurchmesser der vorgeformten Wellung (20) entspricht. In die Wellentäler (9) der vorgeformten Wellung (20) werden radial von außen scheibenförmige, voneinander vorerst distanzierte, das Rohr (1) umschließende Preßbacken (15) angestellt und diese Preßbacken (15) werden anschließend axial unter Auffaltung der Wellung (20) des Rohres (1) zusammengedrückt.

Fig. 5



EP 0 782 891 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von gewellten Metallrohren mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1 sowie auf ein Werkzeug zur Durchführung dieses Verfahrens.

Es sind zahlreiche Verfahren und Werkzeuge bekannt zur Herstellung von gewellten Metallrohren. Solche Verfahren und Werkzeuge sind gezeigt und beschrieben in folgenden Druckschriften: DE-PS 30 35 234; DE-AS 24 07 226; DE-OS 20 27 638 (= GB-PS 13 41 744); DE-PS 28 51 944; DE-PS 29 09 142; DE-PS 32 24 308; DE-OS 30 04 838; EU-PS 298 832; FR-PS 2 176 707; GB-OS 2 268 429 und US-PS 1 890 039.

Nach der DE-PS 30 35 234 werden in das zu wellende Rohrstück auf einer Welle befindliche Wellenscheiben angebracht und außen an das Rohr korrespondierende, jedoch gegenüber den inneren Wellenscheiben versetzt angeordnete, ebenfalls auf einer Welle befindliche Wellenscheiben angestellt. Die sich drehenden Wellen werden gegeneinandergefahren und gleichzeitig werden die Wellenscheiben axial auf deren Wellen verschoben. Für Rohre mit kleinem Querschnitt ist diese Maßnahme ungeeignet, da die die Wellenscheiben tragenden Rohre stark und somit groß dimensioniert sein müssen, damit sie die Arbeitsdrücke ohne Verformung aufnehmen können.

Nach der DE-AS 24 07 226 wird das vorerst glatte zylindrische Rohr in eine Matrize eingesetzt, deren Wandung gewellt ist. Dann wird in das zu verformende Rohr ein elastischer Preßkörper eingefügt, der von beiden Seiten her mittels Stempel zusammengedrückt wird, wodurch das Rohr abschnittsweise verformbar ist. Jede Wellung wird so in einem Arbeitsschritt geformt. Das ist ein sehr aufwendiges Verfahren und nur für dünnwandige Rohre verwendbar.

Nach der DE-OS 20 27 638 (=GB-PS 1 341 774) wird in das zu verformende Rohr ein radial spreizbarer Dorn eingesetzt, an den von außen radial sektorförmige Scheiben angepreßt werden. Durch das Zusammenwirken der äußeren Scheiben und des inneren Dornes wird die gewünschte Wellung am Rohr erzeugt.

Nach den DE-PS 28 51 944 und 29 09 142 wird in einem Rohr durch Erzeugung eines Innendruckes und einer Faltung Welle nach Welle erzeugt. Dieses Verfahren und das zugehörige Werkzeug sind sehr aufwendig. Der Vorteil gegenüber den oben erwähnten Maßnahmen liegt darin, daß die Wandstärke des zylindrischen Ausgangsrohres auch im Bereich der Wellung beibehalten werden kann.

Die DE-PS 32 24 308 zeigt und beschreibt ein Werkzeug, mit dem an einem zylindrischen Ausgangsrohr Schritt für Schritt ein Wellental eingepreßt wird. An das so vorgeformte Rohr werden von außen Formstücke an den einzelnen Wellentälern angesetzt und dann wird im Rohr ein hoher hydraulischer Druck aufgebaut und das Rohrstück als Ganzes einer axialen Druckkraft ausgesetzt und dabei verkürzt, wobei die

zwischen den von den Formstücken gestützten Wellentälern liegenden Rohrabschnitte nach außen ausgefaltet werden. Auch diese Maßnahme ist sehr aufwendig.

Die EU-PS 298 832 sieht einen radial aufspreizbaren, in das zu verformende Rohrstück einsetzbaren Dorn mit einer Wellung vor, gegen welchen sektorförmige, sich über die Länge der Wellung erstreckende, eine korrespondierende Wellung aufweisende Backen hämmernd bewegt werden. Die dadurch erzielte Verformung weist eine Wandstärke auf, die aufgrund der Streckung des Rohres im gewellten Bereich schwächer ist als die Stärke der unverformten Rohrwandung.

Auch die FR-PS 2 176 707 sieht einen radial aufspreizbaren Dorn mit einer gewellten Oberfläche vor. Als äußere Backen sind mehrere, das Rohr umgebende Zahnräder vorgesehen, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß die Zähne der Zahnräder mit der Wellung des Dornes kämmen. Diese Zahnräder sind auf einem Schlitten gelagert, der entlang des zu verformenden Rohres bewegt wird. Auch bei dieser Anordnung ist es unvermeidlich, daß im gewellten Bereich des Rohres das Material über Gebühr gestreckt wird.

Die GB-OS 2 268 429 zeigt und beschreibt einen aufspreizbaren Dorn, der in Achsrichtung in eine Vielzahl von Scheiben aufgeteilt ist, deren Oberfläche eine Wellung bilden. Dagegen sind sektorförmige, scheibenartige, äußere Backen anstellbar, die im Zusammenwirken mit dem erwähnten Dorn die Wellung des Rohres formen. Eine damit vergleichbare Maßnahme offenbart und beschreibt die US-PS 1 890 039.

Vor allem ist hier aber die DE-OS 30 04 838 zu nennen die ein Verfahren zeigt und beschreibt, mit welchem Rohrkörper mit einer ausgeprägten Querwellung hergestellt werden. In der dafür verwendeten Einrichtung sind eine Vielzahl von Preßbacken vorgesehen, die vorerst in axialer Richtung des zu fertigenden Rohres voneinander distanziert sind. Das zu verformende Rohrstück wird in diese Einrichtung eingebracht, wobei vorerst der glatte zylindrische Mantel des Rohrstückes an den Preßbacken anliegt. Stirnseitig wird das Rohrstück abgedichtet, und anschließend wird innerhalb des Rohrstückes ein hoher hydrostatischer Druck aufgebaut, der das Rohrstück zwischen den vorerst voneinander distanzierten Preßbacken etwas ausbuchtet. Dann werden unter Aufrechterhaltung des hydrostatischen Druckes die Preßkolben zusammengefahren und dabei die ausgebuchteten Abschnitte des Rohrstückes aufgefaltet. Durch das Ausbuchten der in axialer Richtung des Rohrstückes aufeinanderfolgenden Abschnitte unter hydrostatischem Druck werden die am Preßbacken anliegenden, ringförmigen Bereiche des Rohrstückes gestreckt und damit die Wandstärken dieser ringförmigen Bereiche etwas verjüngt und damit geschwächt. Beim nachfolgenden Zusammenfahren der Preßbacken in axialer Richtung des Rohrstückes und unter Aufrechterhaltung des hydrostatischen Druckes, der nicht nur erforderlich ist, um die ausgebuchteten Teile nach außen zu drängen, sondern auch um zwischen den Preßbacken und den daran anliegenden

ringförmigen Bereichen des Rohrstückes eine ausreichend hohe Reibungskraft sicherzustellen, wird das Ausmaß dieser Streckung und damit Verjüngung der Wandstärke noch vergrößert, so daß das fertig geformte Rohrstück im Bereich der inneren Wellentäler die geringste Wandstärke aufweist. Die vorstehend erwähnte Reibungskraft muß deswegen groß sein, damit verhindert wird, daß beim Zusammenfahren der Preßbacken wegen der nur geringen Ausbuchtung der zwischen den Preßbacken liegenden Rohrabschnitte der Preßbacken gegenüber dem Rohrstück gleitet und so die gewünschte Verformung nur in unzureichendem Ausmaß erzielbar ist. Solche gewellten Rohrstücke werden im Zusammenhang mit Lenksäulen bei Kraftfahrzeugen verwendet und dienen im Crash-Fall als energieverzehrendes Zwischenelement. Innerhalb der Lenksäule hat dieses gewellte Rohr die für die Lenkung erforderlichen Drehmomente aufzunehmen und zu übertragen. Das nach dem vorbekannten Verfahren hergestellte gewellte Rohr besitzt im inneren Bereich die geringsten Wandstärken, obwohl hier in diesem Innenbereich bei der Übertragung der erwähnten Drehmomente die größten Beanspruchungen auftreten. Es muß in diesem Fall daher ein Rohrstück ausgewählt werden, das eine hinreichend große Wandstärke besitzt, so daß am gewellten Rohr an den jeweils höchstbeanspruchten inneren Ringzonen keine unzulässigen Beanspruchungen auftreten.

Von diesem Stand der Technik geht die Erfindung aus, die darauf abzielt, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem eine sehr ausgeprägte Wellung erzielt werden kann, d.h. eine Wellung, bei der das Verhältnis der Höhe der Wellung zur Wellenlänge etwa 1:1 beträgt, wobei aus Stabilitätsgründen die Wandstärke des Ausgangsrohres auch im Bereich der inneren Wellung nicht nur im wesentlichen erhalten bleiben soll, vielmehr soll die Wandstärke hier im Bereich der inneren Wellung verstärkt werden. Erreicht wird dies durch jene Maßnahmen, die Gegenstand und Inhalt des kennzeichnenden Teiles des Patentanspruches 1 sind. Zweckmäßige Verfahrensschritte sind in den Unteransprüchen 2 bis 5 festgehalten.

Den im Zusammenhang mit der DE-OS 30 04 838 aufgezeigten Schwierigkeiten begegnet die Erfindung mit einfachen Mitteln und mit Erfolg: Durch die mehrstufige Vorverformung, mit der die Ausgangswellung des Rohrstückes gestaltet wird unter Verwendung der im Anspruch 1 beschriebenen Werkzeuge, wobei die Wellung fortschreitend ausgeprägter wird, wird die Wandstärke der inneren ringförmigen Bereiche nicht nur nicht beibehalten, sie wird nachweisbar und meßbar vergrößert. Dies folgt daraus, daß, ausgehend vom zylindrischen Rohrstück, das innere kleine Wellental nach innen gedrückt wird, der Durchmesser dieses ringförmigen Bereiches, bezogen auf den Durchmesser des zylindrischen Rohres, also verjüngt wird, was zu einer Materialanhäufung in diesem Bereich führt. Durch die ausgeprägte Wellung wird die innere kleine Wellung, also der innere ringförmige Bereich so stark verformt,

daß deren Flanken relativ stark ansteigen. Der mittlere Flankenwinkel beträgt mindestens 45°, vorzugsweise 65°. Bei der nachfolgenden Faltung genügt daher die Einführung eines einfachen Werkzeuges, das nurmehr die Aufgabe hat, während des Faltvorganges diese inneren Bereiche sozusagen zu stützen, für die Faltung des zwischen den Preßbacken liegenden Bereiches wird kein Innendruck mehr benötigt, da die Preßbacken sozusagen in eng gefaltete Täler eingreifen, aus denen es für sie kein Entrinnen gibt, wenn sie in axialer Richtung verschoben werden. Es besteht also zwischen dem vorgefalteten Rohr und den außenseitig anliegenden Preßbacken ein enger und intensiver Formschluß, der die Mitnahme der Rohrabschnitte bei der axialen Verschiebung der Preßbacken sicherstellt, ohne daß von innen her mit einem hohen Druck nachgeholfen werden muß.

Dank der erfindungsgemäßen Maßnahmen werden gewellte Rohre erzielt, die im Bereich der inneren ringförmigen Zonen eine Wandstärke aufweisen, die nachweisbar größer ist als die Wandstärke des Ausgangsrohres, so daß derart hergestellte, gewellte Rohre sich für den oben erwähnten Einsatzzweck bestens eignen. Sie besitzen dort, wo betriebsmäßig die höchsten Beanspruchungen bei der (Übertragung von Drehmomenten auftreten, auch die größte Wandstärke.

Um die vorgeformte Wellung zur gewünschten ausgeprägten Wellung durch anschließenden Auffalten auszubilden, sind die Preßbacken in mehreren Ebenen paarweise vorgesehen und scheibenförmig ausgebildet und jeder Preßbacken weist eine halbkreisförmige Öffnung auf, wobei die die Öffnung begrenzende Fläche stufenförmig abgesetzt ist und die Höhe des Absatzes zumindest der Höhe der durch die Auffaltung gebildeten Wellung entspricht.

Um die Erfindung zu veranschaulichen, wird sie anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- | | |
|---------------------|---|
| Fig. 1 | einen Vertikalschnitt durch ein Werkzeug zur Vorformung der Wellung; |
| Fig. 2 | die vorgeformte Wellung am Rohr; |
| Fig. 3 | einen Vertikalschnitt durch den für die Auffaltung der Wellung vorgesehenen Dorn mit dem aufgesteckten vorverformten Rohr; |
| die Fig. 4, 5 und 6 | je einen Vertikalschnitt wie Fig. 3, jedoch mit den Preßbacken in verschiedenen Lagen während des Fertigstellungsvorganges; |
| Fig. 7 | eine Draufsicht auf einen Preßbacken; |

die Figuren haben zum Teil unterschiedliche Maßstäbe.

In ein vorerst zylindrisches Rohr 1 mit glatter Oberfläche, das beidseitig oder nur einseitig offen sein kann,

wird ein Dorn 2 eingesetzt, der aus mehreren sektorförmig ausgebildeten Abschnitten 3 besteht, zwischen welchen zur radialen Spreizung ein Keilschaft 4 einführbar ist (Pfeil 5). Um das Rohr 1 herum sind ebenfalls sektorförmige äußere Backen 6 angeordnet. Über ihre Länge L sind die äußeren Backen 6 und auch die Abschnitte 3 des Dornes 2 an den einander zugewandten Seiten mit gleichphasig liegenden und im wesentlichen gleich ausgebildeten Wellungen 7 und 8 ausgestattet, wobei die Wellenzüge dieser Wellung relativ schmale Wellentäler und langgestreckte Wellenberge aufweisen.

Ein solches Werkzeug ist nun in mehrfacher Ausfertigung vorhanden, wobei sich die einzelnen Werkzeuge jeweils dadurch unterscheiden, daß ihre Wellung von Werkzeug zu Werkzeug ausgeprägter wird. Besitzt das erste Werkzeug eine relativ flache Wellung, also eine Wellung mit geringer Höhe, so wird von Folgewerkzeug zu Folgewerkzeug diese Wellung immer ausgeprägter, ihre Höhe nimmt von Werkzeug zu Werkzeug zu. Der Einfachheit halber und der Übersichtlichkeit Wegen ist hier in der Zeichnung jedoch nur ein Werkzeug dargestellt.

Das zwischen Dorn 2 und den äußeren Backen 6 liegende, vorerst glatte Rohr 1 wird nun dadurch vorgeformt, daß der Dorn 2 radial aufgespreizt und die äußeren Backen 6 radial gegen den Dorn 2 zugestellt werden (Pfeil 11), so daß dadurch das Rohr 1 über die Länge L eine wellenartige Verformung erhält, die von Werkzeug zu Werkzeug immer ausgeprägter wird, bis sie jene Form erreicht, die in Fig. 2 in einem vergrößerten Maßstab gezeigt ist. Aus dieser Darstellung ist auch ersichtlich, daß die Wellentäler 9 relativ schmal sind, die Wellenberge 10 hingegen langgestreckt. Bei dieser vorgeformten Wellung 20 nach Fig. 2 beträgt die Länge 1 einer Welle das Mehrfache ihrer Höhe H, beispielsweise das Drei- bis Vierfache. Bei einer so vorgeformten Wellung 20 beträgt die Länge L₁ der nach dem Inneren des Rohres gerichteten Wellentäler nur einen Bruchteil der Länge L₂ der nach außen gerichteten Wellenberge 10, beispielsweise beträgt das Verhältnis 0,3 bis 0,6, wobei die Längen L₁, L₂ in der Hälfte der Höhe H der Welle gemessen werden. Die nach dem Inneren des Rohres gerichteten Wellentäler 9 sind so ausgeprägt und tief, wobei der mittlere Flankenwinkel α mindestens 45°, vorzugsweise 60° und mehr beträgt.

Diese in Fig. 2 gezeigte Wellung 20 wird in mehreren Arbeitsschritten mit mehreren Werkzeugen erreicht, wobei sich die einzelnen Werkzeuge dadurch unterscheiden, daß die Wellung der zusammenwirkenden Flächen von Werkzeugsatz zu Werkzeugsatz immer ausgeprägter wird, d.h. die Höhe H der Wellung von Werkzeugsatz zu Werkzeugsatz wird immer größer, die Flankenwinkel werden immer steiler. In der Regel wird ein zweifacher Werkzeugsatz ausreichen. Durch die auf diese Weise geschaffene Verformung, die diese Wellung 20 nach Fig. 2 aufweist, bleibt entlang der Wellung die Wandstärke des Rohres 1 nicht nur im wesentlichen erhalten, in den Wellentälern 9 wird diese Wandstärke

sogar meßbar vergrößert.

Das so vorgeformte Rohr 1, das im gezeigten Ausführungsbeispiel einseitig verschlossen ist und an seinem verschlossenen Ende einen Fortsatz 12 aufweist, wird nun auf einen zylindrischen Dorn 13 mit glatter Oberfläche aufgesteckt, der zweckmäßigerweise aufgebaut ist, wie der im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebene Dorn 2, nur daß hier die Außenflächen der einzelnen sektorförmigen Abschnitte - wie erwähnt - eine glatte Oberfläche besitzen. Dieser Dorn 13 wird radial durch Einschieben eines Keilschaftes so weit gespreizt, daß sein Außendurchmesser am Innendurchmesser der vorgeformten Wellung 20 anliegt. Mit anderen Worten, die Innenseite der Wellentäler 9 des vorgeformten Rohres 1 liegen an der zylindrischen glatten Oberfläche des Dornes 13 an.

Dieses in Fig. 3 gezeigte Werkzeug liegt im Bereich von Preßbacken 15, von denen einer in Fig. 7 in Draufsicht dargestellt ist. Diese rechteckigen Preßbacken 15, die mehrfach in verschiedenen Ebenen und in paarweiser Anordnung vorgesehen sind (Fig. 4), besitzen eine halbkreisförmige Öffnung 16, deren Begrenzungsfläche 17 stufenförmig abgesetzt ist, wobei die Höhe h zumindest der Höhe entspricht, zu der die vorgeformte Wellung (Fig. 2) anschließend aufgefaltet wird. Diese paarweise Anordnung der Preßbacken 15 relativ zu dem in Fig. 3 gezeigten Werkzeug veranschaulicht die Fig. 4. Mittels hier nicht weiter dargestellter Führungs- und Stellglieder ist die Anordnung so getroffen, daß die vorspringenden Absätze der Preßbacken 15 in den Ebenen der Wellentäler 9 der vorgeformten Wellung 20 des Rohres 1 liegen. Diese Preßbacken 15 werden nun gegen das auf dem Dorn 13 befindliche vorgeformte Rohr 1 gedrückt (Fig. 5), wobei die vorspringenden Absätze der Preßbacken 15 in die Wellentäler 9 fahren und die Preßbacken 15 dabei das Rohr umschließen. Aufgrund der tiefen Wellentäler 9 und der steilen Flanken wird gegenüber den Preßbacken 15 ein Formschluß erzielt, der die anschließende ordnungsgemäße Faltung gewährleistet, ohne daß während dieses Faltvorganges im Inneren des Rohres ein Druck aufgebaut werden müßte. Die durch den eingesetzten Dorn erzielbare Stützung der Wellentäler reicht vollkommen aus.

Anschließend fährt ein Preßstempel 18 gegen das zuoberst liegende Preßbackenpaar und drückt die vorerst voneinander distanziert liegenden Preßbacken 15 (Fig. 5) zusammen. Die in der Reihe zuunterst liegenden Preßbacken 15 sind durch ein Widerlager abgestützt, das hier durch die Pfeile 19 angedeutet ist (Fig. 6). Durch dieses Zusammenpressen und Zusammenfahren der Preßbacken 15 werden die vorerst flachen Wellenberge 10 zusammengefoldet unter gleichzeitiger Verkürzung der Wellenlänge 1, so daß dadurch ein Rohr mit einer ausgeprägten Wellung entsteht. Unter einer ausgeprägten Wellung im Sinne der gegenständlichen Erfindung wird eine Wellung verstanden, bei der das Verhältnis der Wellenlänge zur Höhe der Wellung ca. 1:1 beträgt.

Ist die Wellung auf diese Weise ausgeformt (Fig. 6),

so fährt der Preßstempel 18 hoch und die Preßbacken 15 werden seitlich ausgefahren (Fig. 4), so daß in der Folge nach radialer Verjüngung des Domes 13 durch Zurückziehung des Keilschaftes das fertig geformte Rohr abgenommen werden kann.

Für die Führungs- und Stellglieder der Preßbacken gibt es verschiedene konstruktive Lösungen, die nicht Gegenstand dieser Erfindung sind und die daher hier auch nicht weiter dargestellt und beschrieben sind.

Das zu verformende Rohr 1 kann einschichtig sein oder einen mehrschichtigen Aufbau aus mehreren ineinander geschobenen Rohren aufweisen.

Legende

zu den Hinweisziffern:

- | | | |
|----|--------------------------|--|
| 1 | zylindrisches Rohr | |
| 2 | Dorn | |
| 3 | sektorförmiger Abschnitt | |
| 4 | Keilschaft | |
| 5 | Pfeil | |
| 6 | Backen | |
| 7 | Wellung | |
| 8 | Wellung | |
| 9 | Wellental | |
| 10 | Wellenberg | |
| 11 | Pfeil | |
| 12 | Fortsatz | |
| 13 | Dorn | |
| 14 | sektorförmiger Abschnitt | |
| 15 | Preßbacken | |
| 16 | halbkreisförmige Öffnung | |
| 17 | Begrenzungsfläche | |
| 18 | Preßstempel | |
| 19 | Pfeil | |
| 20 | Wellung | |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von gewellten Metallrohren, wobei in das zu wellende, vorerst glatte, zylindrische Metallrohr ein radial spreizbarer Dorn mit einer in seiner Achsrichtung verlaufenden Wellung eingebracht wird und mit - bezogen auf das Metallrohr - äußeren, gegen das Rohr zuzustellenden Backen mit einer zur Wellung des Dornes zumindest annähernd korrespondierenden Wellung eine erste Wellung eingepreßt wird, gekennzeichnet durch die Kombination folgender Merkmale, nämlich daß die Vorverformung der Wellung (20) des Rohres (1) in mehreren, gleichartigen, aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten mit Werkzeugen (Dornen (2) und Backen (6)) unterschiedlich hoher Wellungen (7, 8) erzeugt wird und anschließend in das so vorgeformte Rohr (1) ein radial spreizbarer Dorn (13) mit einem Außendurchmesser, der dem Innendurchmesser der vorgeformten Wellung (20) entspricht, eingesetzt wird, und daß in die Wellentäler (9) der vorgeformten Wellung (20) radial von

außen scheibenförmige, voneinander vorerst distanzierte, das Rohr (1) umschließende Preßbacken (15) angestellt und diese Preßbacken (15) anschließend axial unter Auffaltung der Wellung (20) des Rohres (1) zusammengedrückt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorverformung eine Wellung (20) erzeugt wird, bei der die Länge (1) einer Welle das Mehrfache ihrer Höhe (H), beispielsweise das Dreibis Vierfache beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorverformung eine Wellung (20) erzeugt wird, bei der die Länge (1₁) der nach dem Inneren des Rohres gerichteten Wellentäler (9) nur einen Bruchteil der Länge (1₂) der nach außen gerichteten Wellenberge (10) entspricht, beispielsweise 0,3 bis 0,6 beträgt, wobei die Längen (1₁, 1₂) in der Hälfte der Höhe (H) der Welle gemessen sind.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die nach dem Inneren des Rohres gerichteten Wellentäler (9) mit einem mittleren Flankenwinkel (α) von mindestens 45°, vorzugsweise 65°, ausgebildet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgeformte Wellung (20) in der Folge so weit aufgefaltet wird, daß das Verhältnis von Wellenlänge zu ihrer Höhe ca. 1 : 1 beträgt.
6. Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Preßbacken (15) in mehreren Ebenen paarweise vorgesehen und scheibenförmig ausgebildet sind und jeder Preßbacken eine halbkreisförmige Öffnung (16) aufweist, wobei die die Öffnung (16) begrenzende Fläche (17) stufenförmig abgesetzt ist und die Höhe (h) des Absatzes zumindest der Höhe der durch die Auffaltung gebildeten Wellung entspricht.
7. Gewelltes Rohr, hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5.

Fig. 1

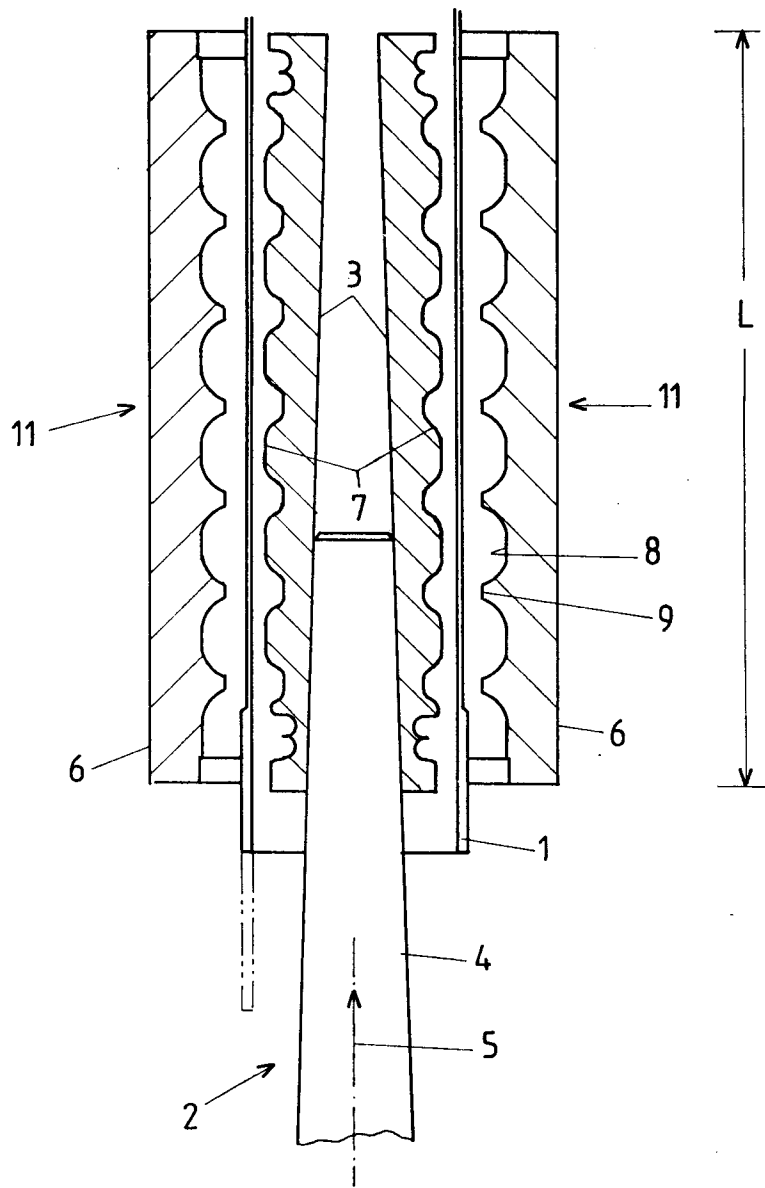


Fig. 2

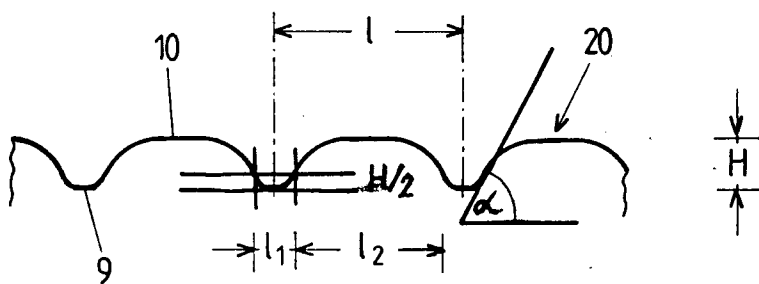


Fig. 3

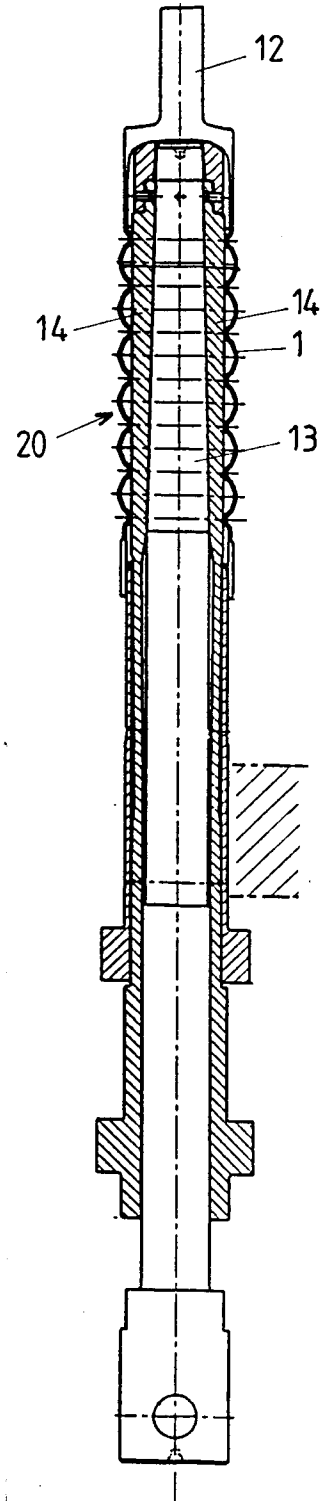


Fig. 4

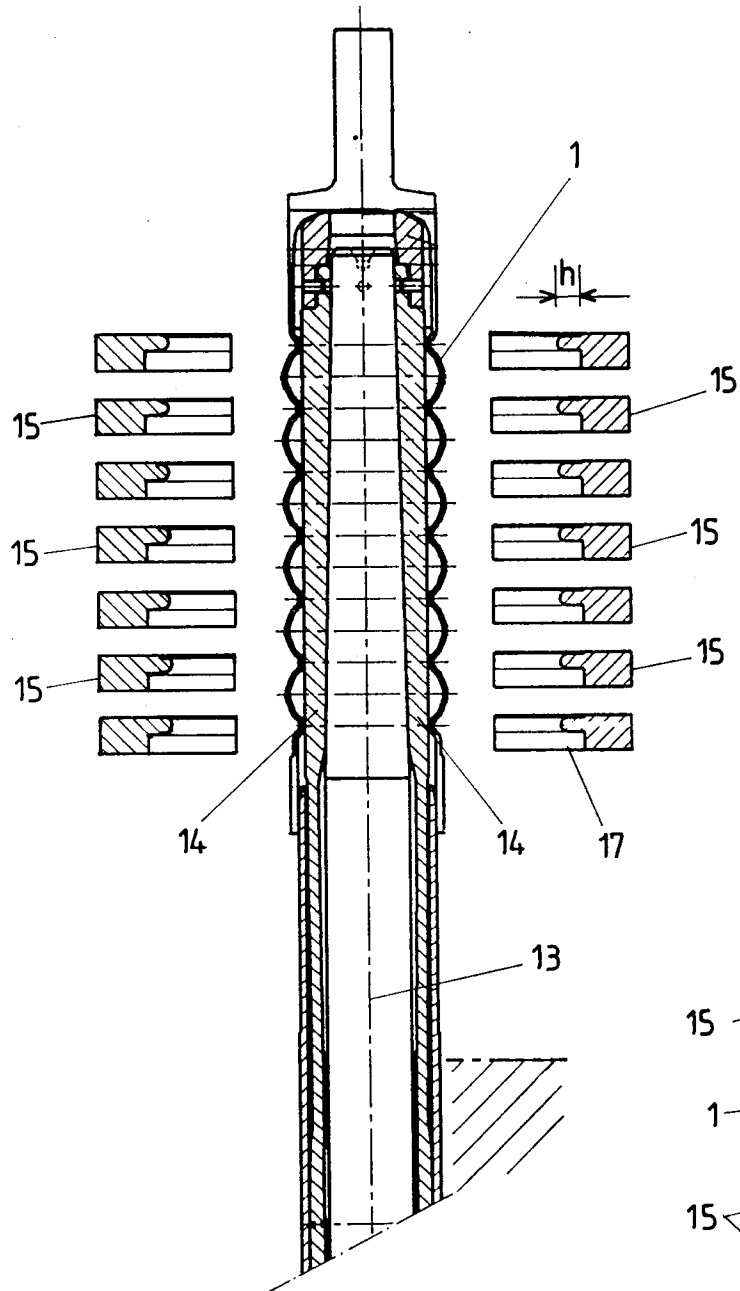


Fig. 5

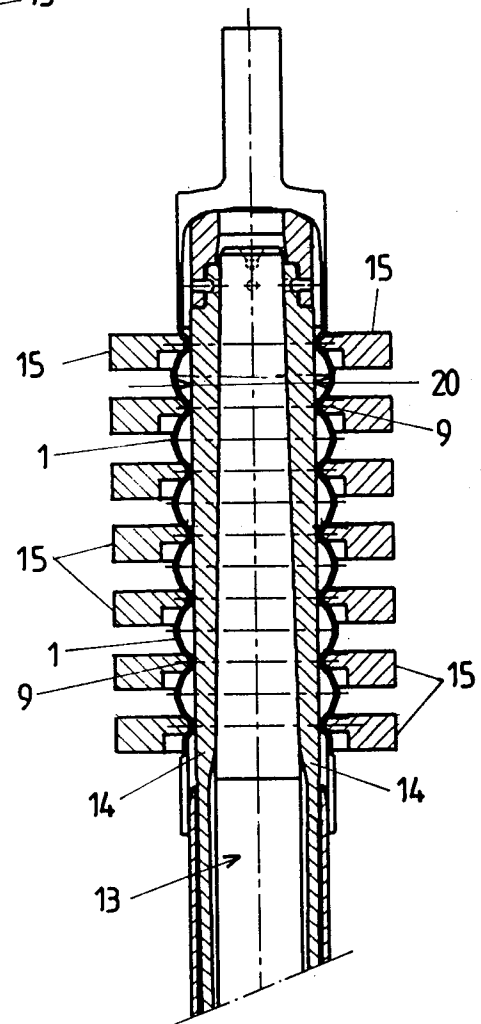


Fig. 6

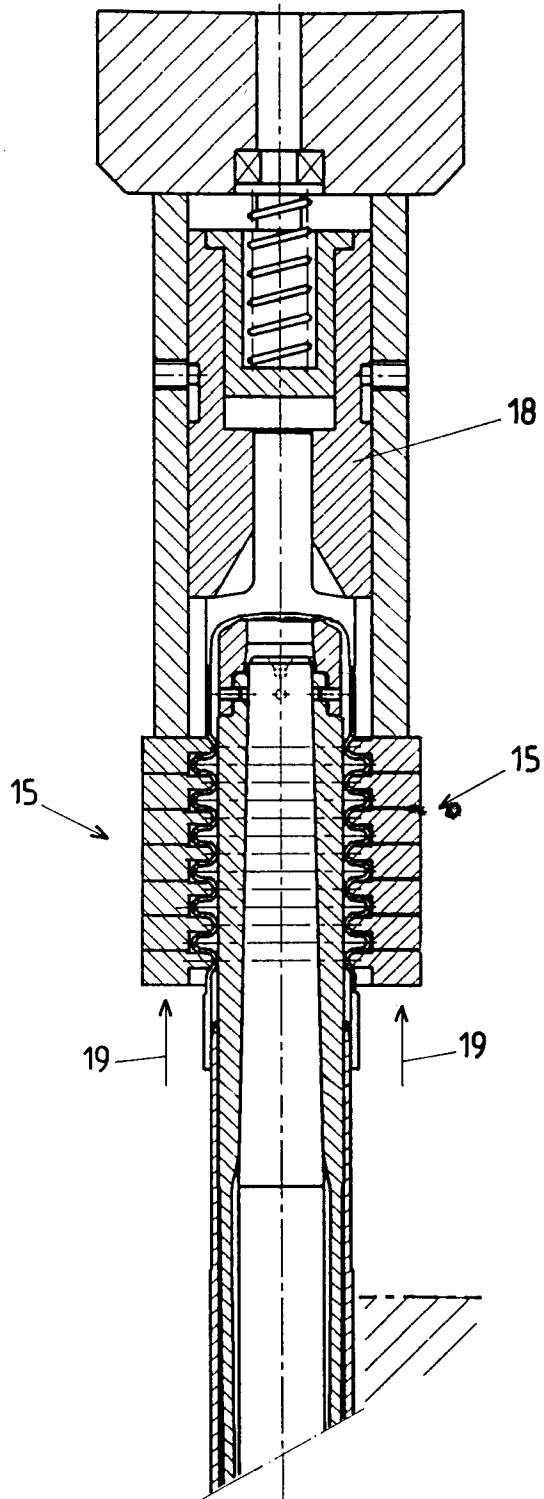


Fig. 7

