



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 15 744 T2** 2005.01.27

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 982 087 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 15 744.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 306 243.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.08.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **24.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.01.2005**

(51) Int Cl.⁷: **B21D 41/02**

B21D 53/88, B21C 37/15

(30) Unionspriorität:

9817112 07.08.1998 GB

(73) Patentinhaber:

**GKN AutoStructures Ltd., Hadley Telford,
Shropshire, GB**

(74) Vertreter:

Rehberg und Kollegen, 37073 Göttingen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, SE

(72) Erfinder:

**Duff, Alexander Mark, Hadley, Shropshire TF1
4RE, GB; Griffiths, Simon Jonathan G., Hadley,
Shropshire TF1 4RE, GB; Humphries, Peter,
Bridgnorth, Shropshire WV15 6AZ, GB**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung rohrförmiger Bauteile**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung rohrförmiger Bauteile entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei der Massenherstellung rohrförmiger Bauteile, beispielsweise struktureller rohrförmiger Komponenten, wie sie bei der Konstruktion von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, ist es wünschenswert, individuelle Komponenten mit reproduzierbar kleinen Toleranzen herzustellen und dabei die Herstellkosten so gering wie möglich zu halten. Dabei ist es notwendig, die einzelne Komponente so herzustellen, dass sie die Arbeitsbelastungen aufnehmen kann und so in der Lage ist, die Funktion des gewünschten strukturellen Trägers zu erfüllen. Es ist deshalb wichtig, dass das Herstellverfahren keine unerwünschten Schwachstellen an dem fertig hergestellten rohrförmigen Bauteil erzeugt.

[0003] Ein strukturelles rohrförmiges Bauteil, wie es typischerweise am Fahrgestell eines Fahrzeugs eingesetzt wird, weist im Wesentlichen längliche Gestalt auf und besitzt längliche Bereiche, die in der Querschnittsbildung und/oder -größe variieren.

[0004] Einige dieser Bauteile können aus rohrförmigem Ausgangsmaterial mit konstanter Querschnittsgestalt und -größe über ihre Länge hergestellt werden, wobei das Ausgangsrohr einem Umformprozess, wie beispielsweise Hydroformen, unterzogen wird, um die Gestalt und Größe des Ausgangsmaterials an festgelegten Stellen seiner Länge zu verändern.

[0005] Der Umformprozess kann verschiedene separate Verformungsstufen umfassen, bevor schließlich das fertige Bauteil entsteht. Jede solche Umformstufe erhöht die Gesamtkosten der Herstellung des Bauteils und verlangsamt den gesamten Herstellprozess. Es ist auch möglich, dass bei jeder Umformstufe Schwachstellen in dem verformten Material entstehen.

[0006] Bei der Anwendung des Hydroformens, insbesondere bei niedrigen Temperaturen, ist der Betrag, um den ein rohrförmiges Bauteil aufgeweitet werden kann, relativ begrenzt. Es ist bekannt, das Ausgangsrohr aus separaten relativ kleinen und langen rohrförmigen Bereichen zu produzieren, die vor dem Umformprozess miteinander verbunden werden, wenn das endgültige Bauteil Längenbereiche relativ großer Differenzen in der Querschnittsgestaltung aufweist.

[0007] Die DE 22 01 822 beschreibt ein Verfahren zur Verbindung von Metallrohren, insbesondere aus Stahl, bei dem jedes Rohrende durch konisch-zylindrische Aufweitung so kaltverformt wird, dass es zu einem entsprechenden anderen Rohrende passt. Die konisch-zylindrische Aufweitung wird mit einem Aufweitdorn herbeigeführt, der einen konischen Bereich mit einer maximalen Konizität von 20° aufweist und in zwei zylindrische Bereiche ausläuft.

[0008] Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist einen hydraulisch betriebenen Aufweitdorn, hydraulisch abgestützte Befestigungselemente und Steuermittel zum Einstellen des zu behandelnden Rohres und zum Abstimmen der Bewegungen der Befestigungsmittel und des Aufweitdorns auf.

[0009] Ein generelles Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein relativ simples Verfahren zum Aufweiten eines Ausgangsrohres bereitzustellen, um ein verformtes rohrförmiges Bauteil zu erzielen, welches integral verbundene längliche Abschnitte mit relativ kleinen und relativ großen Querschnittsdimensionen aufweist, wobei der verformte Rohrabschnitt ein Zwischenergebnis für nachfolgende Verformprozesse darstellt oder bereits ein fertiges rohrförmiges Bauteil bildet.

[0010] Nach der vorliegenden Erfindung geht es um ein Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils mit einem ersten länglichen Abschnitt, der mit einem zweiten länglichen Abschnitt eine integrale Einheit bildet, aus einem länglichen Rohr aus Stahl, wobei der zweite Abschnitt am Ende des Rohres platziert, mit der gewünschten Querschnittsgestalt und Größe ausgebildet und die Querschnittsgröße des zweiten Abschnitts größer als die des ersten Abschnitts bemessen ist, indem ein Aufweitdorn mit einer dem zweiten Abschnitt entsprechenden Querschnittsgestalt und Größe ausgewählt wird und das Ende des Rohres zur Formgebung des zweiten Abschnitts in axialer Richtung relativ über den Aufweitdorn geschoben wird, und das sich dadurch kennzeichnet, dass die Auswahl der Größe des Aufweitdorns, die Schieberate und der Axialdruck auf das Rohr so gesteuert werden, dass die Wanddicke (d_2) des zweiten Abschnitts im Durchschnitt mindestens 70% der durchschnittlichen Wanddicke (d_1) des ersten Abschnittes beträgt, und dass die Steuerung des Aufschiebens des Rohres und die Auswahl der Größe des Aufweitdorns so durchgeführt wird, dass der Materialfluss in dem

den zweiten Abschnitt bildenden Rohr in axialer Richtung des Rohres eine neutrale oder negative Spannung und in Umfangsrichtung des Rohres eine neutrale oder positive Spannung hervorruft.

[0011] Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

[0012] **Fig. 1** zeigt eine schematische perspektivische Endansicht eines rohrförmigen Bauteils nach dem Verfahren der vorliegenden Erfindung;

[0013] **Fig. 2** ist ein Querschnitt durch das Bauteil in **Fig. 1** nach der Linie II-II;

[0014] **Fig. 3a–3c** sind schematische Darstellungen des Verformungsprozesses nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0015] **Fig. 4** ist eine diagrammartige Verdeutlichung zur Darstellung des Materialflusses während des Verformens;

[0016] **Fig. 5** ist eine computergestützte Darstellung eines Bauteils, welches nach dem Verfahren in einer ersten Ausführungsform hergestellt wurde;

[0017] **Fig. 6** ist eine Endansicht, ähnlich **Fig. 2**, mit der Darstellung einer modifizierten Umformstufe;

[0018] **Fig. 7** ist eine schematische Seitenansicht eines zusammengesetzten rohrförmigen Bauteils nach der vorliegenden Erfindung;

[0019] **Fig. 8** ist eine perspektivische Endansicht des Bauteils der **Fig. 1** mit Detaildarstellung, und zwar eingebaut an einem Fahrzeug.

[0020] In den **Fig. 1** und **2** ist ein rohrförmiges strukturelles Bauelement **15**, hergestellt nach dem Verfahren der vorliegenden Vorrichtung gezeigt, welches in einem zweistufigen Prozess, wie er in den **Fig. 3a** bis **3c** dargestellt ist, umgeformt wurde.

[0021] Das rohrförmige Bauteil **15** nach dem vorliegenden Verfahren weist einen ersten länglichen Abschnitt **18** auf, der integral mit einem zweiten länglichen Abschnitt **19** verbunden ist. Die Querschnittsabmessungen des zweiten länglichen Abschnitts **19** sind größer als die des ersten länglichen Abschnittes **18**.

[0022] Wie in **Fig. 3** dargestellt ist das rohrförmige Bauteil **15** aus einem Ausgangsrohr **20** erstellt, welches vorzugsweise eine konstante Querschnittsgestalt und -größe über seine Länge aufweist. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist eines der Enden des Rohres **20** einer Folge von Umformschritten (**Fig. 3a, 3b**) unterworfen, um den zweiten Abschnitt zu schaffen; der erste Abschnitt **18** weist vorzugsweise eine Länge des Ausgangsrohres auf, welches an den Umformschritten nicht teilnimmt.

[0023] Die Umformung im ersten Schritt (**Fig. 3a**) umfasst eine kraftmäßige Beaufschlagung des Endabschnittes **21** (mit der Länge l_1) des Ausgangsrohres **20** in axialer Richtung über einen Aufweitdorn **25**. Dies wird typischerweise so durchgeführt, dass das Rohr **20** ergriffen und in axialer Richtung über den stillstehenden Aufweitdorn geschoben wird. Es ist verständlich, dass alternativ auch das Rohr festgehalten werden kann, wobei dann der Aufweitdorn axial in das Rohr eingetrieben wird.

[0024] Hierdurch wird ein vergrößerter Endbereich **28** mit der Länge l_2 geschaffen. Der Endbereich **28**, wie in **Fig. 2** dargestellt, ist in bekannter Weise so geformt, dass er kreisförmigen Querschnitt aufweist.

[0025] Der aufgeweitete Endbereich **28** wird sodann axial über einen zweiten größeren Aufweitdorn **29** geschoben, um so den gewünschten zweiten länglichen Abschnitt **19** zu erzeugen; damit ergibt sich die axiale Länge zu l_3 .

[0026] Die Querschnittsgrößen der Aufweitdorne **25, 29** werden so ausgewählt, dass die Fließfähigkeit des Materials beachtet wird, aus dem das Rohr **20** geformt wird.

[0027] Diese Größen werden so ausgewählt, dass das Material bei seinem Aufweiten über den Aufweitdorn **25, 29** nicht solchen Formänderungskräften ausgesetzt wird, die über die Fließfestigkeit hinausgehen.

[0028] Zusätzlich wird die Axialkraft, die bei jeder Umformstufe das Rohr über den Aufweitdornen **25, 29** belastet, und auch die Schieberate über jeden Aufweitdorn **25, 29** so gewählt, dass während der Materialumformung die Formänderung in axialer Richtung des Rohres (kleine Hauptformänderung in **Fig. 5**) und die Formänderung in Umfangsrichtung des Rohres (große Hauptformänderung in **Fig. 5**) so gesteuert werden, dass die Dicke des Rohres nach dem Umformen im Wesentlichen die gleiche ist wie vor dem Umformen. Wie in **Fig. 5** dargestellt, wird dies durch Steuerung der kleinen Hauptformänderung erreicht, die vorzugsweise neutral oder negativ gehalten wird, während die große Hauptformänderung neutral oder positiv ist.

[0029] Die Messung der großen und der kleinen Hauptformänderung wird anhand von **Fig. 4** erläutert. Es sind hier Markierungskreise **30** bekannter Durchmesser an den betreffenden Stellen des Rohres **20** vor der Umformung aufgebracht. Diese Markierungskreise werden nach der Umformung ausgemessen und zeigen die jeweilige Verformung an. In **Fig. 4** ist der Kreis **30** so verformt, dass er die Form einer Ellipse **31** einnimmt.

[0030] Die Verformung wird in der kleinen Achse (axiale Erstreckung des Rohres) und in der großen Achse (Ufangsrichtung des Rohres) für jeden Kreis **30** ausgewertet.

[0031] Entsprechend der Darstellung der **Fig. 4** ist das Maß S_1 der Ellipse in der kleinen Achse geringer als der Durchmesser D , so dass dies eine negative Formänderung anzeigt, während umgekehrt die Größe S_2 an der Ellipse in der großen Achse größer ist als der Durchmesser D und damit eine positive Formänderung anzeigt.

[0032] Die typische Veränderung der gemessenen Werte (als Verformanalyse bezeichnet) ist in **Fig. 5** grafisch dargestellt. Die verschiedenen Verformungswerte für verschiedene Bereiche des rohrförmigen Bauteils **15** gemäß **Fig. 1** sind angegeben.

[0033] Die Fließfestigkeit des Materials ist in der grafischen Darstellung der **Fig. 5** angegeben, um zu demonstrieren, dass die Formänderungswerte im Wesentlichen unterhalb (vorzugsweise mehr als 50%) der Fließfestigkeit des Materials gehalten werden.

[0034] Durch die Steuerung der Auswahl der Größe der Aufweitdorne **25, 29**, der auf das Rohr einwirkenden Axialkraft beim Aufschieben über die Aufweitdorne und die Schieberate des Rohres ist es möglich, den Materialfluss während des Verformprozesses zu steuern, um die gewünschte neutrale/negative Formänderung in der kleinen Richtung kombiniert mit der gewünschten Formänderung in der großen Richtung zu erreichen.

[0035] Gemäß dieser Steuerung hat das Material das Bestreben, in axialer Richtung auf das Rohr (unter entsprechender Druckkraft) zu fließen und so die Wanddicke des Rohres zu vergrößern. Zur gleichen Zeit fließt das Material aber auch in Umfangsrichtung des Rohres (unter Einwirkung einer Zugkraft), so dass hier die Tendenz in Richtung einer Verringerung der Wanddicke des Rohres geht. Der Grad der Steuerung wird so eingestellt, dass die resultierende Wanddicke des zweiten Abschnitts **19** im Wesentlichen gleich bleibt zu der des ersten Abschnitts **18**. Auf diesem Wege behält das rohrförmige Bauteil über seine Länge gleiche Festigkeit und kann somit die Funktion eines lastaufnehmenden strukturalen Elementes erfüllen.

[0036] Vorzugsweise wird die Verfahrenssteuerung so durchgeführt, dass eine durchschnittliche Wanddicke d_2 des zweiten Abschnitts **19** resultiert, die mindestens 70% der durchschnittlichen Wanddicke d_1 des ersten Abschnitts **18** beträgt; noch besser ist eine Gestaltung, bei der d_2 mindestens 80% von d_1 ausmacht.

[0037] Infolge des Fließens des Materials unter Druck in axialer Richtung werden die Längenverhältnisse $l_1 > l_2 > l_3$ experimentell festgestellt.

[0038] In dem Ausführungsbeispiel, wie es in den **Fig. 3a bis 3c** dargestellt ist, werden nacheinander zwei Umformschritte angewendet. Es ist jedoch leicht verständlich, dass auch mehr als zwei aufeinander folgende Umformschritte angewendet werden können, wenn dies gewünscht wird.

[0039] Es hat sich gezeigt, dass in den Fällen, in denen die Querschnittsgestalt des verformten Abschnittes nicht kreisrund ist, beispielsweise wenn flache Abschnitte, die durch Ecken verbunden sind, vorgesehen sind (z. B. die polygonale Gestalt des Abschnitts **19** in **Fig. 2**), dann besteht eine Tendenz, dass die Wanddicke der flachen Bereiche größer bleibt als in den Eckbereichen.

[0040] Dies wird anhand der **Fig. 2** und der nachfolgenden Wertetabelle verdeutlicht, in der die Wanddicken (in mm) relativ zur Ausgangsdicke (t) im Abschnitt **19** an den Stellen A bis P angegeben ist. Die Ausgangs-

wanddicke (t) des Rohres **20**, aus dem der Abschnitt **19** umgeformt wird, betrug etwa 2 mm.

Stelle	Wanddicke
A	t-0,12
B	t-0,16
C	t-0,21
D	t-0,14
E	t-0,09
F	t-0,12
G	t-0,21
H	t-0,30
I	t-0,10
J	t-0,30
K	t-0,25
L	t-0,42
M	t-0,14
N	t-0,20
O	t-0,19
P	t-0,17

[0041] Wie schematisch in **Fig. 6** dargestellt, ist beabsichtigt, den vergrößerten Abschnitt **28** mit polygonalem Umriss mit flachen Bereichen **50** zu gestalten, und zwar in Zuordnung zu Ecken in den zweiten Abschnitten **19**. Dies ergibt eine zusätzliche Verstärkung der Wanddicke in diesen Bereichen, wenn diese über einen Aufweitdorn **29** geführt werden, und wirkt daher der erwarteten Wanddickenverringerung an den Ecken des Abschnittes **19** entgegen.

[0042] Es ist beabsichtigt, dass der zweite Abschnitt **18** nachfolgend durch andere Gestaltungsprozesse verformt wird, beispielsweise durch Hydroforming.

[0043] Die Materialtype und die Wanddicke des Rohres **20** wird unter Beachtung der Festigkeit und der Gebrauchserfordernisse des herzustellenden Bauteils ausgewählt. Für die Verwendung an Fahrzeugaufbauten erscheint Stahl, wie HSLA-Stahl oder Kohlenstoff/Mangan-Stahl geeignet.

[0044] Die Herstellung des Ausgangsrohres **20** erfolgt durch Kaltziehen oder durch Rollen oder durch Nahtschweißen.

[0045] Es ist auch möglich, dass zwei rohrförmige Bauteile **15** endseits miteinander verbunden werden, um ein zusammengesetztes rohrförmiges Bauteil **40** (Fig. 7) zu bilden, welches einen vergrößerten Abschnitt **42** im Mittelbereich aufweist.

[0046] Die zwei rohrförmigen Bauteile **15** werden durch eine Verbindung **43** aneinandergesetzt, die in jeder bekannten Weise erzeugt werden kann, beispielsweise durch stumpfes Aneinanderfügen, wobei die Enden geklebt oder geschweißt werden können.

[0047] In Fig. 8 ist ein Beispiel eines speziellen rohrförmigen Bauteils **100** nach der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0048] Das rohrförmige Bauteil **100** weist einen Querträger in einer Fahrzeugkarosserie auf, auf der ein Lenkrad **120** mit Haltern **121** befestigt ist.

[0049] Das Bauteil **100** besitzt einen vergrößerten Abschnitt **19** am einen Ende, der über Anschlussstücke **125** mit dem einen Bereich des Fahrzeugs verbunden ist. Der andere Teil des Bauteils **100** weist einen ersten Abschnitt **18** auf, der kreisförmigen Querschnitt konstanter Größe über seine Länge besitzt. Dies führt dazu, dass das Bauteil **100** sich quer über den Fahrzeugaufbau erstreckt und ein Minimum von Bauraum einnimmt. Das freie Ende des ersten Abschnittes **18** ist mit Anschlussmitteln **126** für die Anbringung an der anderen Seite des Fahrzeugs versehen.

[0050] In dem in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Abschnitt **18** kreisrund. Er besitzt einen äußeren Durchmesser von etwa 60 mm mit einer Wanddicke von etwa 2 mm. Das Material ist vorzugsweise HS-LA-Stahl. Die Querschnittsgestalt des Abschnittes **19** ist ähnlich derjenigen, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist.

[0051] Etwa auf der halben Erstreckung an dem rohrförmigen Bauteil **100** ist ein Befestigungsrahmen vorgesehen. Das obere Ende des Befestigungsrahmens **150** ist an einer Trennwand (nicht dargestellt) des Fahrzeugkörpers befestigt. Sein unteres Ende ist mit dem Getriebetunnel (nicht dargestellt) des Fahrzeugkörpers verbunden. Das Bauteil **100** ist mit dem Rahmen **150** fest verbunden, beispielsweise durch Schweißen.

[0052] Der zweite Abschnitt **19** des Bauteils **100** ist mit der einen Seite des Fahrzeugkörpers und dem Rahmen **150** fest verbunden.

[0053] Die Konstruktion von Querträgern für die Unterbringung von Lenkrädern hat auch funktional Auswirkung auf die Vibrationsgeräuschkämpfung des Lenkrades. Diese Eigenschaft ist für die Konstruktion von Fahrzeugaufbauten wichtig, weil es das Lenkgefühl beeinflusst, so z. B. die Vibrationen des Lenkrades, die unter bestimmten Umständen, beispielsweise im Leerlauf des Motors oder bei gewissen Geschwindigkeiten des Fahrzeuges merkbar sind.

[0054] Um solche Vibrationen auf ein Minimum zu reduzieren, ist es wünschenswert, dass der Querträger einen Geräuschkämpfungseffekt aufweist, so dass Vibrationsfrequenzen (f) des Lenkrades sich oberhalb eines Frequenzwertes, typischerweise 30–40 Hz, bewegen.

[0055] Es ist erkennbar, dass es einen relativ kostengünstigen Weg darstellt, entweder die Querschnittsgestalt/Dimension des zweiten Abschnittes **19** durch entsprechende Auswahl eines Aufweitdorns oder durch Änderung der Wanddicke in dem zweiten Abschnitt **19** durch entsprechende Wahl der Wanddicke des Ausgangsrohres **20** festzulegen, weil das Bauteil **100** nach dem Verfahren der vorliegenden Erfindung aus einem Ausgangsrohr **20** gebildet und durch entsprechend geformte Aufweitdorne geformt wird. Demzufolge stellt es einen relativ einfachen Weg dar, die Strukturen des Bauteils **100** abzustimmen, um die Geräuschkämpfungseigenschaften zu verbessern.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils (**15**) mit einem ersten länglichen Abschnitt (**18**), der mit einem zweiten länglichen Abschnitt (**19**) eine integrale Einheit bildet, aus einem länglichen Rohr (**20**) aus Stahl, wobei der zweite Abschnitt (**19**) am Ende (**21**) des Rohres (**20**) platziert, mit der gewünschten Querschnittsgestalt und Größe ausgebildet und die Querschnittsgröße des zweiten Abschnittes (**19**) größer als

die des ersten Abschnitts bemessen ist, indem ein Aufweitdorn (25, 29) mit einer dem zweiten Abschnitt (19) entsprechenden Querschnittsgestalt und Größe ausgewählt wird und das Ende (21) des Rohres (20) zur Formgebung des zweiten Abschnitts (19) in axialer Richtung relativ über den Aufweitdorn (25, 29) geschoben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahl der Größe des Aufweitdorns (25, 29), die Schieberate und der Axialdruck auf das Rohr (20) so gesteuert werden, dass die Wanddicke (d_2) des zweiten Abschnitts (19) im Durchschnitt mindestens 70% der durchschnittlichen Wanddicke (d_1) des ersten Abschnittes (18) beträgt, und dass die Steuerung des Aufschiebens des Rohres (20) und die Auswahl der Größe des Aufweitdorns (25, 29) so durchgeführt wird, dass der Materialfluss in dem den zweiten Abschnitt (19) bildenden Rohr (20) in axialer Richtung des Rohres (20) eine neutrale oder negative Spannung und in Umfangsrichtung des Rohres (20) eine neutrale oder positive Spannung hervorruft.

2. Ein Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung des Aufschiebens des Rohres (20) und die Auswahl der Größe des Aufweitdorns (25, 29) so durchgeführt wird, dass die Wanddicke des zweiten Abschnitts (19) im Durchschnitt mindestens 80% der durchschnittlichen Wanddicke des ersten Abschnittes (18) beträgt.

3. Ein Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungswerte kleiner als 50% der Fließfestigkeit des Ausgangsmaterials des Rohres (20) sind.

4. Ein Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite längliche Abschnitt (19) durch aufeinanderfolgendes relatives axiales Aufschieben des Endes (21) über mehrere Aufweitdorne (25, 29) mit unterschiedlicher Gestalt gebildet wird.

5. Ein Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite längliche Abschnitt (19) polygonale Gestalt mit ebenen durch Ecken verbundenen Bereichen aufweist, und dass ein Zwischenaufweitdorn unmittelbar vor dem Aufweitdorn für die Formgebung der polygonalen Gestalt des zweiten Abschnitts eingesetzt wird, wobei der Zwischenaufweitdorn eine polygonale Gestalt mit flachen Bereichen (50) formt, die dort angeordnet sind, wo die Ecken des zweiten Abschnitts (19) vorgesehen sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

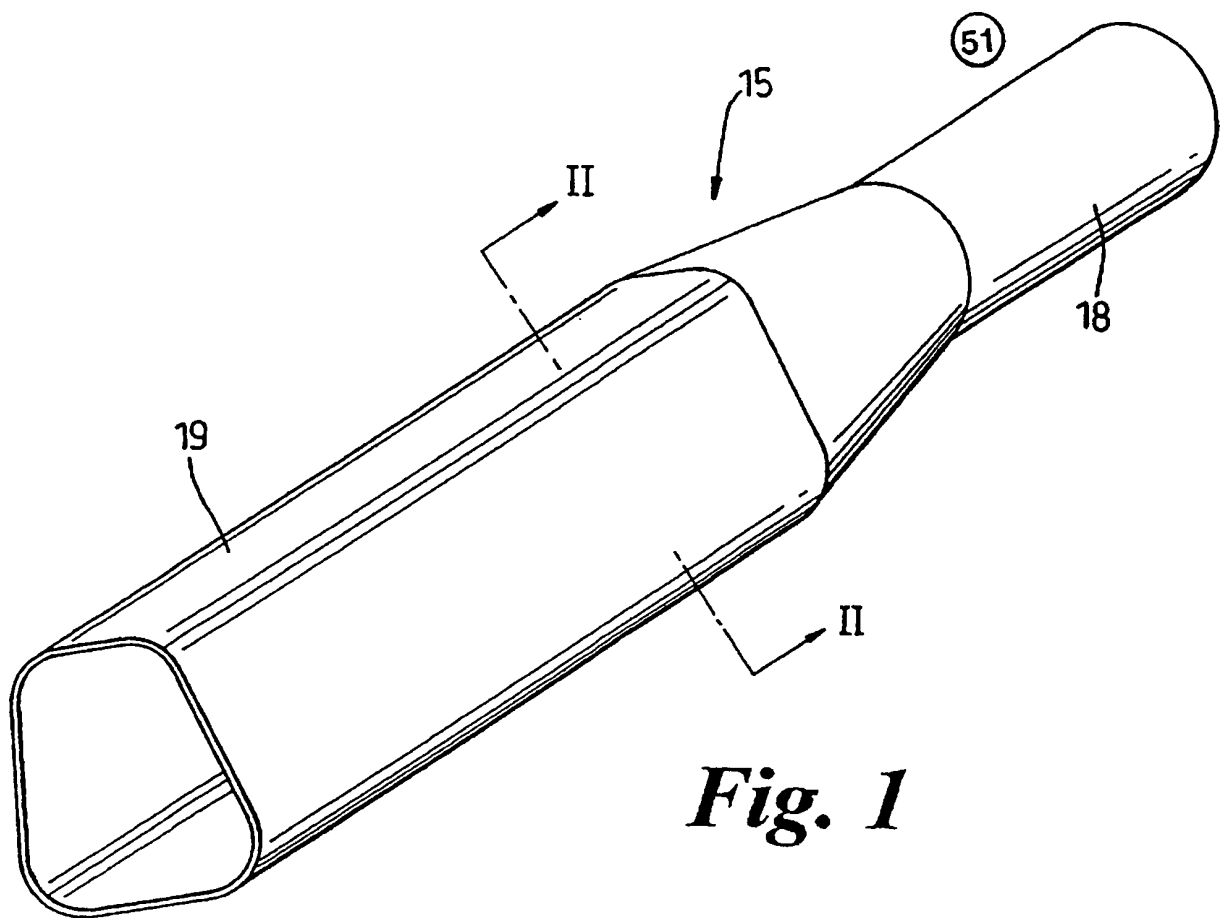


Fig. 1

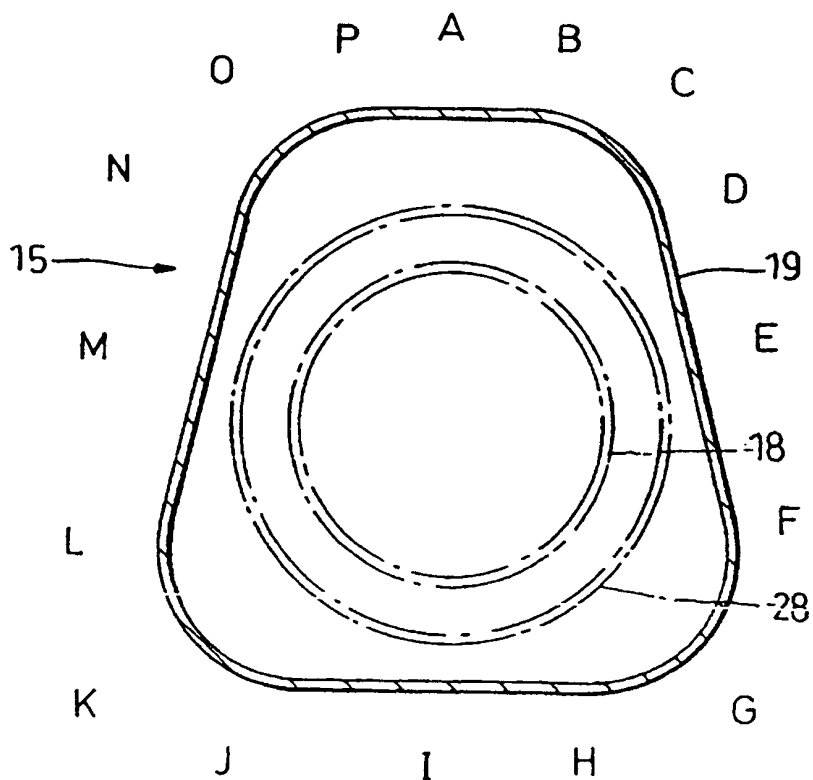


Fig. 2

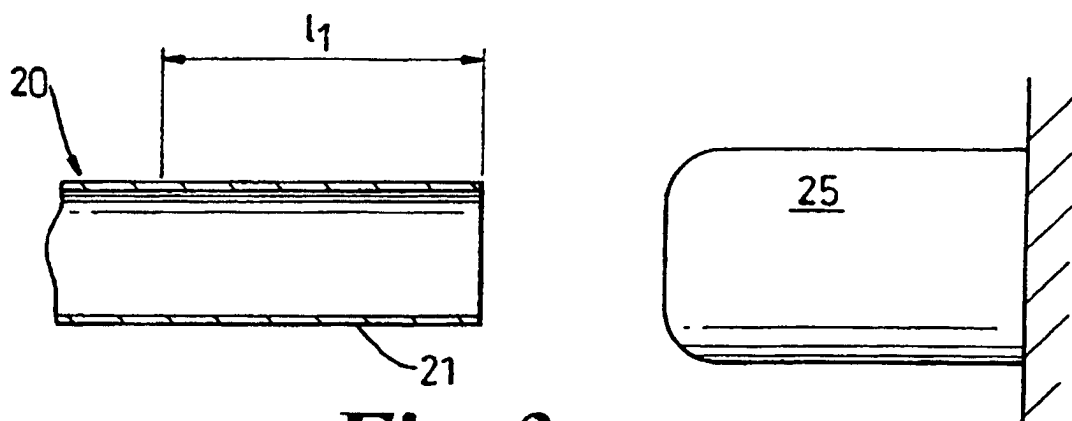


Fig. 3a

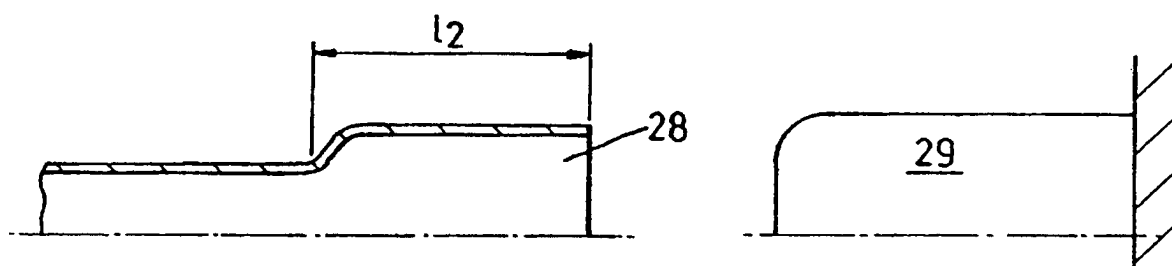


Fig. 3b

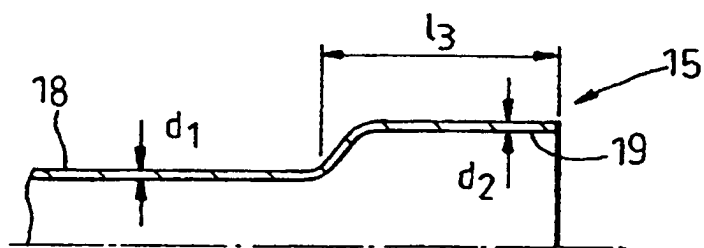


Fig. 3c

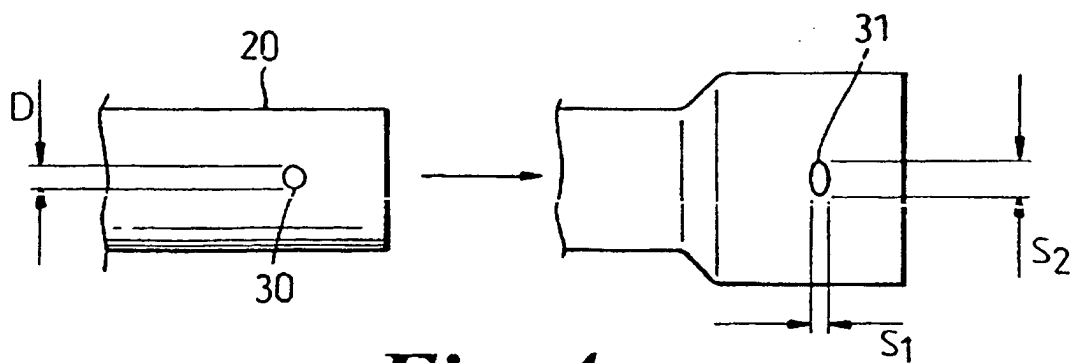


Fig. 4

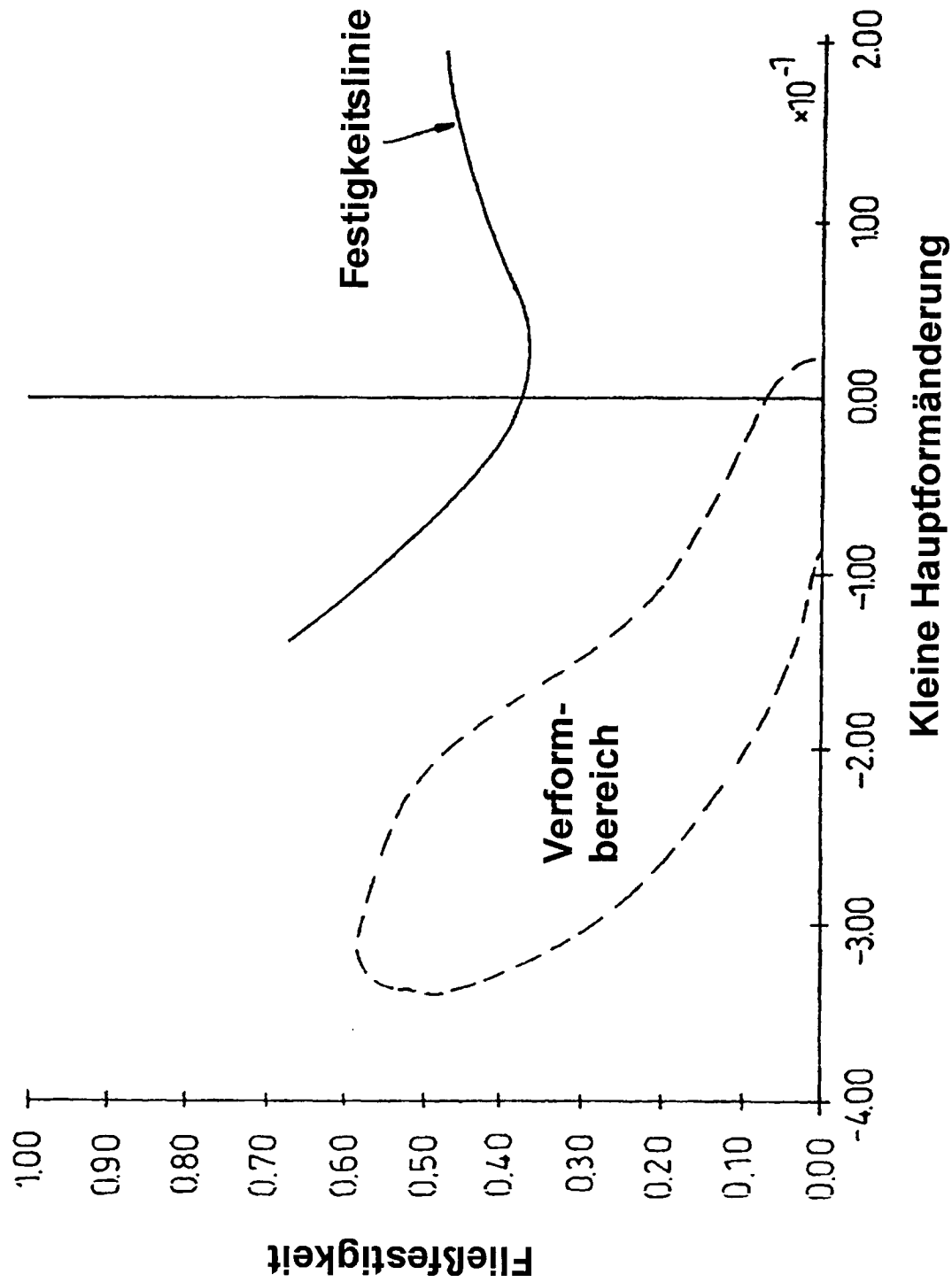


Fig. 5

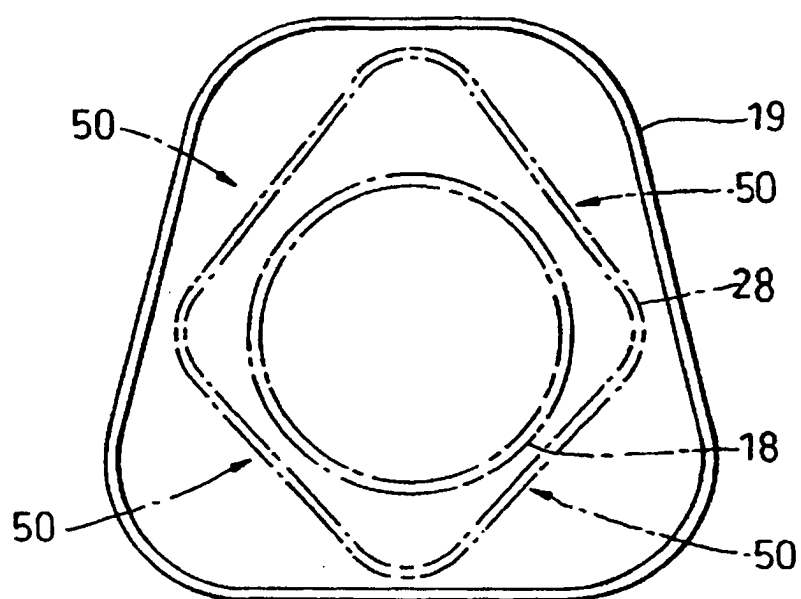


Fig. 6

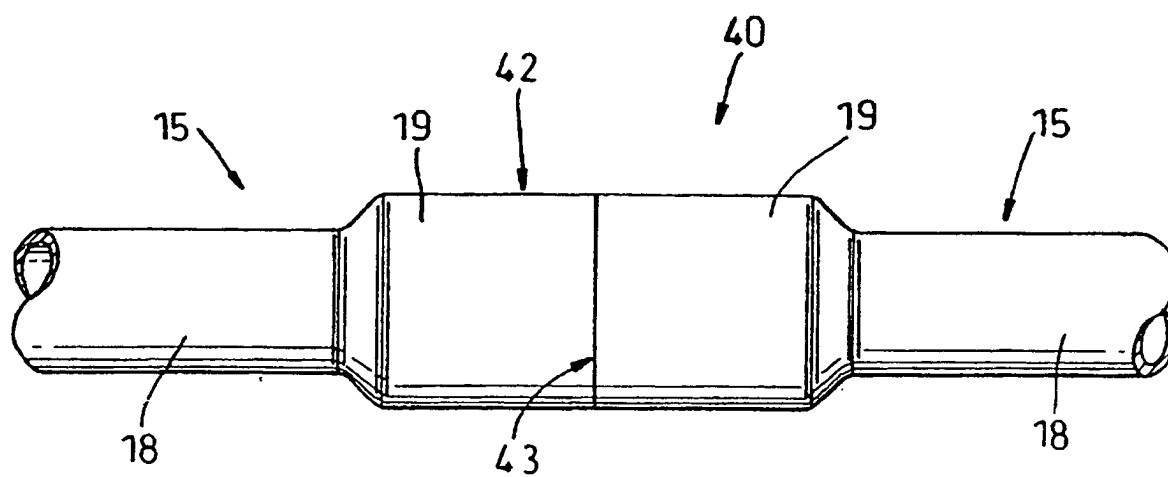


Fig. 7

