



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 184 102 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.03.2002 Patentblatt 2002/10

(51) Int Cl.7: **B21D 37/02**

(21) Anmeldenummer: **01120668.7**

(22) Anmeldetag: **31.08.2001**

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

(72) Erfinder:
• **Streuber, Fritz Michael**
32120 Hiddenhausen (DE)
• **Tackenberg, Axel**
32429 Minden (DE)

(30) Priorität: **01.09.2000 DE 10043209**

(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx**
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(71) Anmelder: **ESC GmbH & Co.KG Extended
Structured Composites**
32051 Herford (DE)

(54) Flexibles Werkzeug zur Umformung eines Werkstücks

(57) Die Erfindung betrifft ein flexibles Werkzeug zur Bildung einer Anlagefläche für ein Werkstück bei einer Umformung des Werkstücks. Das Werkzeug umfasst:

ein Werkzeuggestell (4),
ein erstes Formelement (11), das einen Teil der Anlagefläche bildet,
und ein zweites Formelement (11), das einen zweiten Teil der Anlagefläche bildet und relativ zu dem

ersten Formelement (11) axial, nämlich in eine Richtung senkrecht zur Anlagefläche, bewegbar in dem Werkzeuggestell (4) gelagert ist.

Bei einem als Matrize ausgebildeten Werkzeug ist das zweite Formelement (11) axial nachgiebig derart gelagert, dass es bei der Umformung aus einer Ausgangsstellung bis in eine feste Endstellung gegen eine Widerstandskraft (D; Dn) axial bewegbar ist.

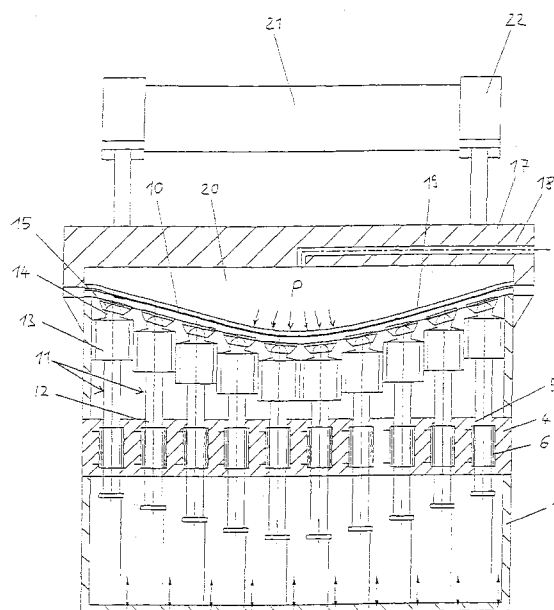


Fig. 2

EP 1 184 102 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Umformung von Werkstücken mit Hilfe eines flexiblen Werkzeugs.

[0002] Aus "Bänder Bleche Rohre", 12-1991, S. 33-37, ist eine Umformvorrichtung zum Tiefziehen mit einem flexiblen Tiefziehstempel bekannt. Das Werkzeug besteht aus einer Matrix von mehreren einzeln verstellbaren Stabelementen, die zusammen die Form des Tiefziehstempels bilden. Die Einstellung der Stabelemente erfolgt außerhalb der Umformvorrichtung in einer Einstellvorrichtung. Der Stempel wird auf die gewünschte Endform eingestellt und für das Umformen von Werkstücken wieder in die Umformvorrichtung eingebaut. Die DE 44 17 460 A1 schlägt vor, den flexiblen Stempel als flexible Matrize für die Umformung mit einem Druckmedium zu verwenden. Bei der Umformung bildet sich zunächst eine freie Umformzone aus, und das Werkstück legt sich im Laufe des Umformprozesses an die Matrize an. Durch eine geeignete, nicht näher spezifizierte Verfahrensbewegung der Matrize soll der Umformprozess positiv beeinflusst werden.

[0003] Zum Streckziehen ist ein flexibler Streckziehstempel aus der WO 96/17697 bekannt. Der Stempel wird durch eine Vielzahl von Stempелеlementen gebildet, die zu einer Matrix zusammengefasst sind. Die Endform des Stempels wird durch Verstellung der Stempелеlemente in der Streckziehvorrichtung gebildet.

[0004] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, durch Umformung eines Werkstücks auch komplexe Werkstückformen präzise herstellen zu können.

[0005] Die Erfindung betrifft das Umformen von Werkstücken durch Andrücken bzw. Anlegen an eine Form und/oder Andrücken einer Form gegen das Werkstück. Wird das Werkstück für das Umformen mittels einer gegen die Form gerichteten Kraft an die Form gedrückt, beispielsweise bei einem Tiefziehen, so bildet eine Matrize die Form. Wird die Umformkraft durch Ausfahren der Form gegen das Werkstück von der Form aufgebracht, wie beispielsweise bei einem Streckziehen, so bildet ein Stempel die Form. Soweit im folgenden der Begriff "Werkzeug" verwendet wird, soll mit diesem Begriff sowohl eine Matrize als auch ein Stempel umfasst sein.

[0006] Bei dem Werkstück handelt es sich vorzugsweise um ein vor der Umformung flächenhaftes, bevorzugt ebenes Werkstück, beispielsweise eine dünne Platte, ein Blech oder ein ähnliches Halbzeug. Das Werkzeug bildet eine Anlagefläche für das Werkstück. Es weist ein Gestell und mindestens zwei Formelemente auf, die je einen Teil der Anlagefläche bilden. Wenigstens ein Formelement der mindestens zwei Formelemente ist relativ zu dem anderen Formelement der mindestens zwei Formelemente axial bewegbar in dem Gestell gelagert, so dass die durch die Formelemente gebildete Anlagefläche verändert werden kann. In diesem Sinne handelt es sich bei dem Werkzeug um ein flexibles Werkzeug. "Axial" ist im Sinne der Erfindung jede

Richtung, die in Bezug auf eine dem Werkzeug zugewandte Werkstückunterseite eine senkrechte Richtungskomponente aufweist. Vorzugsweise ist das Formelement geradverfahrbar gelagert. Die Formelemente einer erfindungsgemäßen Matrize werden im folgenden auch Matrizelemente genannt. Entsprechend werden die Formelemente eines erfindungsgemäßen Stempels im folgenden auch als Stempелеlemente bezeichnet.

[0007] Nach der Erfindung ist das axial bewegbare Matrizelement axial nachgiebig gelagert. Das Matrizelement wird bei Einwirkung einer auf die Anlagefläche des Matrizelements wirkenden Kraft axial gegen eine Widerstandskraft verfahren und ist in diesem Sinne nachgiebig gelagert. Bei der Lagerung des wenigstens einen bewegbaren Matrizelements handelt es sich vorzugsweise um eine Gleitlagerung. Das Werkstück kann während des gesamten Umformvorgangs oder zumindest während eines Teils des Umformvorgangs permanent gegen solch ein allmählich nachgebendes Matrizelement gedrückt und in permanenter Anlage bis in die gewünschte Endform umgeformt werden. Hierdurch kann der Materialfluss im Werkstück genau kontrolliert werden. Auch dreidimensional gewölbte Formen können präziser hergestellt werden. Ein Tiefziehen, ein besonders bevorzugter Umformvorgang, oder auch ein Tiefen kann in mehreren Stufen erfolgen. Ebenso können die verfahrbaren Matrizelemente oder das wenigstens eine verfahrbare Matrizelement während des gesamten Umformvorgangs kontinuierlich verfahren werden. Vorteilhafterweise wird das Werkstück während des gesamten Umformprozesses vollflächig unterstützt. Reißen im umgeformten Werkstück werden sicherer vermieden. Die vorstehend genannten Vorteile können grundsätzlich durch den erfindungsgemäß flexiblen Stempel auch bei einem Streckziehen erhalten werden.

[0008] Die Widerstandskraft im Falle einer Matrize ist bevorzugt eine Fluiddämpfungskraft. Die Dämpfungskraft kann durch Verdrängung eines inkompressiblen Fluids, d.h. einer Hydraulikflüssigkeit, oder eines kompressiblen Fluids, beispielsweise Luft, erzeugt werden. Auch eine Federkraft kann die Widerstandskraft allein oder in Kombination mit einer Dämpfungskraft bilden. Bei Verwendung eines kompressiblen Fluids als Dämpfungsfluid handelt es sich von Hause aus um eine Federdämpfungskraft. In bevorzugten Ausführungen wird die Widerstandskraft allerdings allein durch eine zu verdrängende Hydraulikflüssigkeit erzeugt. Grundsätzlich kann das Nachgeben aber auch allein gegen einen mechanischen Reibungswiderstand erfolgen. Ebenso wird ein motorisches Verfahren mit motorisch vorgegebener Verfahrensgeschwindigkeit noch als ein Nachgeben angesehen, obgleich dies nicht bevorzugten Ausführungen entspricht.

[0009] Obgleich bereits eine Matrize mit nur zwei Matrizelementen, wovon wenigstens eines erfindungsgemäß ausgebildet ist, mit Vorteil bei beispielsweise einem Tiefziehen oder Tiefen oder auch nur einem Biegen

des Werkstücks eingesetzt werden kann, weist die Matrize vorzugsweise eine Mehrzahl von Matrizenelementen auf, die wie bei den bekannten Stempeln zu einer Matrix zusammengefasst sind, aber je individuell in dem Matrizengestell gegen je eine Widerstandskraft oder eine für alle oder mehrere der Matrizenelemente gleiche Widerstandskraft nachgiebig gelagert sind. Die Widerstandskraft ist vorzugsweise für jedes einzelne der Matrizenelemente individuell veränderbar.

[0010] Das Werkstück kann mittels eines Stempels an die Matrize gedrückt werden. Vorzugsweise wird die Umformung jedoch durch ein Druckfluid, besonders bevorzugt durch eine unter Druck stehende Hydraulikflüssigkeit, bewirkt, mit der eine der Matrize abgewandte Werkstückoberseite beaufschlagt wird.

[0011] Die erfindungsgemäße Matrize kann in einer Weiterentwicklung zusätzlich als flexibler Stempel eingesetzt werden, um das Werkstück vorzurecken, insbesondere durch Streckziehen. Die Matrizenelemente werden hierbei zu Stempелеlementen. Vorzugsweise werden die Matrizenelemente mit dem darüber gespannten Werkstück aktiv individuell bis in die Endform des gebildeten Stempels ausgefahren und dabei das Werkstück vorgereckt. Nach Beendigung des Vorreckens wird das Werkstück durch Beaufschlagung der Werkstückoberseite mit einer Druckkraft umgeformt, wofür die Stempелеlemente auf Nachgiebigkeit umgeschaltet werden und wieder die erfindungsgemäße, bis in die Endform nachgiebige Matrize gebildet wird.

[0012] Handelt es sich bei dem Werkzeug um einen flexiblen Stempel, der relativ zueinander während der Umformung axial bewegbare Stempелеlemente aufweist, so wird das axial bewegbare Stempелеlement erfindungsgemäß durch Fluidruckbeaufschlagung ausgefahren. Ein vorzugsweise hydraulisch bewirktes Ausfahren, grundsätzlich aber auch ein pneumatisch bewirktes Ausfahren, weist gegenüber einem mechanischen oder elektrischen Antrieb den Vorteil auf, das größere Umformkräfte erzielbar sind und die Antriebskraft unmittelbar auf das jeweilige Stempелеlement aufgebracht werden kann und nicht erst über mechanische Übertragungsglieder, beispielsweise Zahnräder und Kupplungen. Bildet das flexible Werkzeug einen Stempel, so handelt es sich vorzugsweise um einen Stempel für eine Hydroumformung, bei der ein Gegendruck mittels einer Membrane oder ohne Membrane hydraulisch erzeugt wird.

[0013] Falls die Bewegungen der Formelemente, insbesondere die Bewegungen der Matrizenelemente, individuell oder durch Gruppenbildung abschnittsweise steuerbar sind, können an den Rändern des Werkzeugs angeordnete Formelemente die Funktion einer Einspanneinrichtung, d.h. die Funktion der üblicherweise verwendeten Niederhalter, übernehmen und das Werkstück fixieren. Dies kann dadurch erreicht werden, dass bei diesen Formelementen mit einer entsprechend hohen Widerstandskraft gearbeitet wird. Auf eine gesonderte Einspanneinrichtung kann verzichtet werden. Die

lokale Flächenpressung, die das Werkstück an den einzelnen Formelementen erfährt, kann aufgrund der Erfindung vorteilhafterweise aber nicht nur an den Rändern des Werkzeugs, sondern über die gesamte Anlagenfläche des Werkzeugs zur gezielten Steuerung des Materialflusses in dem Werkstück eingesetzt werden, indem die Widerstandskraft bei jedem der Matrizenelemente oder die Antriebskraft bei jedem der Stempелеlemente individuell oder gruppenweise unterschiedlich groß vorgegeben oder individuell bzw. gruppenweise kollektiv veränderbar ist.

[0014] Das erfindungsgemäße Werkzeug kann in Bezug auf seine Endform als einfaches Werkzeug ausgebildet sein, d.h. die Endform des Werkzeugs ist in diesem Falle nicht veränderbar. Flexibel ist das Werkzeug in dieser Ausführungsform nur in Bezug auf seine Nachgiebigkeit aus einer Ausgangsform in die nicht variierebare Endform. Die nicht variierebare Endform kann dadurch erhalten werden, dass die Formelemente axial auf Block gefahren werden, beispielsweise durch Ausbildung der Formelemente in unterschiedlichen Längen oder durch Einlegen von unterschiedlich dicken Zwischenstücken.

[0015] Vorzugsweise ist jedoch auch die Endform des Werkzeugs, d.h. die Endform der von dem Werkzeug gebildeten Anlagenfläche, veränderbar, um Formteile unterschiedlicher Gestalt herstellen zu können. Das erfindungsgemäße Werkzeug ist in diesem Sinne doppelt flexibel, nämlich zum einen durch die Nachgiebigkeit bis in eine Endform und zum anderen durch die Veränderbarkeit dieser Endform. Die Endform des Werkzeugs, d.h. die Endposition des Formelements oder die Endpositionen der mehreren erfindungsgemäß bei der Umformung bewegbaren Formelemente kann vorteilhafterweise in der Umformvorrichtung verändert werden. Hierzu wird die axiale Position von vorzugsweise jedem einzelnen Formelement über ein Wegmesssystem, zum Beispiel kapazitiv, magnetisch oder opto-elektronisch, ermittelt und über eine Steuerung mit einem vorgegebenen, individuellen Haltepunkt für jedes einzelne Formelement verglichen. Hat ein Formelement seinen vorgegebenen Haltepunkt erreicht, wird dieses Formelement durch ein Stellglied von der Steuerung festgesetzt. Ist die Widerstandskraft oder die Antriebskraft eine Fluidruckkraft, so kann das Stellglied durch ein steuerbares Ventil gebildet werden. Hierbei genügt es grundsätzlich, dass das steuerbare Ventil von Durchfluss auf Sperren und umgekehrt gesteuert werden kann. Vorteilhafterweise kann das steuerbare Ventil ein Stromregelventil sein, oder es kann zusätzlich zu einem Absperrventil ein Stromregelventil vorgesehen sein, um die Fluiddämpfungskraft verändern zu können.

[0016] Für das Festsetzen kann unabhängig von der Fluidruckkraft für die Dämpfung oder den Antrieb ein eigens hierfür vorgesehenes Stellglied pro Formelement vorgesehen sein. Vorteilhaft ist dies insbesondere, wenn die für die Formung erforderlichen Kräfte groß sind, um das Festsetzen sicher und genauer zu gewähr-

leisten. Ein Festsetzen des wenigstens einen bewegbaren Formelements wird in solchen Ausführungen der Erfindung vorzugsweise kraftschlüssig mittels einer Klemmhülse bewirkt, durch die das Formelement hindurchgeführt ist. Vorzugsweise wird jedes der axial bewegbaren Formelemente individuell mittels je wenigstens einer das betreffende Formelement umgebenden Klemmhülse in einer gewünschten Position in Bezug auf die Bewegungsrichtung des betreffenden Formelements kraftschlüssig festgesetzt. Die Klemmhülse weist einen radial nachgiebigen und in axialer Richtung vorzugsweise stabilen Hülsenmantel auf, welcher kraftbetätigt gegen das Formelement gedrückt wird. Vorzugsweise wird der Hülsenmantel über seine Außenfläche mit einer Hydraulikflüssigkeit druckbeaufschlagt und dadurch gegen das Formelement gedrückt. Die radiale Nachgiebigkeit wird vorzugsweise durch axiale Schwächungen in dem Hülsenmantel erreicht.

[0017] Die Größe der Widerstandskraft im Falle einer Matrize und der Antriebskraft im Falle eines Stempels ist vorzugsweise veränderbar, um die Verfahrensgeschwindigkeit des Formelements verändern zu können, beispielsweise in Abhängigkeit von den umzuformenden Werkstücken und/oder in Abhängigkeit von Umformgraden.

[0018] Die Widerstandskraft, gegen welche die Formelemente einer Matrize bei dem Nachgeben eingefahren und die Antriebskraft durch welche die Formelemente eines Stempels ausgefahren werden, kann für alle Formelemente gleich groß sein. Auch in diesem Falle ist das Werkstück bei der Umformung ständig an das wenigstens eine nachgebende oder ausfahrende Formelement oder vorzugsweise die mehreren nachgebenden oder ausfahrenden Formelemente angelegt und wird auf diese Weise durch flächige Unterstützung kontrolliert verformt.

[0019] Ist im Falle einer Matrize die Widerstandskraft eine Fluiddämpfungskraft, so kann eine besonders einfache Umformvorrichtung dadurch erhalten werden, dass die verfahrbaren Matrizenelemente bei der Umformung in ein mit Fluid gefülltes, gemeinsames Druckbehältnis hineingefahren werden und dabei das Fluid unter Erzeugung der Dämpfungskraft gegen einen Strömungswiderstand verdrängen. Der Strömungswiderstand kann ganz einfach durch Ausbildung eines Fluidauslasses mit einem bestimmten Durchflussquerschnitt, eine Blende oder einfache Drossel erhalten oder bevorzugter durch ein steuerbares Stromregelventil eingestellt werden. In einer Weiterentwicklung ist für jedes verfahrbare Matrizenelement je ein eigener mit Dämpfungsfluid gefüllter Zylinder vorgesehen, wobei die Dämpfungskraft wie vorstehend beschrieben für jeden dieser Zylinder individuell erzeugt wird. Sinngemäß gilt dies auch für die Erzeugung der durch eine Fluiddruckkraft gebildeten Antriebskraft im Falle der Ausbildung des flexiblen Werkzeugs als Stempel. Sind die Stempel je in einem individuellem Zylinder verfahrbar, so sind die individuellen Zylinder vorzugsweise über Fluidleitungen

an ein gemeinsames Fluidbehältnis angeschlossen. Solch ein gemeinsames Fluidbehältnis kann das gemeinsame Druckbehältnis bilden, in dem Sinne, dass in solch einem Falle in den Leitungen von den individuellen Zylindern zu dem gemeinsamen Druckbehältnis keine Ventile angeordnet werden müssten, sondern an einem Auslass des Druckbehältnisses lediglich ein Absperrventil oder ein absperbares Regelventil oder ein Absperrventil und ein Regelventil in Kombination angeordnet wäre bzw. wären. In weiterentwickelten Ausführungen ist jede der Verbindungsleitungen zwischen den individuellen Zylindern und dem Fluidbehältnis mit einem Absperrventil oder einem absperbaren Regelventil oder mit einem Absperrventil und einem Regelventil ausgestattet. Eine Variante ist die Ausstattung jeder der Verbindungsleitungen nur je mit einem Regelventil, während für alle Zylinder gemeinsam ein Absperrventil an beispielsweise einem Auslass des als Druckbehältnis ausgebildeten Fluidbehältnisses angeordnet wäre.

[0020] In bevorzugten Ausführungsformen sind Köpfe der Formelemente, mit denen die Formelemente gegen das Werkstück drücken, tangential in Bezug auf die gebildete Anlagefläche elastisch miteinander verbunden. Die Verbindung wird vorzugsweise durch eine elastische oder halbelastische Membran gebildet, mit der die Köpfe der Formelemente derart miteinander verbunden sind, dass dem Werkstück bei der Umformung stets eine sehr gleichmäßige, in allen Richtungen sich stetig verwölbende Anlagefläche geboten wird. Die Gleichmäßigkeit der elastischen Anlagefläche kann auch dadurch verbessert werden, dass die Anlagefläche zwischen den durch die Formelemente gebildeten Stützstellen gegen das Werkstück gerichtet mit einer Fluiddruckkraft, vorzugsweise einer hydraulischen Fluiddruckkraft, beaufschlagt und dadurch zusätzlich abgestützt wird. Die Bildung von Hohlräumen zwischen dem Werkstück und der Anlagefläche kann hierdurch minimiert oder gänzlich verhindert werden, falls dies gewünscht ist. Ferner kann verhindert werden, dass die Konturen der Stempelköpfe sich in das Werkstück einprägen können. Solch eine Ausgleichsmembran kann aus einem Kunststoff, einem Kunststoffschäum, einem Elastomer oder sogar aus Metall oder auch aus einem Verbund von mehreren der genannten Materialien bestehen.

[0021] Ein Fluidkissen bildet eine besonders bevorzugte Ausgleichsmembran. In diesem Falle bilden wenigstens zwei, in ihren Randbereichen kraftschlüssig oder/und stoffschlüssig verbundene Membranen zwischen sich einen Hohlraum, der mit einem Fluid gefüllt ist. Bei dem Fluid kann es sich um ein Gas oder bevorzugter um ein inkompressibles Fluid handeln. Im letzteren Fall ist die Ausgleichsmembran ein Hydrokissen. Die Fluidkammer des Fluidkissens kann ganz einfach mit Fluid unter einem bestimmten Druck vorgefüllt sein. Bevorzugter weist die Fluidkammer in einem Ein- und Auslass ein Absperrventil, beispielsweise ein einfaches Rückschlagventil, auf und kann über diesen Ein- und Auslass mit einem der jeweiligen Anwendung angepas-

sten Druck befüllt werden. Gegebenenfalls kann über solch einen Ein- und Auslass auch während der Durchführung der Werkstückformung der Druck im Fluidkissen noch gesteuert oder geregelt werden. Über solch einen Ein- und Auslass kann gegebenenfalls auch ein Druckverlust des Kissens kompensiert werden, der sich über eine längere Zeit des Gebrauchs möglicherweise einstellt.

[0022] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Die bei den Ausführungsbeispielen offenbarten Merkmale bilden in den offenbarten Kombinationen und je einzeln die Gegenstände der Ansprüche weiter. Es zeigen:

- Figur 1 eine Umformvorrichtung mit einem flexiblen Werkzeug vor der Umformung eines Werkstücks,
- Figur 2 die Umformvorrichtung der Figur 1 nach der Umformung des Werkstücks,
- Figur 3 die Umformvorrichtung mit einem Fluidkreis,
- Figur 4 ein Werkzeuggestell und eine Fluidzuführung für eine Klemmeinrichtung,
- Figur 5 die Vorrichtung mit einer Aufnahmeeinrichtung für ein Vorstrecken des Werkstücks,
- Figur 6 die Vorrichtung nach dem Vorstrecken,
- Figur 7 eine Klemmhülse,
- Figur 8 die Klemmhülse in dem Werkzeuggestell,
- Figur 9 das Werkzeuggestell,
- Figur 10 die Formelemente des Werkzeugs,
- Figur 11 alternative Ausführungsformen von Formelementköpfen und
- Figur 12 einen sternförmigen Formelementkopf.

[0023] Figur 1 zeigt eine Umformvorrichtung zum Tiefziehen, Tiefen oder nur Biegen eines Blechs 10. Die Umformung wird hydraulisch durch Andrücken bzw. Anlegen des Werkstücks 10 an eine Matrice bewirkt, die eine Vielzahl n von stabförmigen, einzelnen verfahrbar gelagerten Matriceelementen 11 aufweist. Die Matrice kann ebenso einen flexiblen Stempel bilden und wird deshalb neutral als Werkzeug bezeichnet.

[0024] Das Werkzeug wird durch ein Werkzeuggestell 4 und die in dem Gestell 4 axial verfahrbaren Formelemente 11 gebildet. Das Gestell 4 ist in Figur 9 ohne Formelemente dargestellt. Die n Formelemente 11 sind entsprechend ihrer Anordnung im Gestell 4, aber ohne das Gestell, in Figur 10 gezeigt. Das Gestell 4 wird durch eine feste Platte mit senkrechten Durchgangsbohrungen in regelmäßiger Anordnung nebeneinander gebildet. In jede der Durchgangsbohrungen 5 ist je eine Aufnahmehülse 7 eingesetzt. Die Formelemente 11 sind in den Aufnahmehülsen 7 eng gleitgeführt. Statt in eingesetzten Hülsen könnten die Formelemente 11 auch einfach durch den Gestellkörper unmittelbar gleitgeführt sein, wie in Figur 1 vereinfacht dargestellt ist.

[0025] Jedes der Formelemente 11 weist einen Kopf

15, einen Führungsstab 12 und einen dazwischen angeordneten Stützführungsbereich 13 auf. Der Kopf 15 bildet an seinem freien Ende eine Anlagefläche für das Werkstück 10. Sämtliche Formelemente 11 zusammen bilden die Anlagefläche des Werkzeugs, wobei jedoch zwischen der Werkzeuganlagefläche und dem Werkstück noch eine elastische Ausgleichsmembran 2 angeordnet ist. Im Bereich seines Führungsstabs 12 ist das einzelne Formelement 11 im Gestell 4 axial gleitgeführt. Der Stützführungsbereich 13 ist gegenüber dem Führungsstab 12 soweit verdickt und derart geformt, dass die Stützführungsbereiche 13 von benachbarten Formelementen 11 bei axialen Bewegungen der Formelemente 11 aneinander gleiten und auf diese Weise eine Führung für die Formelemente 11 zusätzlich zur Gleitführung der Führungsstäbe 12 in den Führungshülsen 6 erreicht wird. Die Köpfe 15 der Formelemente 11 sind beweglich gelagert, so dass sich die einzelnen Köpfe 15 und damit die gesamte Anlagefläche der Werkzeug automatisch der sich bei der Umformung ändernden Gestalt des Werkstücks 10 anpassen. Die bewegliche Lagerung jedes der Köpfe 15 erfolgt mittels eines Kugelgelenks, das durch einen mit dem Stützführungsbereich 13 verbundenen Kugelkörper 14 und eine Kalotte auf der Seite des Kopfs 15 gebildet wird.

[0026] Ein Druckbehältnis 1 ist in einen unteren und einen oberen Druckraum zweigeteilt. Das Gestell 4 ist zwischen zwei Teilen des Druckbehältnisses 1 geklemmt oder in das einteilige Druckbehältnis 1 eingesetzt und trennt die beiden Druckräume voneinander. Am freien oberen Rand des Druckbehältnisses 1 ist ein umlaufender Flansch 3 ausgebildet. Schließlich überdeckt die Ausgleichsmembran 2 die Köpfe 15 der Formelemente 11. Das Werkstück 10 liegt auf der Membran 2 flächig auf. Grundsätzlich könnte jedoch unter Verzicht auf die Membran 2 das Werkstück 10 unmittelbar auf den Köpfen 15 der Formelemente 11 aufliegen.

[0027] Die Umformkraft wird mittels eines Druckfluids, vorzugsweise eine Hydraulikflüssigkeit, auf das Werkstück 10 aufgebracht. Über der gesamten Werkstückoberseite wird zu diesem Zweck in einer Druckkammer 20 ein ausreichender Fluidruck aufgebaut. Zur Ausbildung der Druckkammer 20 ist ein weiteres Druckbehältnis 17 auf das Druckbehältnis 1 aufgesetzt und mit Hilfe von Hydraulikzylindern 22 einer Anpressrichtung 21 gegen den Flansch 3 des Druckbehältnisses 1 gepresst. Über der gesamten Werkstückoberseite entsteht auf diese Weise die durch das Druckbehältnis 17 begrenzte Druckkammer 20. Im Ausführungsbeispiel wird die Druckkammer 20 an ihrer dem Werkstück 10 zugewandten Seite durch eine elastische Membran 19 fluiddicht abgeschlossen. Die Membran 19 liegt unmittelbar dicht auf dem Werkstück 10 auf, wenn die beiden Druckbehältnisse 1 und 17 aufeinander gesetzt sind. Auf diese Weise wird das Werkstück 10 an seiner Oberseite und an seiner Unterseite zwischen den beiden elastischen Membranen 19 und 2 eingepackt. Die Druckkammer 20 wird so in Form einer durch Druck

aufweitbaren Blase gebildet. Obgleich weniger bevorzugt könnte die Druckkammer 20 jedoch auch ohne die Membran 19 gebildet werden, wenn nämlich anderweitig ein dichter Abschluss der Druckkammer 20 sichergestellt wird. Das Druckfluid wird durch eine oder mehrere in dem Druckbehältnis 17 eingearbeitete Fluidzuführungen 18 in die Druckkammer 20 gefördert, beispielsweise mittels einer Pumpe und/oder aus einem Druckreservoir.

[0028] In Figur 1 nehmen die Formelemente 11 ihre Ausgangsstellung ein, in der sämtliche Formelemente 11 bis auf Anlage gegen die Werkstückunterseite gefahren sind. Im Falle eines ebenen Werkstücks 10, wie im Ausführungsbeispiel, befinden sich sämtliche Formelemente 11 in Bezug auf die Werkstückunterseite auf der gleichen Höhe. Die Köpfe 15 der Formelemente 11 können in anderen Ausgangsstellungen unmittelbar vor der Druckbeaufschlagung der Werkstückoberseite aber auch unterschiedliche Höhen einnehmen.

[0029] Figur 2 zeigt die Umformvorrichtung nach der Umformung des Werkstücks 10. Die Formelemente 11 nehmen ihre Endstellungen ein. In den Endstellungen bilden die durch die Formelemente 11 gebildeten Anlageflächenteile gemeinsam die Endform, d.h. die Gegenform, für das von der Druckkraft P angespresste Werkstück 10. Durch die Membran 2 wird eine noch gleichmäßigere Anlagefläche erhalten.

[0030] Der untere Druckraum des Druckbehältnisses 1 ist mit einem Dämpfungsfluid, vorzugsweise eine Hydraulikflüssigkeit, vollständig gefüllt. Das Matrizengestell 4 mit den Formelementen 11 bildet einen zumindest weitestgehend dichten Abschluss für den unteren Druckraum des Druckbehältnisses 1. Der Raum über dem Matrizengestell 4 kann ebenfalls mit dem Dämpfungsfluid gefüllt sein. Bevorzugterweise ist dieser Raum, wie im Ausführungsbeispiel, auch tatsächlich mit dem Dämpfungsfluid gefüllt, wodurch eine besonders gleichmäßig gewölbte Anlagefläche und zusätzlich auch eine Schmierung für die aneinander abgleitenden Stützführungsbereiche 13 erhalten wird. Möglich wäre auch, die Dämpfung in erster Linie oder nur im oberen Druckraum zu erzeugen. Die Formelemente 11 würden in diesem Falle dem Festsetzen in der gewünschten Endstellung oder in Zwischenstellungen bei einer in Stufen durchgeführten Umformung dienen. Vorzugsweise bilden die Formelemente 11 jedoch Kolbenstangen mit Kolben, alleine bereits um das Zurückfahren in eine Ausgangsstellung zu erleichtern. Zwischen den beiden durch das Matrizengestell 4 getrennten Räumen kann ein freier Druckausgleich stattfinden, unumgänglich erforderlich ist dies jedoch nicht.

[0031] Durch die Umformung des Werkstücks 10 und das dadurch bewirkte Nachgeben der Formelemente 11 in axialer Richtung in den unteren Druckraum hinein wird der Druck in diesem Fluidraum entsprechend dem Verhältnis des einfahrenden Volumens der Formelemente 11 zu dem Volumen des Fluidraums vergrößert. Auf die Formelemente 11 wirkt hierdurch eine der

Druckkraft P in Achsrichtung jedes Formelements 11 entgegenwirkende Dämpfungskraft D. Die Führungsstäbe 12 bilden Kolbenstangen mit Kolben. Die von dem unteren Teil des Druckbehältnisses 1 und dem Matrizengestell 4 umschlossene Druckkammer mit dem Dämpfungsfluid ist mit einem Auslass versehen, durch den Dämpfungsfluid mit einer bestimmten Strömungsrate ausströmen kann. Bei Verwendung einer Hydraulikflüssigkeit als Dämpfungsfluid kann auf diese Weise die Dämpfungskraft D in Abhängigkeit von der Druckkraft P genau eingestellt werden. Der obere Druckraum wird durch die Umformung des Werkstücks 10 ebenfalls verkleinert, so dass an der Unterseite der elastischen Membran 2 ein über die gesamte Fläche der Membran 2 gleichmäßiger Fluiddämpfungsdruck herrscht. Im Falle eines freien Druckausgleichs zwischen den beiden Druckräumen herrscht auch im oberen Druckraum der Fluiddruck D.

[0032] Die elastische Membran 2 ist stoffschlüssig mit den Köpfen 15 verbunden, beispielsweise durch eine Verklebung oder durch Vulkanisierung. Grundsätzlich kann die Membran 2 auch mechanisch mit den Köpfen 15 verbunden sein, obgleich dies weniger bevorzugt wird. Durch die Membran 2 werden die Köpfe 15 tangential zu der gebildeten Anlagefläche elastisch miteinander verbunden. Obgleich weniger bevorzugt, kann die elastische Verbindung auch erst durch den Andruck des Werkstücks 10 hergestellt werden. Eine feste Verbindung mit den Köpfen 15 verhindert jedoch ein Zurückschnellen der Membran 2, wenn der Druck in der Druckkammer 20 abgebaut wird.

[0033] In Figur 3 ist die Umformvorrichtung zusammen mit einem Fluidführungssystem unmittelbar vor dem Zusammenbau der beiden Druckbehältnisse 1 und 17 dargestellt. Die Formelemente 11 befinden sich in der in Figur 1 gezeigten Ausgangsstellung. Figur 3 zeigt auf einer Abführseite des Dämpfungsfluids vorgesehene Fluidikelemente in Stellungen, welche sie während der Umformung einnehmen. Ferner ist ein Fluidführungssystem für ein Festsetzen der Formelemente 11 in End- oder Zwischenstellungen gezeigt.

[0034] Der für die Umformung erforderliche Druck in der Druckkammer 20 wird durch Betätigung eines Druckübersetzers 24 erzeugt. An einer Seite des Druckübersetzers 24 wird mittels einer motorisch angetriebenen Pumpe 23 ein Antriebsdruck erzeugt. Durch den Antriebsdruck wird ein Doppelkolben des Druckübersetzers 24 verschoben, wodurch auf der Abtriebsseite des Druckübersetzers 24, die mit der Druckkammer 20 verbunden ist, in einem geschlossenen Fluidsystem der Druck erhöht wird. Dieses Fluidsystem umfasst die Abtriebsseite des Doppelkolbens 24, die Druckkammer 20, ein in einem Druckbehältnis gebildetes Fluidreservoir 25 und die entsprechenden Verbindungsleitungen, wie schematisch in Figur 3 dargestellt. Der Druck in der Druckkammer 20 wird mittels eines Drucksensors 26 gemessen. Ein Motor M für die Pumpe 23 wird entsprechend dem Messsignal des Drucksensors 26 geregelt

angetrieben, um in der Druckkammer 20 einen bestimmten Druck aufzubauen und aufrecht zu erhalten oder ein vorgegebenes Druckprofil abzufahren.

[0035] Der untere Druckraum und der obere Druckraum im Druckbehältnis 1 sind vollständig mit dem Dämpfungsfluid gefüllt und entlüftet. Der Druck im unteren Druckraum wird mit einem Drucksensor 45 aufgenommen. Das Ausgangssignal des Drucksensors 45 wird zur Steuerung oder nur zur Überwachung des Abflusses des Dämpfungsfluids verwendet. Auf der Abführseite wird das Dämpfungsfluid durch eine an den Auslass angeschlossenen Abführleitung 37 in eine Abführsammelleitung 42 abgeführt. In der Abführleitung 37 sind ein steuerbares Absperrventil 38 und ein Stromregelventil 41 in Serie hintereinander geschaltet. Während der Umformung ist das Absperrventil 38 geöffnet. Die Strömungsrate des abströmenden Dämpfungsfluids und damit auch die in dem unteren Fluidraum des Druckbehältnisses 1 erzeugte Dämpfungskraft D werden mittels des Stromregelventils 41 eingestellt. Ferner sind in der Abführleitung 37 ein Reservoir 43 in einem Druckbehältnis gebildet und ein Druckbegrenzungsventil 44 angeordnet. Aus dem oberen Fluidraum in dem Druckbehältnis 1 strömt das Dämpfungsfluid durch eine Abführleitung 39 ab. Die Abführleitung 39 mündet hinter dem Absperrventil 38 und vor dem Stromregelventil 41 und vorzugsweise auch vor einem Stromsensor 46 in die Abführleitung 37. In der Abführleitung 39 sind ein Stromsensor 47 und ein steuerbares Absperrventil 40 angeordnet. Die Abströmraten aus beiden Fluidräumen im Druckbehältnis 1 werden mit dem in der Abführleitung 37 angeordneten Stromsensor 46 und dem Stromsensor 47 ermittelt.

[0036] Anstatt die Formelemente 11 kollektiv in ein gemeinsames Druckbehältnis hinein zu verfahren, kann für jedes der Formelemente 11 individuell ein Druckbehältnis vorgesehen sein. Für jedes der n Formelemente 11 ist in diesem Fall anstatt des unteren Druckraums ein Kolben-Zylinder-System vorgesehen. Der Druck im oberen Druckraum ist vorzugsweise kleiner als die Drücke der Kolben-Zylinder-Systeme, um die Verfahrensgeschwindigkeit der Formelemente individuell bestimmen zu können. Die den Köpfen 15 abgewandten freien Enden der Formelemente 11 werden dabei je als Kolben ausgebildet, die in je einem eigenen Druckzylinder gleitgeführt sind und bei ihrem Verfahren infolge der Druckkraft P in der Druckkammer 20 in den einzelnen Zylindern je eine individuelle Dämpfungskraft D_n erzeugen. Für jedes der Formelemente 11 bzw. die dazugehörigen Druckzylinder ist in diesem Fall individuell je eine Abführleitung 37 mit einem Absperrventil 38 und einem Stromregelventil 41 und vorzugsweise auch einem Stromsensor 46 vorgesehen. Durch die Erzeugung der Dämpfungskräfte D_n für jedes der Formelemente 11 unabhängig von den anderen Formelementen 11 kann durch entsprechende Ansteuerung der individuellen Stromregelventile 41 die Geschwindigkeit der Axialbewegung jedes einzelnen Formelements 11 individuell

eingestellt und gegebenenfalls während der Umformung auch noch gezielt verändert werden. Auf diese Weise kann der Materialfluss in dem Werkstück 10 während des gesamten Umformprozesses besonders genau gesteuert werden. Die Position entlang des Verfahrens wird für jedes der Formelemente 11 mit Hilfe von entsprechenden Sensoren ermittelt und in einer Steuerung mit der anzufahrenden Endposition verglichen. Sobald das Erreichen der Endposition eines Formelements 11 festgestellt worden ist, wird das in der Abführleitung für dieses Formelement 11 vorgesehene Absperrventil 38 von der Steuerung auf Sperren umgesteuert. Bei Verwendung einer Hydraulikflüssigkeit als Dämpfungsfluid wird das betreffende Formelement 11 bereits unmittelbar in der vorgegebenen Endposition festgesetzt.

[0037] In dem Fluidführungssystem zum Festsetzen der Formelemente ist ein Druckübersetzer 31 zur Erzeugung eines Klemmdrucks für die Formelemente 11 vorgesehen. Eine Antriebsseite des Druckübersetzers 31 ist mit einer Druckleitung 30 verbunden. Die Abtriebsseite des Druckübersetzers 31 ist mit dem Werkzeuggestell 4 verbunden. Das Druckfluid wird über je eine Zuführleitung 34 pro Formelement 11 in das Matrizingestell 4 hinein unmittelbar bis zu jeder der Aufnahmhülsen 7 geführt. In den Zuführleitungen 34 ist je ein steuerbares Absperrventil 33 angeordnet. Bei der Umformung sind die Absperrventile 33 jeweils bis zum individuellen Festsetzen der Formelemente 11 gesperrt. Zum Festsetzen der Formelemente 11 in der in Bezug auf die Bewegungsrichtung gewünschten Stellung wird das Absperrventil 33 des festzusetzenden Formelements 11 geöffnet und dadurch das kraftschlüssige Klemmen des betreffenden Formelements 11 bewirkt, wie nachstehend noch anhand der Figuren 7 und 8 erläutert wird. Auf der Zuführseite für das Druckfluid ist ferner ein Fluidreservoir 32 in einem Druckbehältnis gebildet. In das Werkzeuggestell 4 sind ferner für jedes der Formelemente 11 je eine Entlüftungsleitung 35 und in jeder Entlüftungsleitung 35 ein Rückschlagventil 36 vorgesehen.

[0038] In Figur 4 ist die Zuführseite für das Druckfluid bei individueller Klemmbarkeit der Formelemente 11 dargestellt. In das Werkzeuggestell 4 ist für jedes der Formelemente 11 eine individuelle Zuführleitung 34 mit einem steuerbaren Absperrmittel 33 geführt.

[0039] Die Figuren 5 und 6 zeigen, wie das flexible Werkzeug zusätzlich auch als flexibler Stempel eingesetzt werden kann. Die Verwendbarkeit als Stempel erlaubt es, das Werkstück 10 vor dem Tiefen oder Tiefziehen vorzustrecken. Durch das Vorstrecken wird eine Vorverfestigung erhalten. Durch das Vorstrecken kann insbesondere die Festigkeit von schwach gewölbten Formteilen gegenüber dem reinen Tiefziehen oder Tiefen erhöht werden. Ebenso ist der flexible Stempel auch als reines Streckwerkzeug oder sogar nur als Biegewerkzeug mit Vorteil verwendbar, obgleich ein Werkzeug, das sowohl eine Matrice als auch einen Stempel

bilden kann, eine bevorzugte Weiterentwicklung der reinen Matrize und des reinen Stempels darstellt.

[0040] Zum Vorstrecken ist das Werkstück 10 auf der elastischen Membran 2 aufliegend in einer Einspanneinrichtung eingespannt. Die Einspanneinrichtung wird von seitlich angeordneten, beweglichen Klemmbacken 8 und dem Spannen der Klemmbacken 8 dienenden Hydraulikzylindern 9 gebildet.

[0041] Figur 5 zeigt die Formelemente 11 in der Ausgangsstellung vor dem Vorstrecken. In dieser Ausgangsstellung ist das Werkstück 10 bis nahe an die Plastizitätsgrenze durch die Einspanneinrichtung 8, 9 gespannt. Für die kombinierte Umformung, nämlich Vorstrecken mit anschließendem Tiefen oder Tiefziehen, ist die Ausgangsstellung der Formelemente 11 derart gewählt, dass die Formelemente 11 zum Vorstrecken gegen die Werkstückunterseite drückend zunächst ausfahren und zum Tiefen oder Tiefziehen anschließend wieder wie bereits beschrieben über die in Figur 5 dargestellte Ausgangsstellung hinaus zurück- und eingefahren werden können.

[0042] Vorzugsweise wird das spätere Dämpfungsfluid auch als Druckfluid für das Ausfahren der Formelemente 11 verwendet. Zum Ausfahren der Formelemente 11 wird der untere Fluidraum im Druckbehälter 1, oder es werden die individuellen Druckbehälter für jedes der Formelemente 11, von einer Zuführseite für das Dämpfungsfluid unter Druck gesetzt. Die Zuführseite für das Druckfluid zum Ausfahren ist die gleiche wie zum Befüllen des oder der Druckbehälter zur Erzeugung der Dämpfungskraft beim Einfahren. Auch die Fluidabführseite für das Dämpfungsfluid wird vorteilhafterweise identisch übernommen. Allerdings befinden sich die Absperrventile 38 und 40 auf der Abführseite bei dem Ausfahren in ihren Sperrzuständen. Bei dem Ausfahren der Formelemente 11 wird auch das gleiche Wegmesssystem wie bei dem Einfahren verwendet.

[0043] Sobald die Steuerung mit Hilfe des Wegmesssystems festgestellt hat, dass eines der Formelemente 11 seine gewünschte Ausfahrendposition erreicht hat, wird das Absperrventil 33 in der Zuführleitung 34 der Klemmeinrichtung für dieses Formelement 11 auf Durchfluss umgesteuert und dadurch ein Klemmen des betreffenden Formelements 11 augenblicklich bewirkt. Sobald sämtliche Formelemente 11 ihre gewünschten Ausfahrendstellungen eingenommen haben und somit das Vorstrecken beendet ist, kann die Druckkammer 20 wie beschrieben unter Druck gesetzt und die Umformung in die entgegengesetzte Richtung eingeleitet werden. Die Formelemente 11 nehmen zu Beginn dieser anschließenden Umformung die in Figur 6 dargestellten Ausgangsstellungen ein. Aus diesen Ausgangsstellungen werden sie wie bereits beschrieben beispielsweise in die in Figur 2 dargestellten Einfahrendstellungen verfahren.

[0044] Die Figuren 7 und 8 zeigen eine bevorzugte Klemmeinrichtung, mit der jedes der Formelemente 11 sowohl bei Verfahrbarkeit in ein kollektives Druckbehäl-

nis als auch bei Verfahrbarkeit in individuellen Druckbehältnissen in jeder gewünschten Stellung in Bezug auf seine Bewegungsrichtung unabhängig von den anderen Formelementen 11 festgesetzt werden kann. Hierfür sind in die Aufnahmhülsen 7 Klemmhülsen 6 eingesetzt. Jede der Klemmhülsen 6 ist in einer Aufnahmhülse 7 mit einem festen axialen und radialen Sitz aufgenommen. Die Einbausituation einer einzelnen Klemmhülse 6 in dem Werkzeuggestell 4 ist in Figur 8 dargestellt.

[0045] Bei der Montage wird zuerst je eine Aufnahmhülse 7 in je eine kreiszylindrische Durchgangsbohrung des Gestells 4 eingesetzt. Die Aufnahmhülsen 7 sind im Gestell 4 radial und axial fixiert. Anschließend wird in jede der Aufnahmhülsen 7 eine Klemmhülse 6 bis gegen einen in der Aufnahmhülse 7 ausgebildeten Flansch eingesetzt. Schließlich wird in jede der Aufnahmhülsen 7 eine Verschlusshülse 7a eingesetzt, vorzugsweise eingeschraubt. Jede der Klemmhülsen 6 ist zwischen dem radial nach innen vorragenden Flansch ihrer Aufnahmhülse 7 und der Verschlusshülse 7a mit axial festem Sitz montiert. Vorzugsweise weist jede der Klemmhülsen 6 an ihren beiden Stirnseiten einen radial nach außen vorstehenden Flansch auf, der bereits für einen festen radialen Sitz der Klemmhülse 6 in ihrer Aufnahmhülse 7 sorgt. Die Klemmhülse 6 wird im wesentlichen durch einen radial nachgiebigen, axial steifen Hülsenmantel gebildet. Im montierten Zustand verbleibt zwischen diesem radial nachgiebigen Hülsenmantel und der umgebenden Aufnahmhülse 7 ein Ringspalt, der in axialer Richtung durch Dichtungsringe 7b abgedichtet wird. Wenigstens ein Dichtungsring 7b ist in eine Nut im Flansch der Aufnahmhülse 7 und wenigstens ein weiterer Dichtungsring 7b ist in eine Nut der Verschlusshülse 7a eingelegt. Diese wenigstens zwei Dichtungsringe 7b dichten den Ringspalt um den Hülsenmantel der Klemmhülse 6 gegen den Führungsstab 12 des durch die betreffende Klemmhülse 6 geführten Formelements ab. Die radiale Nachgiebigkeit der Klemmhülse 6 wird durch axiale Schwächung des Hülsenmantels, beispielsweise durch axiale Ausnehmungen oder Schlitzte, erhalten. Falls der Hülsenmantel der Klemmhülse 6 durchbrochen ist, ist der Hülsenmantel von einer geschlossenen Deckhülse umgeben.

[0046] In die zwischen den Klemmhülsen 6 und den Aufnahmhülsen 7 gebildeten Ringspalte wird durch die Fluidzuführleitungen 37 hindurch Druckfluid individuell zugeführt. Jeder der Ringspalte wird über seine individuelle Lüftungsleitung 35 entlüftet. Die in den Entlüftungsleitungen 35 angeordneten Rückschlagventile 36 (Figur 4) schließen nach Erreichen eines vorgegebenen Drucks im jeweiligen Ringspalt. Die Rückschlagventile 36 schließen, bevor in den Ringspalten ein zur Erzeugung einer Klemmkraft ausreichender Fluidruck aufgebaut ist. Nach dem Entlüften der Ringspalte und Schließen der Rückschlagventile 36 werden vor Erreichen eines zum Klemmen ausreichenden Drucks die Absperrventile 33 in den Zuführleitungen 34 (Figur 4) geschlos-

sen. In diesem Zustand können die Führungsstäbe 12 der Formelemente 11 frei von den Klemmhülsen 6 und durch die Aufnahmhülsen 7 und deren Verschluss-
hülsen 7a eng gleitgeführt verfahren werden. Auf der Zu-
führseite für das Druckfluid, d.h. vor den Absperrventi-
len 33, wird ein zum Klemmen der Führungsstäbe 12
ausreichender Fluiddruck aufgebaut und während dem
Umformprozess aufrechterhalten. Sobald eines der
Formelemente 11 seine Endstellung für den jeweiligen
Umformprozess, oder eine Zwischenstellung bei einer
Umformung in mehreren Stufen, erreicht hat, wird das
zugeordnete Absperrventil 33 geöffnet und der Rings-
palt um die Klemmhülse 6 unter Druck gesetzt. Die
Klemmhülse 6 weitet sich aufgrund des äußeren Hy-
draulikdrucks radial einwärts auf. Das betreffende For-
melement 11 wird hierdurch augenblicklich kraftschlüs-
sig geklemmt und in der gerade erreichten Stellung fest-
gesetzt.

[0047] In den Figuren 11 und 12 sind alternative Aus-
führungsformen der Formelementköpfe 15 dargestellt.
Die Köpfe 15 sind in Bewegungsrichtung der Formele-
mente 11 vorzugsweise elastisch nachgiebig. Die ela-
stische Nachgiebigkeit kann beispielsweise dadurch er-
reicht werden, dass die Köpfe 15 selbst aus einem ela-
stomeren Material gebildet sind. Die Elastizität kann je-
doch auch durch eine entsprechende Formgebung der
Köpfe 15 erhalten werden, wofür der in Figur 12 gezeigte
Kopf 15 ein Beispiel gibt. Die elastische Nachgiebigkeit
in Bewegungsrichtung des Formelements 11 kann auch
durch eine Kombination aus Materialelastizität und Ge-
staltelastizität erzielt werden. Der Kopf 15 der Figur 12
weist in der Draufsicht vom Werkstück her einen vollen
Zentralbereich und davon in gleichen Winkelabständen
radial abragende Arme auf, die nach außen dünner wer-
den.

[0048] Mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug wird
das Werkstück 10 jederzeit vollflächig oder zumindest
nahezu vollflächig unterstützt. Die Formelemente 11,
von denen jedes einzeln gegen eine kollektive oder in-
dividuelle Dämpfungskraft nachgiebig gelagert und/
oder durch einen kollektiven oder individuellen Fluid-
druck ausfahrbar ist, bilden in jedem Moment eine an
die Form des Werkstücks angepasste Stützfläche.
Denkbar ist aber auch, einzelne Formelemente 11 einer
Matrize nahezu widerstandslos oder mit weit geringe-
rem Widerstand als die benachbarten Formelemente 11
nachgeben zu lassen oder sogar lokale Kavitäten zu er-
zeugen, in die hinein sich das Werkstück 10 dann be-
vorzugt verformt. Andererseits kann durch eine elasti-
sche Verbindung der Formelementköpfe und Anlegen
eines Dämpfungsdrucks die Bildung von lokalen Kavi-
täten minimiert oder vollkommen verhindert werden.
Vorteilhaft ist auch, dass aus der erfindungsgemäßen
Werkzeug sehr einfach ein flexibler Stempel gebildet
werden kann. Die Erfindung wurde anhand der Ausführ-
ungsbeispiele lediglich im bevorzugten Zusammenwir-
ken mit einem Druckfluid zur Erzeugung der Druckkraft
P beschrieben. Die flexible Matrize ist jedoch mit Vorteil

auch in Verbindung mit einem der Form nach während
der Umformung nicht veränderbaren Stempel oder ei-
nem flexiblen Stempel der beschriebenen Art als Ge-
genstück zur Erzeugung der Umformkraft einsetzbar.

Bezugszeichenliste

[0049]

10	1	Druckbehältnis	
	2	Aufnahmeeinrichtung, Ausgleichsmembran	Einspanneinrichtung,
	3	Flansch	
	4	Matrizengestell	
15	5	Durchgangsbohrung	
	6	Klemmhülse	
	7	Aufnahmhülse	
	7a	Verschlusshülse	
	8	Einspanneinrichtung, Klemmbacke	
20	9	Einspanneinrichtung, Hydraulikzylinder	
	10	Werkstück	
	11	Formelement, Einspanneinrichtung	
	12	Führungsstab, Kolbenstange	
	13	Stützführungsbereich	
25	14	Kugel	
	15	Kopf	
	16	Sicherungsmutter	
	17	Druckbehältnis	
	18	Fluidzuführung	
30	19	elastische Membran	
	20	Druckkammer	
	21	Anpresseinrichtung	
	22	Hydraulikzylinder	
	23	Pumpe	
35	24	Druckübersetzer	
	25	Reservoir	
	26	Drucksensor	
	27	-	
	28	-	
40	29	-	
	30	Druckleitung	
	31	Druckübersetzer	
	32	Reservoir	
	33	Absperrventil	
45	34	Zuführleitung	
	35	Entlüftungsleitung	
	36	Rückschlagventil	
	37	Abführleitung	
	38	Absperrventil	
50	39	Abführleitung	
	40	Absperrventil	
	41	Stromregelventil	
	42	Abfuhrsammelleitung	
	43	Reservoir	
55	44	Druckbegrenzungsventil	
	45	Drucksensor	
	46	Stromsensor	
	47	Stromsensor	

D	kollektive Dämpfungskraft
Dn	Dämpfungskraft individuell pro Formelement
F	kollektive Antriebskraft
Fn	Antriebskraft individuell pro Formelement
P	Druckkraft

5

Patentansprüche

1. Flexibles Werkzeug zur Bildung einer Anlagefläche für ein Werkstück bei einer Umformung des Werkstücks, wobei das Werkzeug eine Matrice ist, das Werkzeug umfassend:
 - a) ein Werkzeuggestell (4),
 - b) ein erstes Formelement (11), das einen Teil der Anlagefläche bildet,
 - c) und ein zweites Formelement (11), das einen zweiten Teil der Anlagefläche bildet und relativ zu dem ersten Formelement (11) axial, nämlich in eine Richtung senkrecht zur Anlagefläche, bewegbar in dem Werkzeuggestell (4) gelagert ist,
 - dadurch gekennzeichnet, dass**
 - d) das zweite Formelement (11) axial nachgiebig gelagert ist, derart, dass es bei der Umformung aus einer Ausgangsstellung bis in eine feste Endstellung gegen eine Widerstandskraft (D; Dn) axial bewegbar ist.
2. Flexibles Werkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Widerstandskraft (D; Dn) veränderbar ist.
3. Flexibles Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Widerstandskraft (D; Dn) eine Fluiddämpfungskraft ist.
4. Flexibles Werkzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Formelement (11) bei einem axialen Nachgeben ein Dämpfungsfluid aus einem Druckbehälter (1) gegen einen Strömungswiderstand verdrängt.
5. Flexibles Werkzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Stromregelventil (41) den Strömungswiderstand bildet.
6. Flexibles Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Formelement (11) mit einer Antriebseinrichtung gekoppelt und mittels der Antriebseinrichtung in eine andere Endstellung aktiv verfahrbar ist, so dass durch das Werkzeug ein flexibler Stempel gebildet werden kann.

7. Flexibles Werkzeug zur Bildung einer Anlagefläche für ein Werkstück bei einer Umformung des Werkstücks, wobei das Werkzeug ein Stempel ist, das Werkzeug umfassend:

- a) ein Werkzeuggestell (4),
- b) ein erstes Formelement (11), das einen Teil der Anlagefläche bildet,
- c) und ein zweites Formelement (11), das einen zweiten Teil der Anlagefläche bildet und relativ zu dem ersten Formelement (11) axial, nämlich in eine Richtung senkrecht zur Anlagefläche, bewegbar in dem Werkzeuggestell (4) gelagert ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- d) das zweite Formelement (11) eine Kolbenstange (12) mit einem Kolben bildet, der in einem Druckbehälter (1) mit einem Fluiddruck beaufschlagbar ist und der Fluiddruck ausreicht, das Werkstück durch axiales Ausfahren des Formelements (11) umzuformen.

8. Flexibles Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Formelement (11) sich durch eine Klemmhülse (6) erstreckt und das zweite Formelement (11) mittels der Klemmhülse (6) in Bezug auf die axiale Richtung kraftschlüssig festlegbar ist, wobei eine den Kraftschluss bewirkende, radiale Klemmkraft der Klemmhülse (6) vorzugsweise durch Druckbeaufschlagung eines Mantels der Klemmhülse (6) mit einer Hydraulikflüssigkeit erzeugt wird.
9. Flexibles Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kopf (15) des zweiten Formelements (11), mit dem das zweite Formelement (11) gegen das Werkstück drückt, in Bewegungsrichtung des zweiten Formelements (11) elastisch nachgiebig ist.
10. Flexibles Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Matrizenelemente (11) Köpfe (15) aufweisen, mit denen sie gegen das Werkstück drücken, und die Köpfe (15) tangential zu der Anlagefläche elastisch miteinander verbunden sind.
11. Flexibles Werkzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fluidkissen eine die Köpfe (15) überdeckende Ausgleichsmembran (2) bildet.
12. Flexibles Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anlagefläche des Werkzeugs durch eine Mehrzahl von Formelementen (11) gebildet wird und mehrere der Formelemente (11), vorzugsweise

alle Formelemente (11) des Werkzeugs, zweite Formelemente (11) sind.

13. Umformvorrichtung zum Umformen eines Werkstücks mittels eines Wirkfluids, die Vorrichtung umfassend: 5
- a) eine Aufnahme- oder Einspanneinrichtung (2, 11; 8, 9) für das Werkstück (10),
 - b) eine Druckkammer (20) zur Beaufschlagung einer Oberseite des Werkstücks (10) mit einer Druckkraft (P), 10
 - c) und ein flexibles Werkzeug zur Bildung einer Anlagefläche für das Werkstück (10) mit 15
- c1) einem Werkzeuggestell (4),
 - c2) einem ersten Formelement (11), das einen ersten Teil der Anlagefläche bildet,
 - c3) einem zweiten Formelement (11), das einen zweiten Teil der Anlagefläche bildet 20
- und relativ zu dem ersten Formelement (11) axial, nämlich in eine Richtung senkrecht zur Anlagefläche, bewegbar in dem Matrizengestell (4) gelagert ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass** 25
- d) das zweite Formelement (11) axial nachgiebig gelagert ist, derart, dass es bei der Umformung aus einer Ausgangsstellung bis in eine feste Entstellung gegen eine Widerstandskraft (D; Dn) axial bewegbar ist. 30
14. Umformvorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Formelement (11) von der Druckkraft (P) gegen eine Fluiddämpfungskraft (D; Dn) verfahren wird. 35
15. Verfahren zur Umformung eines Werkstücks, bei dem 40
- das Werkstück (10) durch Beaufschlagung einer Werkstückoberseite mit einer Druckkraft (P) umgeformt und mit einer Werkstückunterseite gegen ein in mehrere Formelemente (11) unterteiltes, flexibles Werkzeug gedrückt und dadurch aus einer Ausgangsform in eine von den Formelementen (11) gebildete Endform umgeformt wird, 45
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Formelemente (11) aus Ausgangsstellungen, die sie vor der Umformung einnehmen, relativ zueinander in Endstellungen bewegt werden, in denen sie die Endform bilden, und das Werkstück (10) während der Umformung gegen die Druckkraft (P) stützen. 50
16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formelemente (11) in den Ausgangsstellungen die Ausgangsform bilden und an der Werkstückunterseite anlie- 55

gen.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formelemente (11) durch die Druckkraft (P) und je gegen eine Fluiddämpfungskraft (D; Dn) in die Endstellungen bewegt werden.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (10) vor der Umformung in eine der Umformung entgegengesetzte Richtung vorgestreckt wird, indem die Formelemente (11) aktiv bis in eine Vorstreck-Endform gegen die Werkstückunterseite ausgefahren werden.

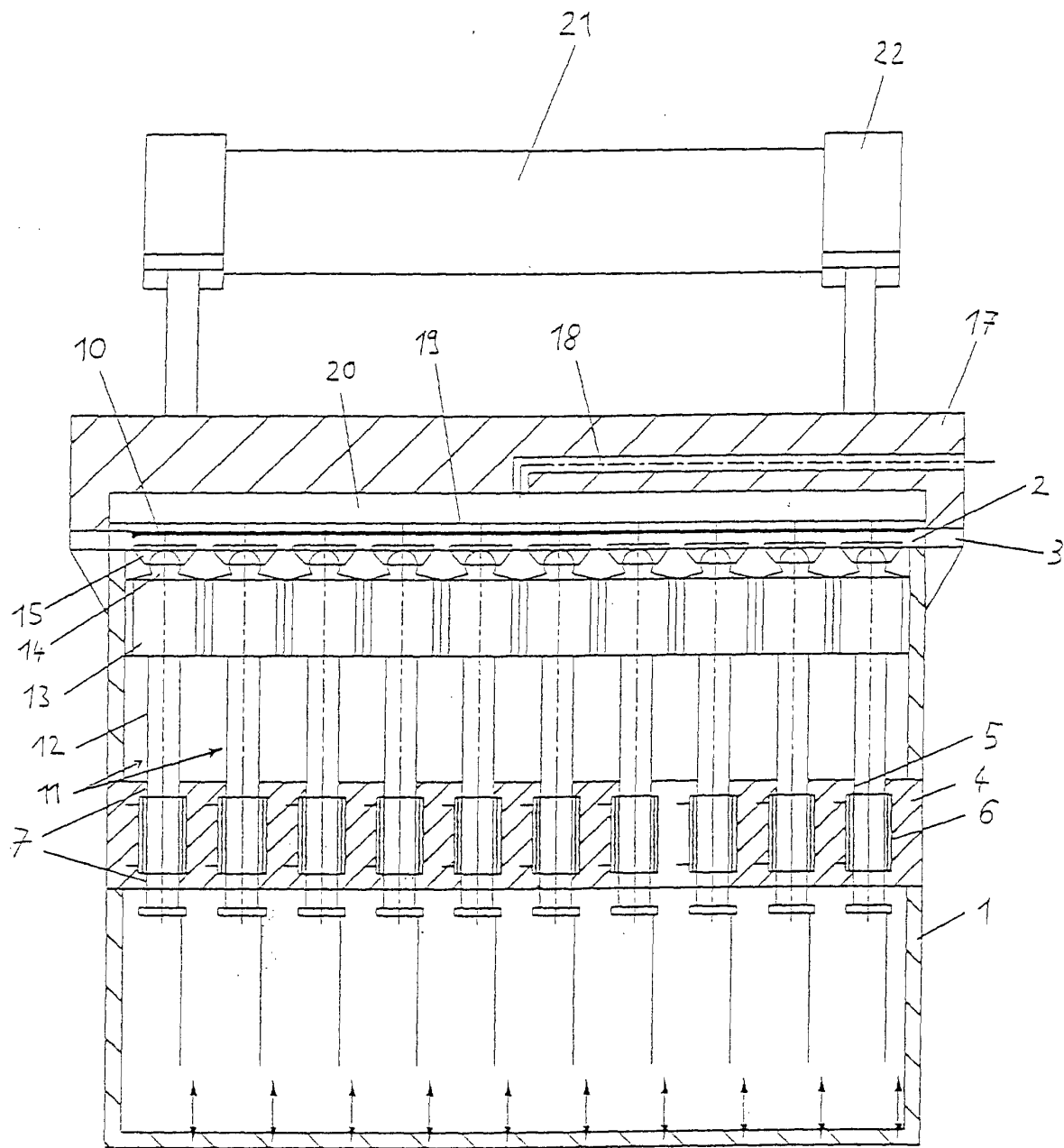


Fig. 1

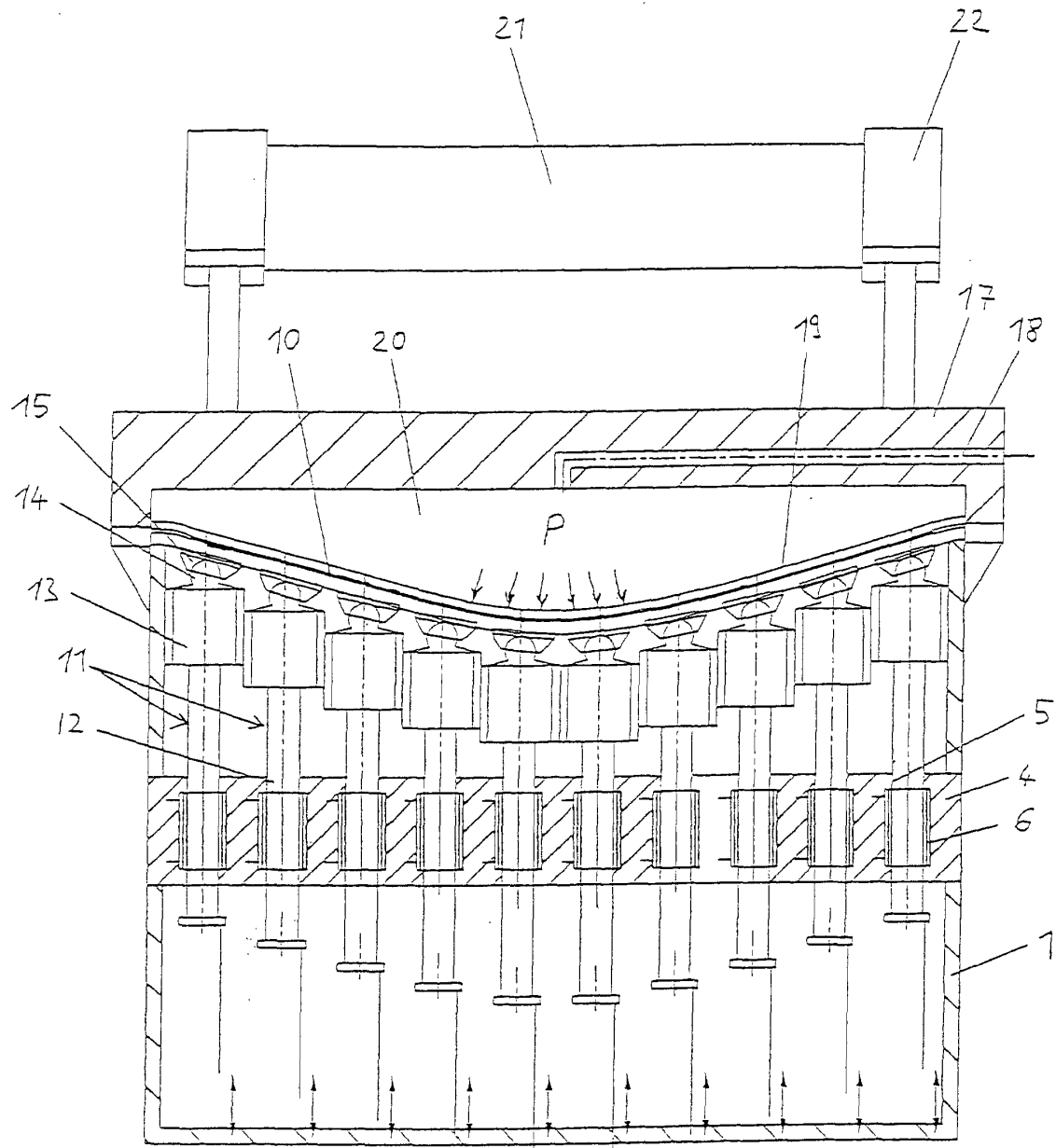


Fig. 2

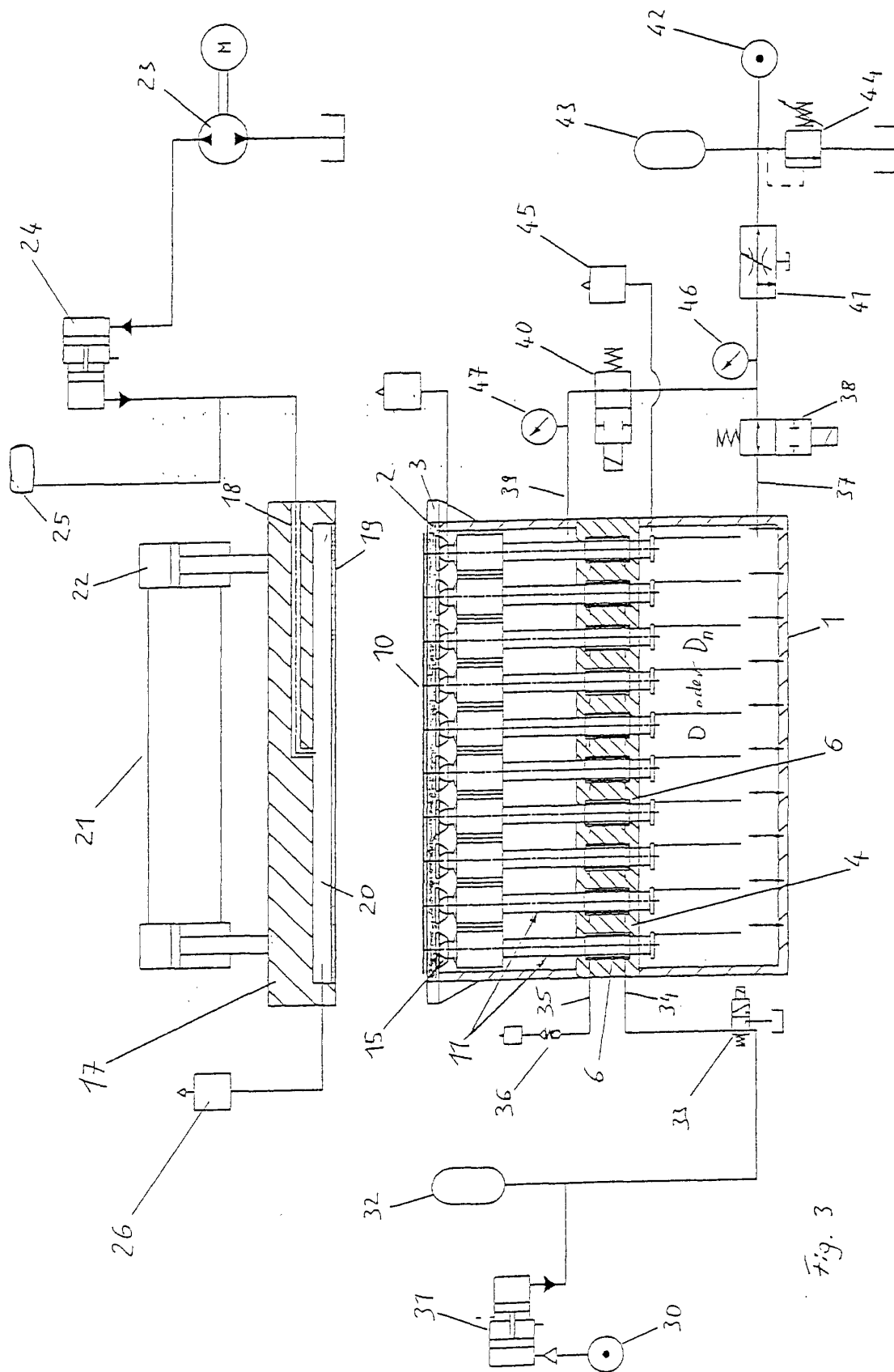


Fig. 3

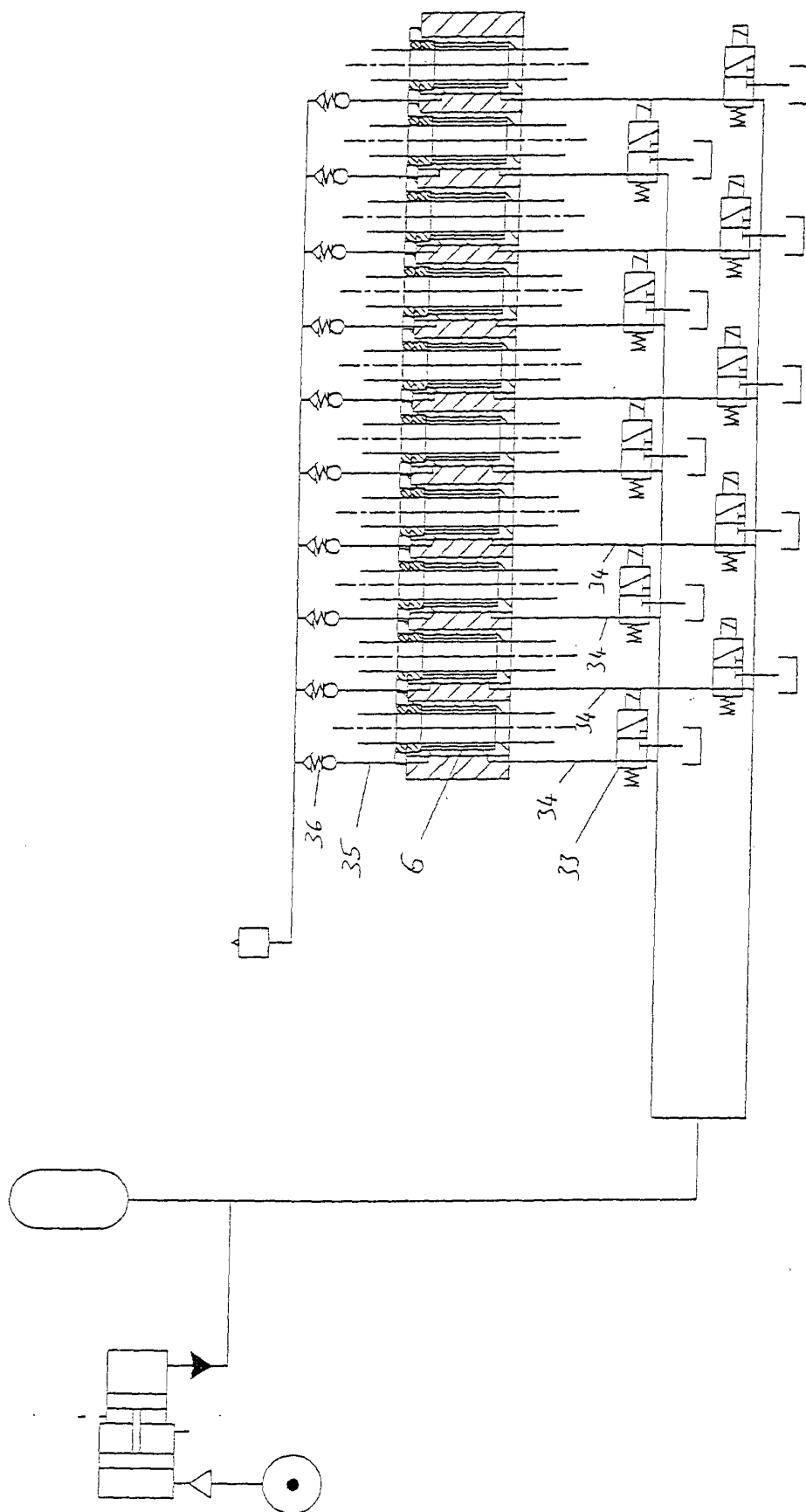


Fig. 4

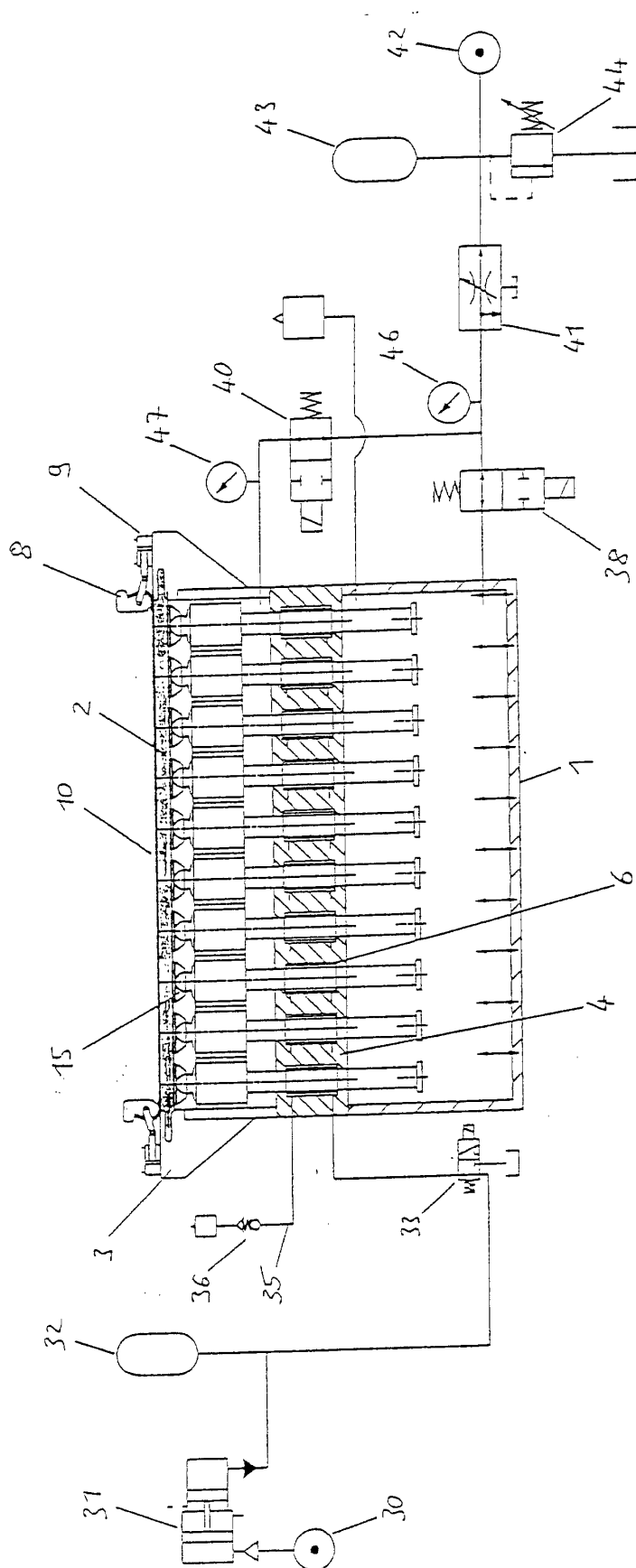
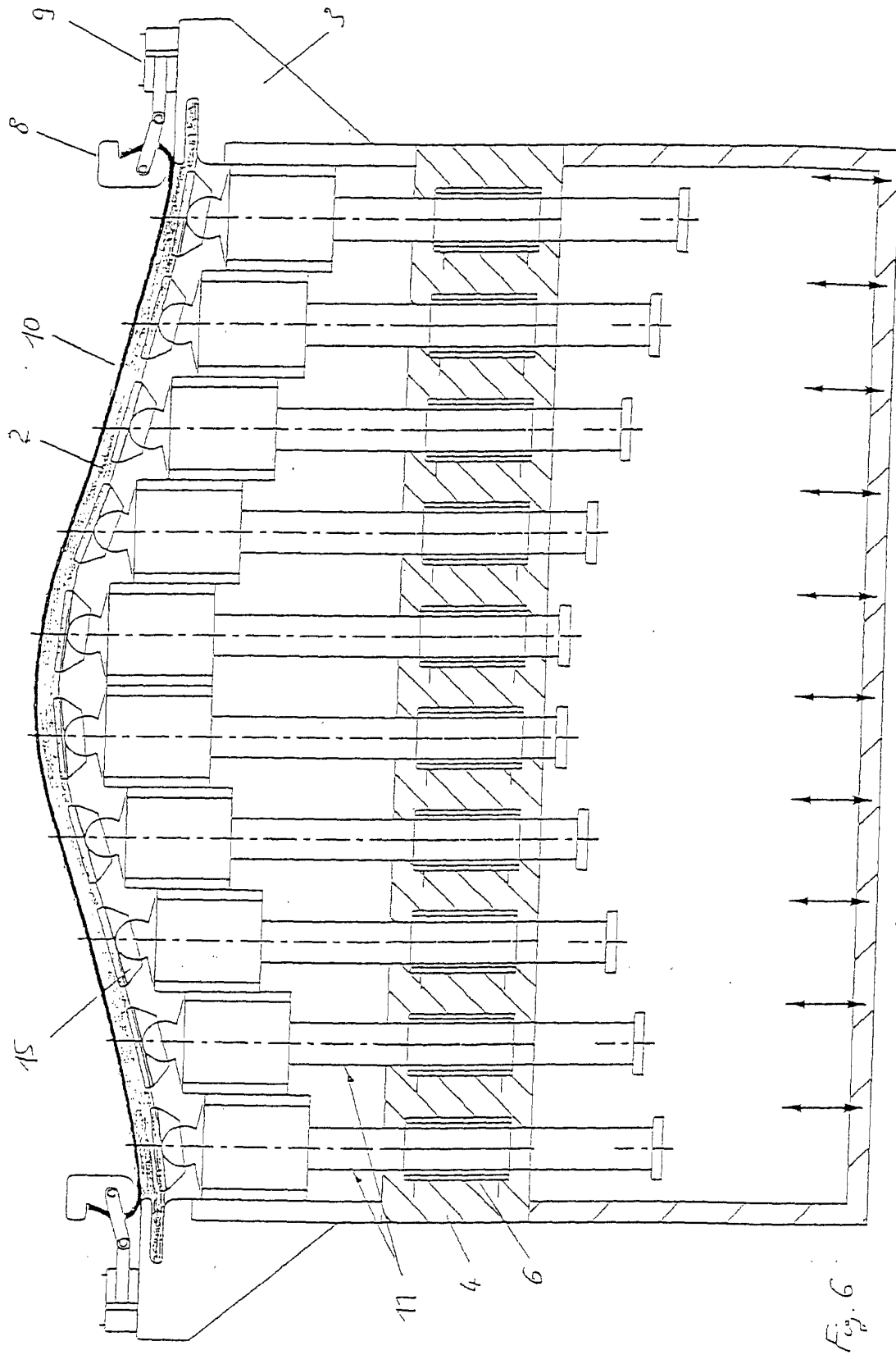


Fig. 5



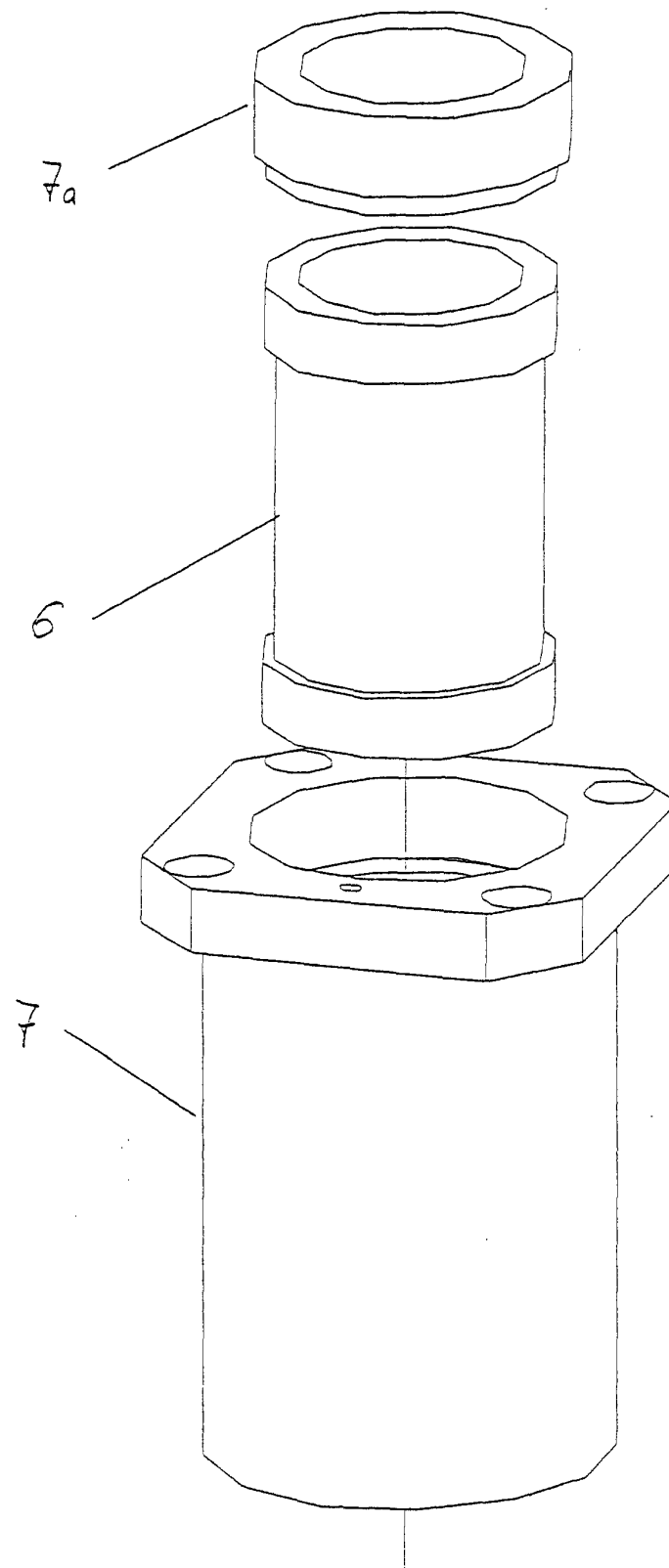


Fig. 7

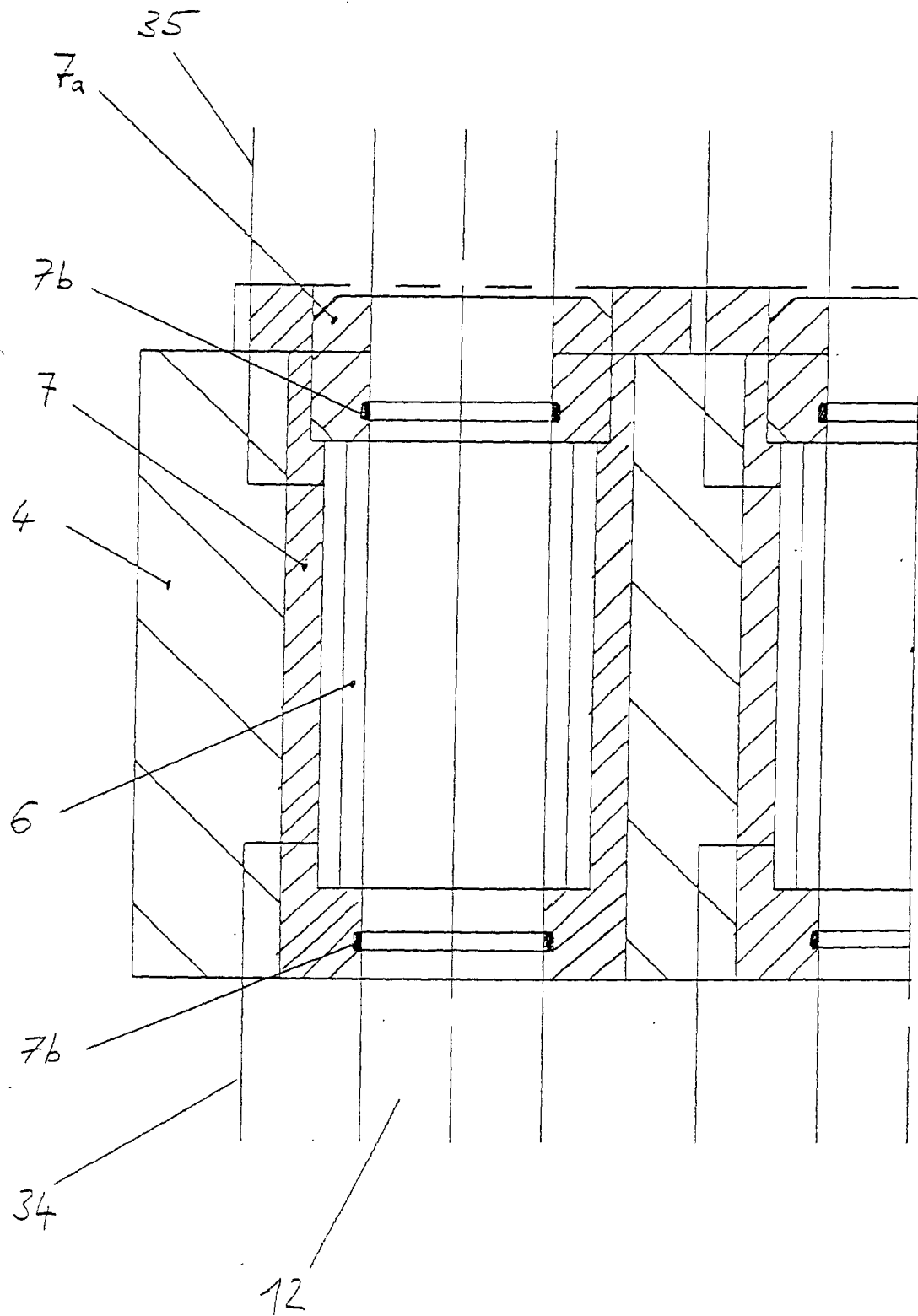


Fig. 8

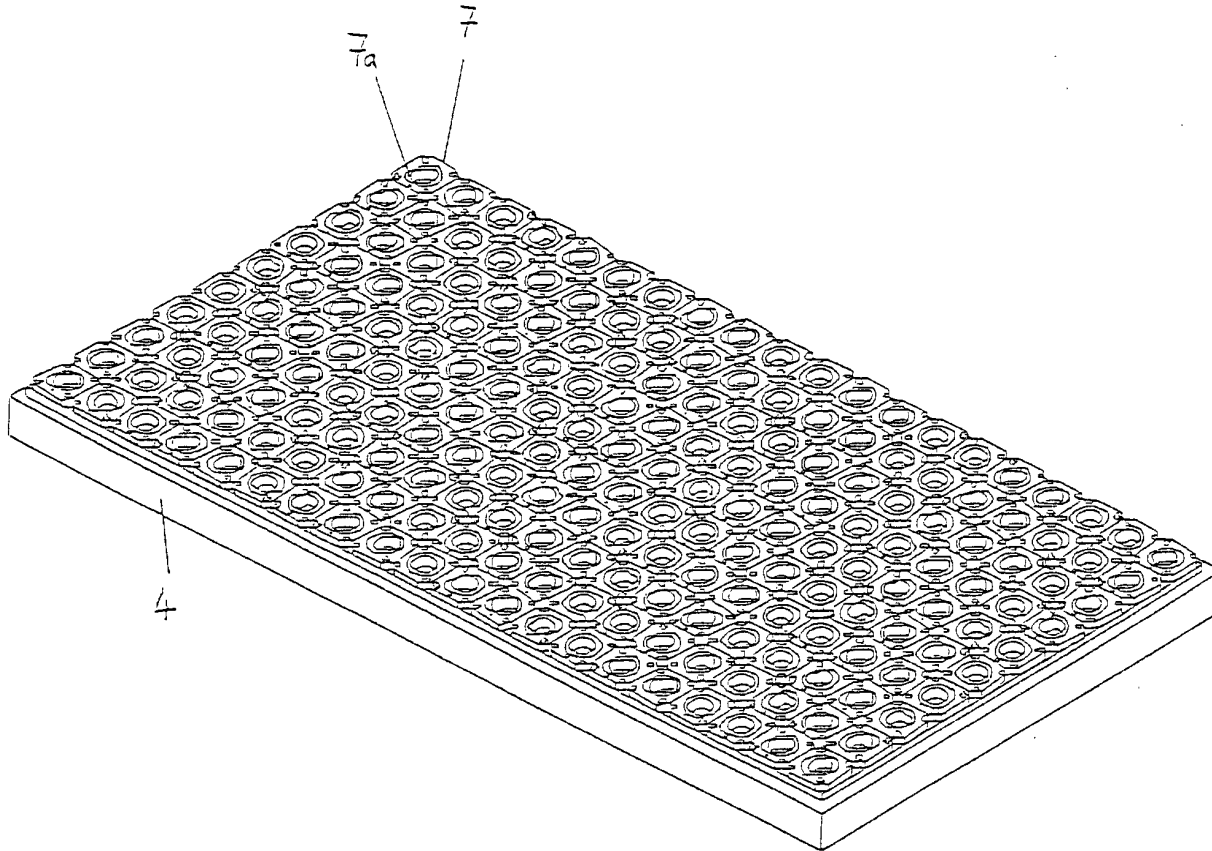


Fig. 9

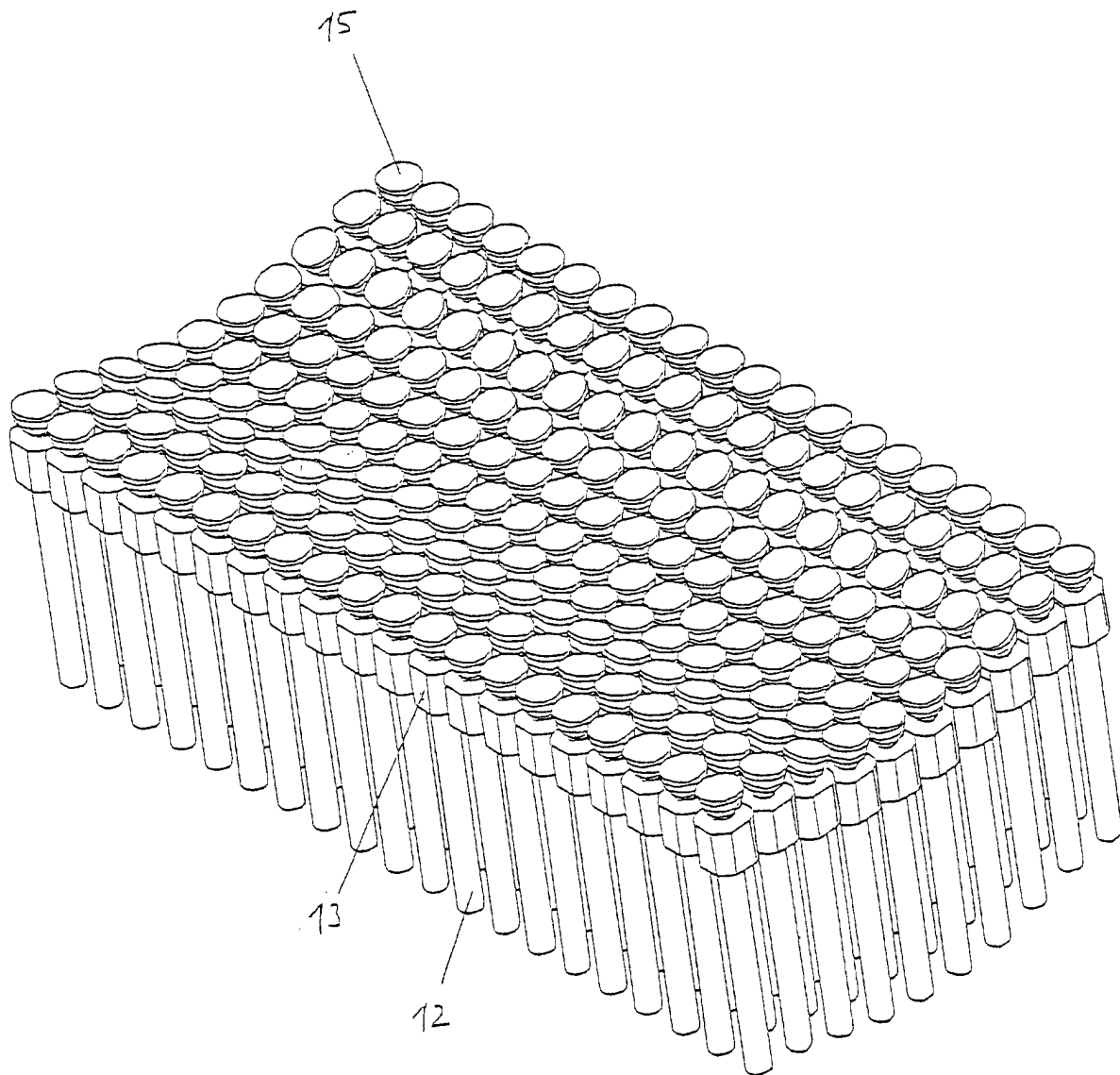


Fig. 10

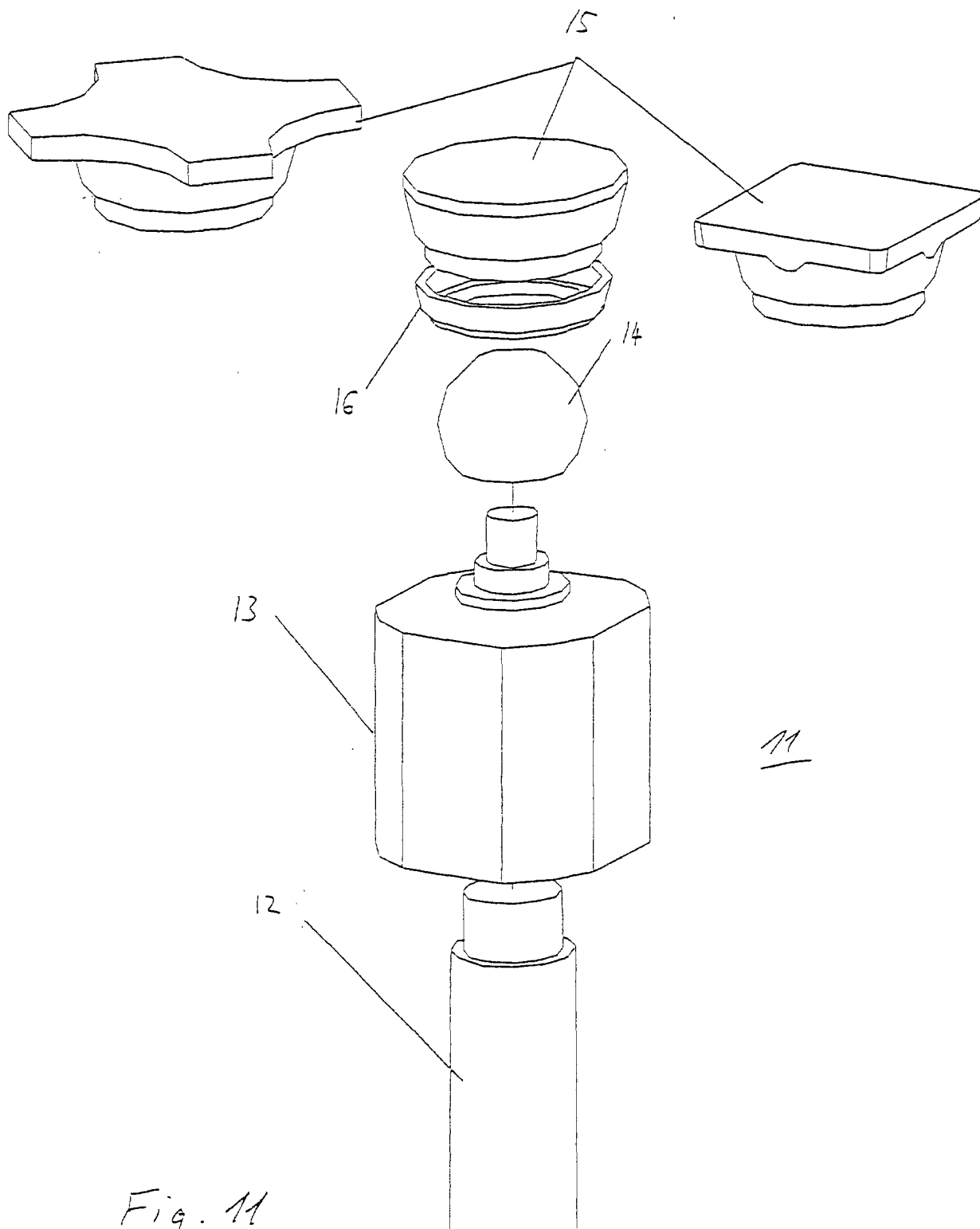


Fig. 11

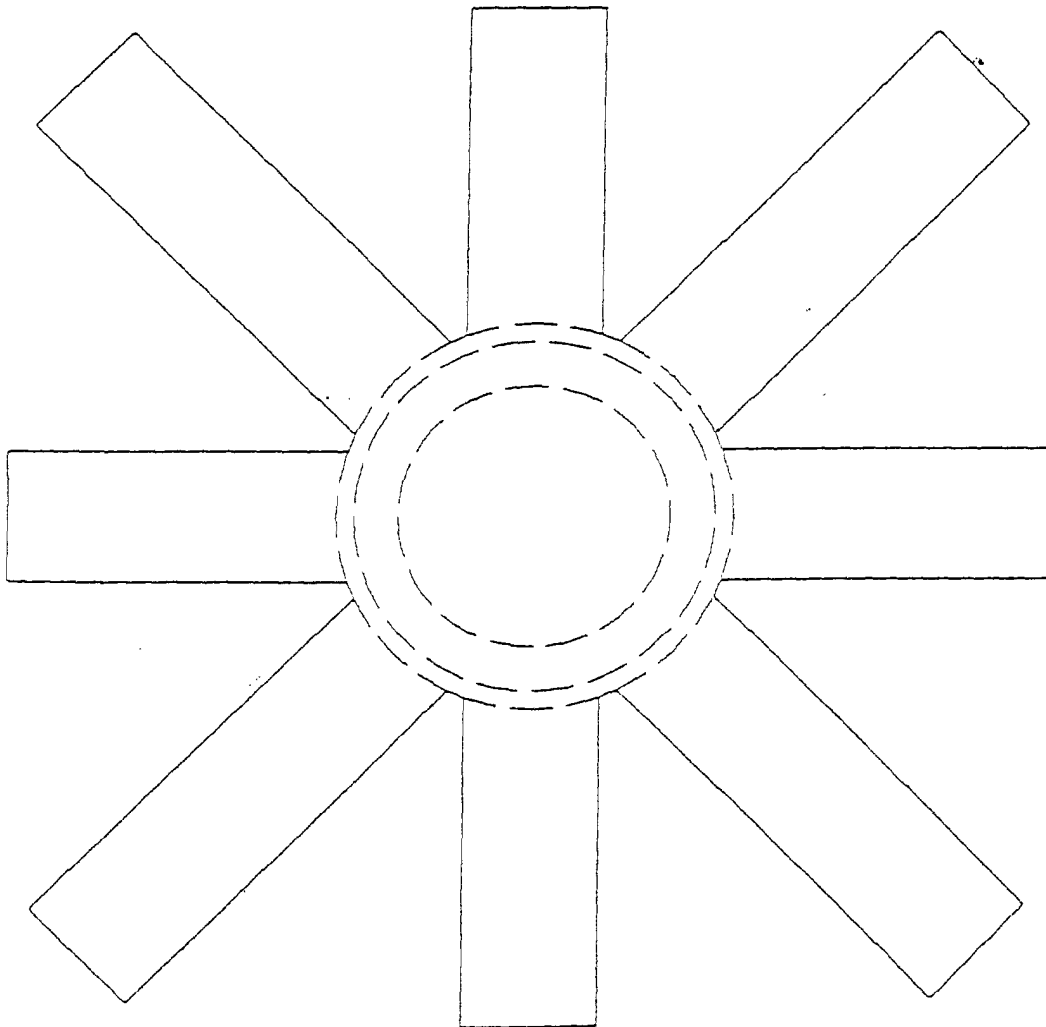
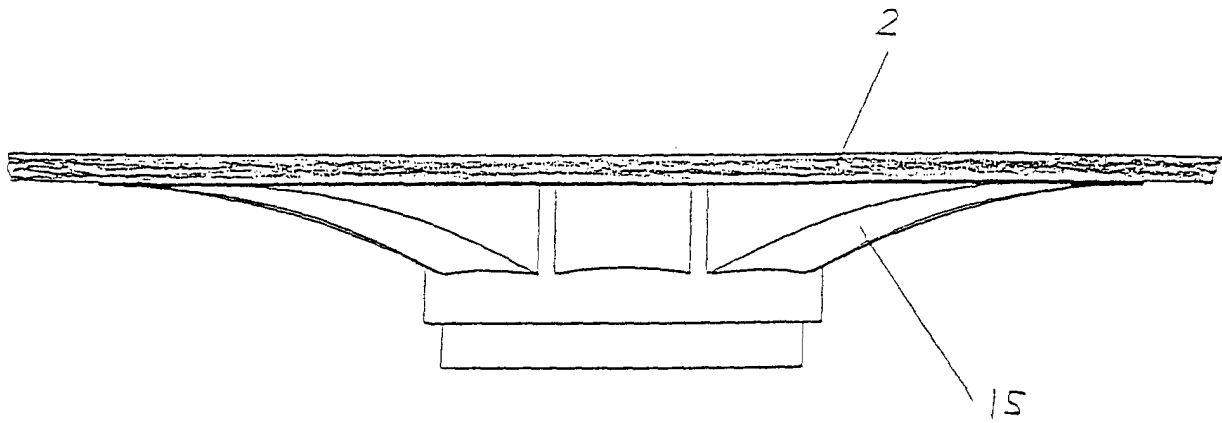


Fig. 12