



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.12.2005 Patentblatt 2005/52

(51) Int Cl.7: **B21D 22/12, B21D 26/02,**
B21D 39/04

(21) Anmeldenummer: **05013694.4**

(22) Anmeldetag: **24.06.2005**

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

(72) Erfinder: **Haiderer, Alois**
5280 Braunau (AT)

(74) Vertreter: **Fiesser, Gerold Michael**
KNH Patentanwälte,
Kahlhöfer, Neumann, Herzog, Fiesser,
Isartorplatz 8
80331 München (DE)

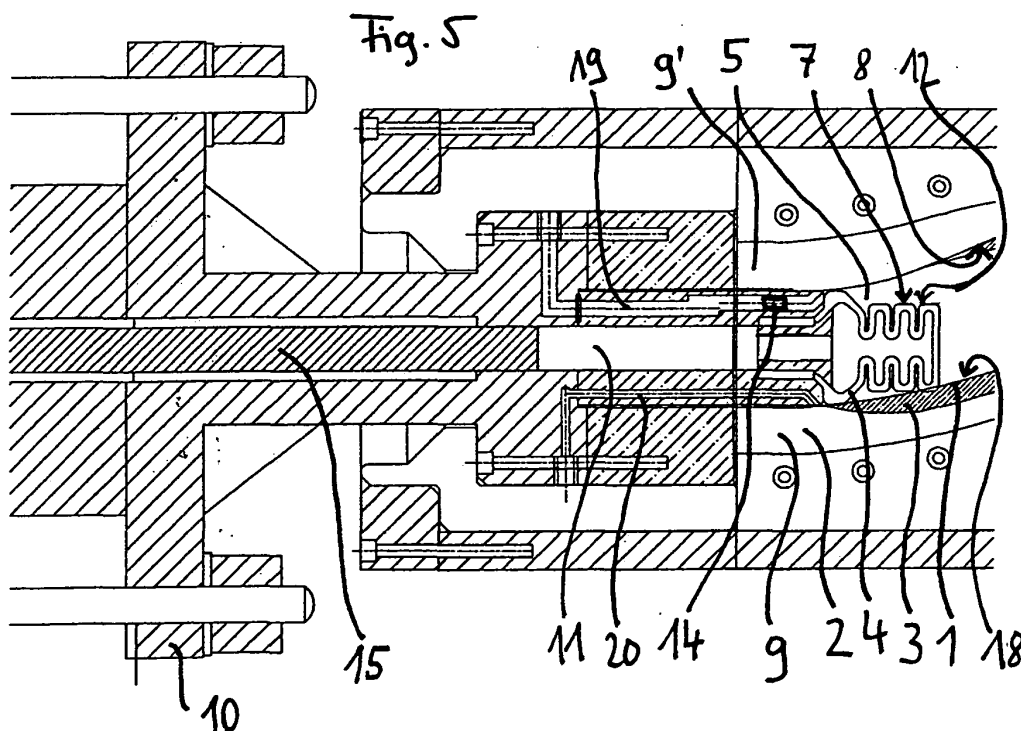
(30) Priorität: **24.06.2004 DE 102004030545**

(71) Anmelder: **Sebring Technology GmbH**
8570 Voitsberg (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Innenhochdruckformen eines Hohlprofils**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Innenhochdruckformen eines Hohlprofils und umfasst folgende Verfahrensschritte: Einsetzen des Hohlprofils (1) in einen in einer Hohlform (2) ausgebildeten Hohlraum (3); zumindest teilweises Ausdehnen eines Expansionskörpers (4) in einen Innenraum (5) des Hohlprofils (1) hinein derart, dass sich der Expansionskörper (4) im Wesentlichen von selbst einer Innenkontur (18) des Hohlprofils (1) anpasst; Umformen des Hohlprofils (1) durch Expan-

sion des Expansionskörpers (4); und zumindest teilweises Zurückziehen des Expansionskörpers (4) aus dem Innenraum (5) des Hohlprofils (1), indem der Expansionskörper (4) zusammengezogen wird, sowie eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass komplexe Werkstücke auf einfache Weise sauber, sicher, passgenau auf zügige Weise umgeformt werden können.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Innenhochdruckformen eines Hohlprofils.

[0002] Das Innenhochdruckumformen (s. z.B. EP 0 906 800 B1) ist bekannt als ein relativ junges Umformverfahren, welches hohle, dünnwandige Bauteile mittels eines hydraulischen Innendruckes in einer Gesenkform aufweitet, wobei eine lineare, axiale Werkzeugbewegung überlagert wird. Das Verfahren wurde vor allem aufgrund des fortschreitenden Trends zur Leichtbauweise entwickelt und geht meist von einem rohrförmigen, abgelenkten Halbzeug aus. Zum Einlegen eines Rohteiles und zur Entnahme der verformten Werkstücke müssen die Werkzeuge grundsätzlich geteilt sein. Üblicherweise läuft der Herstellungsvorgang in folgenden Schritten ab: zunächst wird das rohrförmige Rohteil in das geöffnete Werkzeug gelegt und mit der Hydraulikflüssigkeit geflutet; anschließend wird das Werkzeug geschlossen und die Stirnflächen des Werkstückes werden abgedichtet; schließlich folgt der eigentliche Umformprozess, in dem das Werkstück von Innen mit hohem Druck beaufschlagt wird, wodurch es sich nach Außen verformt. Nach dem ersten freien Aufweiten legt es sich nach und nach an die Innenkontur des Werkzeuges an. Üblicherweise wird wegen des gestiegenen Umfangs und der damit vergrößerten Oberfläche Werkstoff axial über eine Werkzeugbewegung nachgeschoben.

[0003] Nachteilig bei bekannten Hochdruckumformverfahren ist zum einen, dass die verwendete Hydraulikflüssigkeit mit dem Werkstück in Kontakt gelangt, weshalb zum einen das Werkstück anschließend gereinigt werden muss, zum anderen vom Werkstück verunreinigte Hydraulikflüssigkeit entsorgt werden muss. Insbesondere vor dem Hintergrund einer effizienten Prozessführung ist ein Entfernen des Druckmediums aus einem Innenraum des Werkstückes nachteilig, da dieses mit erheblichem Zeitaufwand verbunden ist. Ein weiterer Nachteil dieser bekannten Innenhochdruckumformverfahren ist, dass bei Penetration des Werkstückes, insbesondere bei einem Riss in einer Wandung, hydraulisches Druckmittel von einem Innenraum des Werkstückes in einen Zwischenraum zwischen Werkstück gestört wird. Für viele Anwendungen ist es jedoch unerheblich, ob das Werkstück k und Werkzeug gelangt und so der Umformvorgang aufgrund des Druckausgleichs eine Penetration erfährt oder nicht und man ist daran interessiert auch bei Penetration weiter Umformen zu können.

[0004] Darüber hinaus weisen derartige Umformverfahren ein Sicherheitsproblem auf, da insbesondere bei komplex vorgeformten Werkstücken nicht immer sichergestellt werden kann, dass der Innenraum des Werkstückes luftblasenfrei von einem verwendeten hydraulischen Druckmittel befüllt wird. Bei Undichtigkeiten des Werkzeuges, insbesondere einem ruckartigen Öffnen des Werkzeuges, geht eine nicht unerhebliche Gefahr

von der komprimierten Luft aus.

[0005] DE 195 33 828 C2 beschreibt eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Innenhochdruck-Umformen, bei dem ein elastischer Hohlkörper an einem Stempel in den Innenraum des Rohlings hineingeschoben wird.

[0006] DE 197 24 036 A1 beschreibt ein Verfahren zum Innenhochdruck-Umformen, bei dem ein Dehnkörper, der im Inneren einer im Wesentlichen steife Lanze aufweist, in den Rohling eingeführt wird. Auch hier sind mechanische Betätigungsmittel erforderlich, um den Dehnkörper ins Innere des Rohlings einzuführen.

[0007] DE 699 06 537 T2 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Expansionsformen, wobei ein Elastomer-Formkörper im Inneren eines zu bearbeitenden Rohlings angeordnet und anschließend verformt wird.

[0008] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Innenhochdruckformen eines Hohlprofils anzugeben, womit Hohlprofile zu komplexen Strukturen einfach, sauber, sicher, umwelt-schonend und mit einer hohen Prozessgeschwindigkeit umgeformt werden können.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch die jeweiligen Gegenstände der Hauptansprüche. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, die jeweils einzeln angewandt oder beliebig miteinander kombiniert werden können, sind Gegenstand der jeweilig abhängigen Ansprüche.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Innenhochdruckformen eines Hohlprofils umfasst folgende Verfahrensschritte: das Hohlprofil wird in einen in einer Hohlform ausgebildeten Hohlraum eingebracht; ein Expansionskörper wird zumindest teilweise in einen Innenraum des Hohlprofils hinein derart ausgedehnt, dass sich der Expansionskörper im Wesentlichen von selbst einer Innenkontur des Hohlprofils anpasst; das Hohlprofil wird durch Expansion des Expansionskörpers umgeformt; und der Expansionskörper wird zumindest teilweise aus dem Innenraum des Hohlprofils zurückgezogen, indem der Expansionskörper zusammengezogen wird.

[0011] Die Hohlform ist vorteilhafterweise aus einer Mehrzahl von Formteilen gebildet, um ein Entfernen des Werkstückes, insbesondere des umgeformten Hohlprofils, zu ermöglichen. Der Hohlraum der Hohlform ist vorteilhafterweise nur an einer Stelle zur Zuführung eines Druckmediums offen und umschließt das Hohlprofil ansonsten vollständig. Die Hohlform weist zusätzlich vorteilhafterweise einen separaten Entlüftungskanal auf, um von dem Expansionskörper verdrängte Luft abzulassen bzw. ggf. im Hohlraum befindliche Flüssigkeit abzulassen. Das Einbringen des Hohlprofils kann durch einfaches Einsetzen erfolgen. Möglich ist aber auch, das Werkstück während des Einbringens vorzuformen, insbesondere zu quetschen oder pressen.

[0012] Der Expansionskörper wird zumindest teilweise während seiner Ausdehnung in den Innenraum des Hohlprofils eingefügt. Dieses wird vorteilhafterweise durch eine besondere Struktur des Expansionskörpers bewirkt, die bei Beaufschlagung des Expansionskör-

pers mit einem Druckmedium automatisch eine Ausdehnung des Expansionskörpers in den Innenraum bewirkt. Handelt es sich beispielsweise um ein längliches Hohlprofil, dehnt sich der Expansionskörper vorwiegend längenmäßig während seiner Ausdehnung in den Innenraum aus. Hierdurch werden komplizierte Bewegungsmittel zum hin und her fahren des Expansionskörpers in und aus den Innenraum vereinfacht bzw. sogar unnötig, wodurch zudem komplizierte Hochdruckabdichtungen vereinfacht konzipiert werden können. Die Struktur wird vorteilhafterweise durch einen Faltenwurf einer Haut des Expansionskörpers, insbesondere nach einem Ziehharmonika- oder Faltenbalgprinzips, gebildet. Die Struktur dient dazu, dem Expansionskörper ein eigenes vorteilhafterweise dem Innenraum des Hohlprofils angepasstes anisotropes Ausdehnungsverhalten zu verleihen. Der Expansionskörper expandiert derart, dass er sich von selbst dem Innenraum des Hohlprofils anpasst ohne sich an einer Innenfläche bzw. Innenkontur des Hohlprofils anzupassen. Hierdurch wird zum einen eine übermäßige Beanspruchung des Expansionskörpers bei seiner Expansion vermieden, zum anderen auch eine schneller Prozessführung ermöglicht, da der Expansionskörper sich automatisch von selbst einfügt und nicht mit Hilfe von komplizierten Bewegungsmitteln in den Innenraum des Hohlprofils eingefügt werden muss. Der Expansionskörper wird vorteilhafterweise mit Hilfe des Druckgenerators sowohl ausgedehnt und zusammengezogen: der Druckgenerator hat somit zweckmäßigerweise eine doppelte Funktion. Durch die inhärente Anpassungsfähigkeitsfunktion des Expansionskörpers wird ein Reibungskontakt des Expansionskörpers mit der Innenkontur des Hohlprofils verringert, wodurch der Expansionskörper vor Verschleiß stärker geschützt wird. Außerdem wird eine übermäßige Ausdehnung vermieden und die Rissgefahr des Expansionskörpers verringert.

[0013] Das Hohlprofil wird vorteilhafterweise durch einen Stoß des fließenden Druckmediums schlagartig umgeformt. Der Stoß wird beispielsweise durch die kinetische Energie bzw. den Druckstoß des einströmenden Druckmediums bewirkt. Das Hohlprofil kann mehrschalig, offen, halboffen, als Halb- oder Viertelschale mit oder ohne Durchbrüchen gestaltet sein.

[0014] Nach der Umformung wird der Expansionskörper zumindest teilweise aus dem Innenraum zurückgezogen, indem er beispielsweise mit Hilfe eines in seinem Inneren wirkenden Unterdrucks zusammengezogen wird. Das Zusammenziehen des Expansionskörpers wird vorteilhafterweise wiederum mit der oben genannten Struktur bewerkstelligt, indem das Druckmittel im Inneren des Expansionskörpers aus dem Expansionskörper gesaugt wird, wodurch sich der Expansionskörper entsprechend seiner Struktur zusammenfaltet und/oder zusammenrollt. Mit Hilfe dieses Verfahrens wird eine einfache, saubere und sichere Prozessführung ermöglicht. Eine Bildung von komprimierten Luftbläschen im Innenraum des Hohlprofils wird vermieden, da der Ex-

pansionskörper ohne weitere Schwierigkeit vollständig d.h. frei von Luftbläschen mit einem Druckmedium befüllt werden kann.

[0015] Der Expansionskörper ist vorteilhafterweise aus einem Elastomer, insbesondere aus einem Gummi, vorteilhafterweise gewebefrei, gefertigt. Die Struktur des Expansionskörpers kann beispielsweise durch die Form einer Ziehharmonika oder eines Faltenbalges gegeben sein. Auch sind verschraubte Formen, wie etwa eine tordierte Ziehharmonika, im Sinne eines Strumpfes auf links gezogene d.h. in Bezug auf den Innenraum invertierte oder im Querschnitt mäanderförmige Strukturen möglich, um ein einfaches zumindest teilweises Einfügen in bzw. zurückziehen aus dem Innenraum des Hohlprofils zu ermöglichen.

[0016] Vorteilhafterweise wird der Expansionskörper durch Beaufschlagung mit einem inkompressibelen Druckmedium ausgedehnt. Hierfür können beispielsweise Öle oder zähflüssige Medien, wie z.B. Fette, verwendet werden. Da das Druckmedium nicht in Kontakt mit dem Hohlprofil gelangt, ist eine Reinigung des umgeformten Hohlprofils von dem Druckmedium nicht erforderlich. Darüber hinaus kann das Druckmedium wieder verwendet werden und muss nicht nach Gebrauch entsorgt werden.

[0017] Vorteilhafterweise wird in den Hohlraum der Hohlform und/oder in den Innenraum des Hohlprofils mindestens ein weiteres Hohlprofil eingesetzt oder eingefügt. Das Verfahren erlaubt es, mehrere Hohlprofile gleichzeitig oder zeitlich nacheinander zu verformen und somit Mehrlagenstrukturen herzustellen. Dafür können mehrere Hohlprofile ineinander oder nebeneinander, d.h. vollständig oder nur teilweise überlappend, angeordnet werden und durch Umformung miteinander verbunden werden. Außerdem können chemisch-technische Verbindungen erzielt werden.

[0018] Mit dem Verfahren können auf einfache Weise komplexe Strukturen unter Verwendung von verschiedenen Materialien auf zügige Weise hergestellt werden. Beispielsweise werden zwei oder mehrere Hohlprofile gleichzeitig mit einer Expansion des Expansionskörpers umgeformt. Möglich ist auch, das eine Hohlprofil nach Umformung des anderen Hohlprofils durch eine weitere Expansion des Expansionskörpers umzuformen. Bei der letzten Verfahrensvariante wird ein Werkstück schichtweise aufgebaut.

[0019] In einer besonderen Ausgestaltung werden Elemente aus Metal, Kunststoff, Sintermaterialien oder Keramik, insbesondere Halbschalenteile, Rohrflansche, Rohrabzweigungen durch das Umformen mit dem Hohlprofil verbunden. Hierdurch können gezielt komplexe Werkstücke unter Verwendung verschiedenster Materialien an verschiedenen Stellen des Hohlprofils miteinander verbunden werden. Besonderes interessant erscheinen Verbindungen zwischen Metallen und Keramiken bzw. Metallen und Kunststoffen, durch die die vorteilhaften Eigenschaften von Keramiken bzw. Kunststoffen, insbesondere deren elektrische wie thermische

Isolationseigenschaften, mit den vorteilhaften Eigenschaften von Metallen, insbesondere deren mechanische Eigenschaften, miteinander kombiniert werden können. Hierdurch können für den jeweiligen Anwendungsfall besonders angepasste Werkstücke hergestellt werden.

[0020] Vorteilhafterweise wird das Hohlprofil vor dem Umformen erhitzt. Eine Erhitzung des Hohlprofils vor dem Umformen erlaubt es, Hohlprofile mit großen Wandstärken umzuformen, wodurch zum einen ein Reißen der Wand verhindert werden kann, zum anderen besonders robuste Werkstücke hergestellt werden können. Gegebenenfalls wird der Expansionskörper durch ein gekühltes Druckmittel weiter vor einer Überhitzung geschützt.

[0021] Zweckmäßigerweise wird das Hohlprofil vor dem Einsetzen in den Hohlraum der Hohlform vorgeformt wie z.B. vorgebogen oder mit einer Struktur (z.B. Noppen) versehen. Dieses ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Hohlprofil stark verformt werden soll und ein einstufiges Innenhochdruckformverfahren nicht ausreichen würde, um derartig starke Verformungen zu erreichen.

[0022] Es ist von Vorteil, wenn das Hohlprofil stauungsfrei und/oder faltenfrei umgeformt wird. Zum einen bedeutet dies eine Kostenersparnis aufgrund geringen Materialaufwandes für das umgeformte Hohlprofil. Zum anderen werden so die nachteiligen Eigenschaften von Falten für die weitere Verwendung des Werkstückes vermieden. Beispielsweise sind für manche Anwendung die hydrodynamischen Strömungseigenschaften eines geformten Rohres von Bedeutung, wenn es als Fluidleitung (z.B. ein Abgasstrang) verwendet werden soll; Falten bilden einen Strömungswiderstand, an dem sich unerwünschte Ablagerungen ansammeln können.

[0023] Zweckmäßigerweise wird der Expansionskörper zunächst mit einem Druckmedium vorgefüllt und anschließend wird der Expansionskörper mit einem oder mehreren Druckstößen auf seine volle Größe aufgeblasen und dabei das Werkstück verformt. Bei einem derartigen zweistufigen Expansionsverfahren können die für den hohen Druck erforderlichen Druckgeneratoren kleiner und platzsparender ausgestaltet werden, indem das Vorfüllen mit Hilfe einer Pumpe bewerkstelligt wird, die das Druckmittel aus einem einfachen Tanks mit einem Ventil in den Expansionskörper pumpt.

[0024] Vorteilhafterweise wird nach Umformung das inkompressible Druckmedium aus dem Expansionskörper abgesaugt. Durch das Absaugen zieht sich der Expansionskörper zusammen und wird zumindest teilweise aus dem Innenraum des Hohlprofils zurückgezogen. Hierdurch wird wiederum eine besonders schnelle Prozessführung ermöglicht. Darüberhinaus können Bewegungsmittel zum Einführen des Expansionskörpers in den Innenraum des Hohlprofils einfacher ausgestaltet werden.

[0025] Um eine Bearbeitung von heißen Hohlprofilen zu ermöglichen, welches insbesondere bei starken

Wandstärken des Hohlprofils vorteilhaft ist, ist es von Vorteil, die äußere Oberfläche des Expansionskörpers mit einer Hitzeschutzschicht, insbesondere einer Wachs- oder Teflonschicht, zu überziehen. Diese Hitzeschutzschicht bewirkt, dass der Expansionskörper für den kurzen Moment seines Kontaktes mit dem Hohlprofil während des Umformvorganges nicht beschädigt wird. Zwar wird durch das zumindest teilweise Zurückziehen des Expansionskörpers aus dem Innenraum des Hohlprofils die Zeit eines Kontaktes zwischen dem Expansionskörper und dem Hohlprofil vergleichsweise kurz, doch hilft eine derartige Hitzeschutzschicht zusätzlich dabei, dass den flexiblen Expansionskörper vor einer schädlichen Hitzeeinwirkung zu bewahren.

[0026] Weiterhin ist es zweckmäßig, die Hohlform an ihrer Innenfläche mit einer Gleitschicht, insbesondere einer Wachs-, Öl-, Fett- oder Teflonschicht zu überziehen. Die Gleitschicht dient dazu, ein Gleiten des Materials des Hohlprofils entlang der Innenfläche der Hohlform zu erleichtern. Hierdurch wird ein Reißen einer Wandung des Hohlprofils entgegen gewirkt.

[0027] Die Hohlform weist vorteilhafterweise zwei oder mehrere Formteile auf, die mechanisch miteinander verschlossen werden. Im Gegensatz zu Lösungen, bei denen die Formteile der Hohlform mit Hilfe von hydraulischen Zylindern zusammengehalten werden, besteht ein Vorteil des mechanischen Verschlusses darin, dass er sehr einfach, preiswert und sicher arbeitet.

[0028] Vorteilhafterweise wird der Expansionskörper für eine Mehrzahl von Expansionsvorgängen und/oder für eine Mehrzahl von Hohlprofilen verwendet.

[0029] In einer besonderen Ausgestaltung wird, insbesondere zum Lösen des Expansionskörpers durch einen Gegendruck und/oder zum Beschichten des Hohlprofils von Innen, außerhalb des Expansionskörpers ein zweites Druckmedium in den Innenraum über eine Druckleitung zugeführt. Hierdurch wird das Verfahren in der Weise flexibel ausgestaltet, dass es auch auf ein konventionelles Innendruckumformverfahren umgeschaltet werden kann. Dieses ist vorteilhaft, um einerseits bei einer Verklebung des Expansionskörpers am Werkstück den Expansionskörper durch Aufbringen eines Gegendrucks zu lösen, andererseits das zweite Druckmedium auch mit Zusätzen versehen werden kann, durch die das Hohlprofil von Innen in besonderer Weise mechanisch-chemisch beschichtet wird. Bei einer derartigen Beschichtungsvariante wird vergleichsweise wenig Beschichtungsmittel, welches als weiteres Druckmittel dient, benötigt, da ein Großteil des Innenraums des Hohlprofils von dem Volumen des Expansionskörpers ausgefüllt ist. Das zweite Druckmittel kann auch als Kühlmittel für den Expansionskörper bei Verwendung vorerhitzter Hohlprofile verwendet werden. Als Beschichtungen sind insbesondere säurebeständige Beschichtungen wie z.B. Harze (wie Epoxyharz), Keramiken oder Sintermaterialien besonders zweckmäßig.

[0030] Es ist weiterhin von Vorteil, wenn die Druckleitung zur Zuführung des zweiten Druckmittels mit Hilfe

des Expansionskörpers abgedichtet wird. Hierdurch sind weitere Ventile zur Abdichtung der Druckleitung bei einem Betrieb des Expansionskörpers mit nur einem Druckmedium nicht erforderlich.

[0031] Für besonders komplexe Geometrien des zu bearbeitenden Werkstücks, insbesondere bei komplexen Hinterschneidungen oder schaften Kanten, kann es sinnvoll sein, dass mindestens ein weiterer Expansionskörper sich zumindest teilweise in den Innenraum des Hohlprofils hinein derart ausdehnt, dass er sich im Wesentlichen von selbst der Innenkontur des Hohlprofils anpasst. Durch die Verwendung mehrerer Expansionskörper können Werkstücke mit separaten Hohlräumen durch Umformen gefertigt werden. Für den Fachmann versteht sich von selbst, dass die Verwendung von mehreren Expansionskörpern auch mit Expansionskörpern zweckmäßig ist, die nicht die Eignung einer Selbstanpassung an die Innenkontur des Hohlprofils besitzen.

[0032] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Umformen eines Hohlprofils umfasst eine Hohlform, die einen Hohlraum ausbildet, in den ein Hohlprofil einführbar ist, einen Expansionskörper, der in einen Innenraum des Hohlprofils einführbar ist, und einen Druckgenerator, der in fluidleitender Verbindung mit dem Expansionskörper steht, wobei der Expansionskörper eine Struktur aufweist, durch welche sich der Expansionskörper im Wesentlichen von selbst während seiner Expansion zumindest teilweise in den Innenraum des Hohlprofils hinein erstrecken und während seines Zusammenziehens im Wesentlichen von selbst zumindest teilweise aus dem Innenraum des Hohlprofils heraus zurückziehen kann.

[0033] Mit Hilfe dieser Vorrichtung können eine Vielzahl beliebig geformter Werkstücke gleichzeitig und in schneller Abfolge umgeformt werden. Mit Hilfe der Struktur wird eine Bewegung des Expansionskörpers insbesondere eine längenmäßige Ausdehnung entlang eines länglichen Hohlprofils bewirkt. Die Struktur führt dazu, dass der Expansionskörper sich in definierter Weise bestimmte Raumrichtungen stärker als in andere Raumrichtungen ausdehnt. Sie dient dazu, dass der Expansionskörper sich automatisch in den Innenraum des Hohlprofils einschiebt und nach Vollendung des Umformprozesses wieder automatisch herauszieht. Hierzu ist ein Abstützen des Expansionskörpers gegen eine Innenkontur des Hohlprofils im Wesentlichen nicht erforderlich, wodurch zum einen die mechanische Belastung des Expansionskörpers verringert wird, zum anderen aufgrund des automatischen Zurückziehverhaltens eine schnellere Prozessführung ermöglicht wird.

[0034] Vorteilhafterweise wird ein Druckgenerator zur Erzeugung eines Überdruckes, insbesondere zwischen 80 und 16000 bar, vorzugsweise zwischen 150 und 1500 bar, besonders bevorzugt zwischen 300 und 500 bar, je nach verwendeter Form und verwendetem Material verwendet. Vorteilhafterweise ist mit dem Druckgenerator auch ein Unterdruck erzeugbar, durch den das Druckmedium aus dem Expansionskörper zurück-

gezogen werden kann. Mit dem Druckgenerator ist vorteilhafterweise ein Überdruck und ein Unterdruck erzeugbar.

[0035] Die Hohlform weist zweckmäßigerweise mindestens zwei Formteile auf, die mechanisch miteinander verschließbar sind. Durch einen mechanischen Verschluss wird auf einfache Weise eine sichere Verbindung der verwendeten Formteile der Hohlform gewährleistet.

[0036] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Vorrichtung weiterhin eine Einrichtung zum Vorformen des Hohlprofils. Dieses ist insbesondere bei starken Verformungen bzw. Umformungen des Hohlprofils sinnvoll, um mehrstufige Innenhochdruckumformverfahren zu vermeiden.

[0037] Zur Verformung dickwandiger Hohlprofile umfasst die Vorrichtung vorteilhafterweise eine Heizung zur Erhitzung des Hohlprofils vor seiner Umformung. Durch die hohen Temperaturen des Hohlprofils wird ein Materialfluss beim Umformprozess erleichtert, welches eine Bearbeitung stärkerer Wandstärken bei gleich bleibenden Arbeitsdruck des Druckmediums ermöglicht.

[0038] Die Vorrichtung weist in einer speziellen Ausgestaltung einen Druckgenerator mit einem Druckumformer für inkompressible Flüssigkeiten, insbesondere Öl oder Fett, auf. Mit Hilfe des Druckumformers können auf einfache Weise sehr hohe Drücke, insbesondere zwischen 80 und 16000 bar, vorzugsweise zwischen 150 und 1500 bar, besonders bevorzugt zwischen 300 und 500 bar, je nach verwendeter Form und verwendetem Material erzeugt werden.

[0039] In einer besonderen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Expansionskörper an seiner äußeren Oberfläche mit einer Hitzeschutzschicht ausgestattet. Insbesondere bei der Bearbeitung heißer Hohlprofile schützt die Hitzeschutzschicht den flexiblen Expansionskörper, der beispielsweise aus einem Elastomer geformt ist. Zur Verbesserung des Materialflusses ist die Hohlform an ihrer Innenfläche mit einer Gleitschicht überzogen. Die Gleitschicht beinhaltet vorteilhafterweise Wachs-, Öl-, Fett- und/oder Teflonzusätze.

[0040] Vorteilhafterweise umfasst die Vorrichtung weiterhin ein Rückschlagventil in der fluidleitenden Verbindung. Hierdurch wird sichergestellt, dass der kurz nach dem Umformprozess gehende Rückschlag nicht die Druckleitungen für das Druckmittel zerstört.

[0041] In einer besonderen Ausgestaltung weist die Vorrichtung eine weitere Druckleitung zum Beaufschlagen des Innenraums außerhalb des Expansionskörpers, insbesondere zum Lösen des Expansionskörpers durch einen Gegendruck und/oder zum Beschichten des Hohlprofils von Innen, auf. Mit einem Gegendruck kann ein mit dem Werkstück verklemmter Expansionskörper entfernt werden. Das zweite Druckmedium kann auch dazu verwendet werden, das Werkstück von innen mechanisch und/oder chemisch zu beschichten; mit Hilfe des hohen Drucks kann eine besonders haltbare Be-

schichtung hergestellt werden. Mit der zweiten Druckleitung können mit der beschriebenen Vorrichtung auch konventionelle Innenhochdruckumformverfahren durchgeführt werden.

[0042] Vorteilhaft ist auch, den Expansionskörper mit einer Abdichtungsfunktion für die Druckleitung auszustatten. Hierdurch werden Ventile überflüssig, die für die zweite Druckleitung erforderlich wären: der Expansionskörper dichtet bei seiner Expansion die Mündung der zweiten Druckleitung ab.

[0043] Unabhängig von der besonderen Ausgestaltung des Expansionskörper mit der Struktur, kann es grundsätzlich zweckmäßig sein mindestens einen weiteren Expansionskörper vorzusehen, der in den Innenraum des Hohlprofils einführbar ist. Hierdurch können selbst Werkstücke bearbeitet werden, die komplizierte Hinterschnidungen oder separate Innenräume aufweisen.

[0044] Weitere Vorteile werden anhand der folgenden Zeichnung erläutert. Diese soll die Erfindung nicht einschränken, sondern einige Gedanken der Erfindung exemplarisch illustrieren.

[0045] Es zeigen:

- Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung im Querschnitt;
- Fig. 2a einen Expansionskörper im Querschnitt in einem entspannten Zustand;
- Fig. 2b den Expansionskörper nach Fig. 2a in einem ausgestreckten Zustand;
- Fig. 3 eine Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf einem Umformtisch;
- Fig. 4 eine Detailansicht eines Hohlprofils in einer Hohlform mit einem Expansionskörper;
- Fig. 5 eine Detailansicht einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Innenhochdruckformen; und
- Fig. 6 die erfindungsgemäße Vorrichtung nach Fig. 5, bei dem die Hohlform von einem Druckgenerator getrennt wurde.

[0046] Fig. 1 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung im Querschnitt mit einem Hohlprofil 1, welches in einem Hohlraum 3 einer Hohlform 2 eingebracht ist, und in dessen Innenraum 5 ein Expansionskörper 4 sich erstreckt. Der Expansionskörper 4 wird mit Hilfe einer fluidleitenden Verbindung 11 und einem Druckgenerator 10 mit einem Druckmedium, insbesondere Öl, befüllt, so dass er sich in den Innenraum 5 des Hohlprofils 1 im Wesentlichen von selbst erstreckt. Seine Streckbewegung führt er im Wesentlichen selbst durch und benötigt hierzu nicht eine durch eine Innenkontur 18 des Hohlprofils 1

aufgebrachte Gegenkraft bzw. Gegendruck. Der Expansionskörper 4 füllt bei vollständiger Vorfüllung den Innenraum 5 des Hohlprofils 1 aus. Anschließend wird das Hohlprofil 1 durch Betätigen des Druckgenerators 10, der hier als Druckumformer ausgestaltet ist, an eine Innenfläche 8 der Hohlform 2 angepresst. Mit Hilfe eines Kolbens 15 des Druckgenerators 10 kann sowohl ein Überdruck von etwa 350 bar aufgebaut sowie ein Unterdruck erzeugt werden, mit dessen Hilfe der Expansionskörper 4 sich im Wesentlichen von selbst aus dem Innenraum 5 des dann umgeformten Hohlprofils 1 zurückzieht. Ein Anschlusskopf 16 des Druckgenerators 10 ist formschlüssig mit der Hohlform 2 zur Herstellung einer fluidleitenden Verbindung 11 verbunden. Durch entsprechende Formgebung der Hohlform 2 können beliebig geformte Hohlprofile bzw. auch andere Teilprofile wie z.B. Halbschalenprofile, die gerade oder gekrümmt sein können, umgeformt werden. Durch Einbringen mehrerer Hohlprofile 1 in die Hohlform 2 können Mehrschichtstrukturen erzeugt werden. Dieses ist insbesondere von Bedeutung für Werkstücke, die aus verschiedenen Materialien wie z.B. Metall und Keramik oder Kunststoff gefertigt werden sollen. Mit Hilfe von Druckleitungen 17 wird der Expansionskörper 4 vorbefüllt. Ein Rückschlagventil 14 verhindert einen Rückschlag während bzw. kurz nach dem Umformprozess, der aufgrund der kinetischen Energie des Kolbens 15 bzw. des Druckmediums in die Druckleitungen 17 rückwirkt. Hierdurch wird ein Beschädigen der Druckleitungen 17 verhindert.

[0047] Fig. 2a zeigt einen Expansionskörper 4 im Querschnitt in einem entspannten Zustand. Durch Beaufschlagung des Inneren des Expansionskörpers 4 mit einem Unterdruck zieht sich dieser weiter zusammen. Die äußere Oberfläche 7 des Expansionskörpers 4 wird mit einer hitzebeständigen Schicht überzogen, um auch Hohlprofile 1 bearbeiten zu können, die zur Verbesserung der Materialfließfähigkeit auf hohe Temperaturen erhitzt sind. Dieses ermöglicht eine Bearbeitung von Hohlprofilen 1 mit vergleichsweise großen Wandstärken. Durch eine Struktur 12 des Expansionskörpers 4 wird eine Ausdehnung des Expansionskörpers 4 in seiner Längsrichtung ermöglicht, so dass zumindest teilweise ein Einfügen bzw. Zurückziehen des Expansionskörpers 4 in den bzw. aus dem Innenraum 5 des Hohlprofils 1 ermöglicht wird, indem der Expansionskörper einem entsprechenden Über- bzw. Unterdruck ausgesetzt wird. Eine Neubestückung der Vorrichtung mit einem neuen unbearbeiteten Werkstück wird so erleichtert.

[0048] Fig. 2b zeigt den Expansionskörper 4 nach Fig. 2a in einem vorbefüllten Zustand. Die Struktur 12 ist aufgrund der Expansion des Expansionskörpers 4 im Wesentlichen verschwunden. Durch Vorgabe eines Druckstoßes mit dem Druckgenerator 10 wird das Hohlprofil 1 an die Innenfläche 8 der Hohlform 2 angedrückt und entsprechend umgeformt.

[0049] Fig. 3 zeigt eine Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf einer Werkbank. Der mechani-

sche Verschluss der Hohlform 2, welche aus mehreren Formteilen 9, 9' zusammen gesetzt ist, erlaubt einen platz- und kostensparenden Aufbau der Umformvorrichtung.

[0050] Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach Fig. 1, wobei ein Hohlprofil 1 und ein zusätzliches Element 6 in den Hohlraum 3 der aus zwei Formteilen 9, 9' zusammengesetzten Hohlform 2 eingeführt ist. Durch Beaufschlagung des Expansionskörpers 4 mit einem Druck dehnt sich der Expansionskörper 4 in den Innenraum 5 des Hohlprofils 1 aus und drückt das Hohlprofil 1 und das Element 6 bei entsprechend großem Druck von etwa 350 bar gegen die Innenfläche 8 der Hohlform 2. Die Hohlform 2 wird mit Hilfe des in Fig. 1 gezeigten Anschlusskopfes 6 abgedichtet. Auf diese Weise ist es möglich, ein Hohlprofil 1 mit einer Mehrzahl von Elementen, wie z.B. Halbschalenteile, Rohrflansche, Anschlüsse, Rohrabzweigungen etc., zu verbinden. Es ist möglich, durch Verwendung mehrerer ineinander oder nebeneinander angeordneter Hohlprofile mehrlagige, mehrschichtige und komplexe Strukturen aufzubauen. Insbesondere ist es möglich, verschiedenste Materialien, wie z.B. Metalle und Keramik bzw. Metalle und Kunststoffe miteinander zu verbinden.

[0051] Fig. 5 zeigt eine Detailansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Innenhochdruckformen mit einem Expansionskörper 4, der im Querschnitt mäanderförmig strukturiert ist. Durch Betätigen des Kolbens 15 des Druckgenerators 10 wird der Expansionskörper 4 über die fluidleitende Verbindung 11 mit Öl als Druckmedium beaufschlagt, wodurch er aufgrund der mäanderförmigen Struktur 12 eine Streckbewegung in den Innenraum 5 des Hohlprofils 1 ausführt. Die Struktur dient dazu, dem Expansionskörper 4 ein eigenes anisotropes Ausdehnungsverhalten zu verleihen. Der Expansionskörper 4 expandiert derart, dass er sich von selbst dem Innenraum 5 des Hohlprofils 1 anpasst. Die Anpassung des Expansionskörpers 4 an den Innenraum 5 des Hohlprofils 1 erfolgt somit vorteilhafterweise im Wesentlichen ohne Abstützung des Expansionskörpers 4 an einer Innenkontur 18 der Hohlprofils 1. Hierdurch wird zum einen eine übermäßige Beanspruchung des Expansionskörpers 4 bei seiner Expansion vermieden als auch eine schnellere Prozessführung ermöglicht, da der Expansionskörper 4 sich automatisch von selbst einfügt und nicht mit Hilfe von komplizierten Bewegungsmitteln (nicht dargestellt) in den Innenraum 5 des Hohlprofils 1 eingefügt werden muss. Über eine Entlüftungsleitung 20 kann die von dem Expansionskörper 4 im Hohlraum 3 der Hohlform 2 zusammengedrückte Luft entweichen. Über eine zusätzliche Druckleitung 19 kann ein zweites Druckmedium, insbesondere mit Zusätzen, die einer Beschichtung des Hohlprofils 1 von Innen dienen, in den Innenraum 5 außerhalb des Expansionskörpers 4 zugeführt werden. Über eine Entlüftungsleitung 20 kann Luft aus dem Hohlraum 3 und/oder dem Innenraum 5 entweichen. Der Expansionskörper 4 ist derart ausgestat-

tet, dass er bei seiner Ausdehnung die zusätzliche Druckleitung 19 abdichtet. Eine weitere Abdichtungswirkung wird durch das sich bei der Umformung ausdehnende Hohlprofil erzielt.

[0052] Fig. 6 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung nach Fig. 5, bei dem die Hohlform 2 von dem Druckgenerator 10 getrennt wurde. Zu erkennen ist auch, dass beliebig geformte, insbesondere abgewinkelte, Hohlprofile 1 umgeformt werden können.

[0053] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Innenhochdruckformen eines Hohlprofils und umfasst folgende Verfahrensschritte: Einsetzen des Hohlprofils 1 in einen in einer Hohlform 2 ausgebildeten Hohlraum 3; zumindest teilweises Ausdehnen eines Expansionskörpers 4 in einen Innenraum 5 des Hohlprofils 1 hinein derart, dass sich der Expansionskörper 4 im Wesentlichen von selbst einer Innenkontur 18 des Hohlprofils 1 anpasst; Umformen des Hohlprofils 1 durch Expansion des Expansionskörpers 4; und zumindest teilweises Zurückziehen des Expansionskörpers 4 aus dem Innenraum 5 des Hohlprofils 1, indem der Expansionskörper 4 zusammengezogen wird, sowie eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass komplexe Werkstücke auf einfache Weise sauber, sicher, passgenau auf zügige Weise umgeformt werden können. Der Expansionskörper 4 zieht sich bei einem entsprechenden Unterdruck im Druckmedium, der mit dem Druckgenerator 10 generiert werden kann, wieder aus dem Innenraum 5 zurück.

Bezugszeichenliste

[0054]

1	Hohlprofil
2	Hohlform
3	Hohlraum
4	Expansionskörper
5	Innenraum
6	Element
7	äußere Oberfläche des Expansionskörpers 4
8	Innenfläche der Hohlform 2
9, 9'	Formteile
10	Druckgenerator
11	fluidleitende Verbindung
12	Struktur

13	Einrichtung zum Vorformen der Hohlprofils 1, 1'	
14	Rückschlagventil	
15	Kolben	5
16	Anschlußkopf	
17	Druckleitung	10
18	Innenkontur	
19	zusätzliche Druckleitung	
20	Entlüftungsleitung	15

Patentansprüche

1. Verfahren zum Innenhochdruckformen eines Hohlprofils (1) umfassend folgende Verfahrensschritte
 - Einbringen des Hohlprofils (1) in einen in einer Hohlform (2) ausgebildeten Hohlraum (3); 25
 - zumindest teilweises Ausdehnen eines Expansionskörpers (4) in einen Innenraum (5) des Hohlprofils (1) hinein derart, dass sich der Expansionskörper (4) im Wesentlichen von selbst einer Innenkontur (18) des Hohlprofils (1) anpasst, wobei sich der Expansionskörper im Wesentlichen von selbst in den Innenraum (5) des Hohlprofils (1) einfügt; 30
 - Umformung des Hohlprofils (1) durch Expansion des Expansionskörpers (4); 35
 - zumindest teilweises Zurückziehen des Expansionskörpers (4) aus dem Innenraum (5) des Hohlprofils (1), indem der Expansionskörper (4) zusammengezogen wird. 40
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in den Hohlraum (3) der Hohlform (2) und/oder in den Innenraum (5) des Hohlprofils (1) mindestens ein weiteres Hohlprofil eingesetzt wird, und insbesondere beide Hohlprofile (1) gleichzeitig umgeformt werden oder das eine Hohlprofil (1') nach Umformung des anderen Hohlprofils (1) durch eine weitere Expansion des Expansionskörpers (4) umgeformt wird, und/oder wobei Elemente (6) aus Metall, Kunststoff, Sintermaterialien oder Keramik, insbesondere Halbschalenteile, Rohrflansche, Rohrabzweigung, durch das Umformen mit dem Hohlprofil (1) verbunden werden, und/oder wobei die Hohlform (2) mindestens zwei Formteile (9, 9') aufweist, die mechanisch miteinander verschlossen werden. 45 50 55

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Hohlprofil (1) vor dem Umformen erhitzt wird und/oder das Hohlprofil (1) vor dem Einsetzen in den Hohlraum (3) der Hohlform (2) vorgeformt wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei mindestens eines der folgenden Merkmale (a1) bis (a5) erfüllt ist:

(a1) das Hohlprofil (1) wird faltenfrei geformt;

(a2) der Expansionskörper (4) wird durch Beaufschlagung mit einem inkompressibelen Druckmedium, insbesondere ein Öl oder ein Fett, ausgedehnt, wobei insbesondere der Expansionskörper (4) zunächst mit dem Druckmedium vorgefüllt wird und anschließend mit einem Druckstoß auf seine volle Größe aufgeblasen wird, und/oder wobei nach Umformung das inkompressible Druckmedium aus dem Expansionskörper (4) abgesaugt wird;

(a3) der Expansionskörper (4) wird an seiner äußeren Oberfläche (7) mit einer Hitzeschuttschicht und/oder die Hohlform (2) wird an ihrer Innenfläche (8) mit einer Gleitschicht, insbesondere eine Wachs- oder Teflonschicht, überzogen;

(a4) der Expansionskörper (4) wird für eine Mehrzahl von Expansionsvorgängen und/oder für eine Mehrzahl von Hohlprofilen (1) verwendet;

(a5) mindestens ein weiterer Expansionskörper dehnt sich zumindest teilweises in den Innenraum (5) des Hohlprofils (1) derart hinein aus, dass er sich im Wesentlichen von selbst der Innenkontur (18) des Hohlprofils (1) anpasst.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei, insbesondere zum Lösen des Expansionskörpers (4) durch einen Gegendruck und/oder zum Beschichten des Hohlprofils (1) von Innen, außerhalb des Expansionskörpers (4) ein zweites Druckmedium in den Innenraum (5) über eine Druckleitung (19) zugeführt wird, wobei insbesondere die Druckleitung (19) mit Hilfe des Expansionskörpers (4) abgedichtet wird.

6. Vorrichtung zum Umformen eines Hohlprofils umfassend eine Hohlform (2), die einen Hohlraum (3) ausbildet, in den ein Hohlprofil (1) einführbar ist, einen Expansionskörper (4), der in einen Innenraum (5) des Hohlprofils (1) einführbar ist, und

einen Druckgenerator (10), der in fluidleitender Verbindung (11) mit dem Expansionskörper (4) steht, wobei der Expansionskörper (4) eine Struktur (12) aufweist, durch welche sich der Expansionskörper (4) im Wesentlichen von selbst während seiner Expansion zumindest teilweise in den Innenraum (5) des Hohlprofils (1) erstrecken und während seines Zusammenziehens im Wesentlichen von selbst zumindest teilweise aus dem Innenraum (5) des Hohlprofils (1) heraus ziehen kann, so dass sich der Expansionskörper im Wesentlichen von selbst in den Innenraum (5) des Hohlprofils (1) einfügt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei mit dem Druckgenerator (12) ein Überdruck, insbesondere zwischen 80 und 16000 bar, vorzugsweise zwischen 150 und 1500 bar, besonders bevorzugt zwischen 300 und 500 bar, und ein Unterdruck erzeugbar ist, wobei insbesondere der Druckgenerator (10) einen Druckumformer für inkompressible Flüssigkeiten, insbesondere ein Öl oder ein Fett, aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche 6 oder 7, wobei die Hohlform (2) mindestens zwei Formteile (9, 9') aufweist, die mechanisch miteinander verschließbar sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche 6 bis 8, wobei mindestens eines der folgenden Merkmale (b1) bis (b5) erfüllt ist:

(b1) die Vorrichtung umfasst weiterhin eine Einrichtung zum Vorformen des Hohlprofils (1);

(b2) die Vorrichtung umfasst weiterhin eine Heizung (14) zur Erhitzung des Hohlprofils (1) vor seiner Umformung;

(b3) der Expansionskörper (4) ist an seiner äußeren Oberfläche (7) mit einer Hitzeschicht und/oder die Hohlform (2) ist an ihrer Innenfläche (8) mit einer Gleitschicht überzogen;

(b4) die Vorrichtung umfasst ein Rückschlagventil (14) in der fluidleitenden Verbindung (11);

(b5) die Vorrichtung umfasst weiterhin eine weitere Druckleitung (19) zum Beaufschlagen des Innenraums (5) außerhalb des Expansionskörpers (4) insbesondere zum Lösen des Expansionskörpers (4) durch einen Gegendruck und/oder zum Beschichten des Hohlprofils (1) von Innen, wobei insbesondere der Expansionskörper und die Vorrichtung so gestalten sind, dass die Druckleitung (19) durch den Expansionskörpers abdichtbar ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein weiterer Expansionskörper vorgesehen ist, der in den Innenraum (5) des Hohlprofils (1) einführbar ist.

Fig. 1

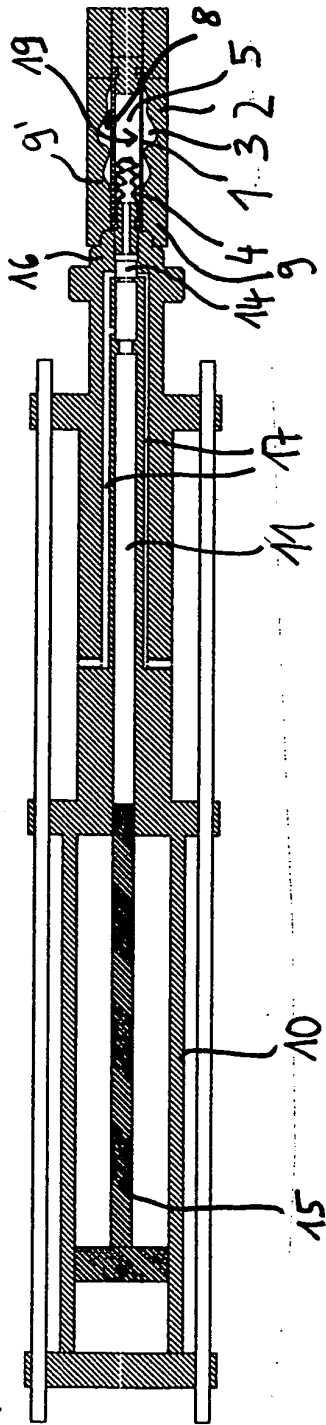


Fig. 3

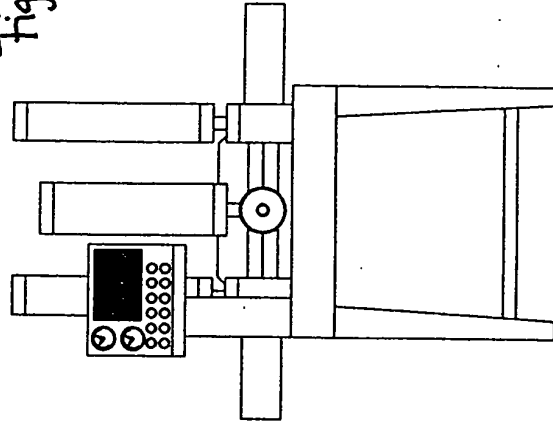


Fig. 2a

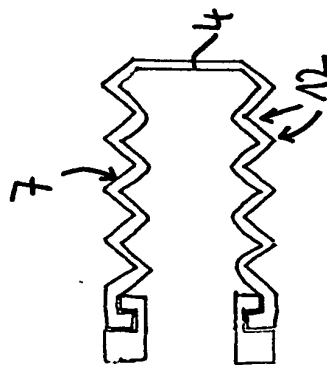
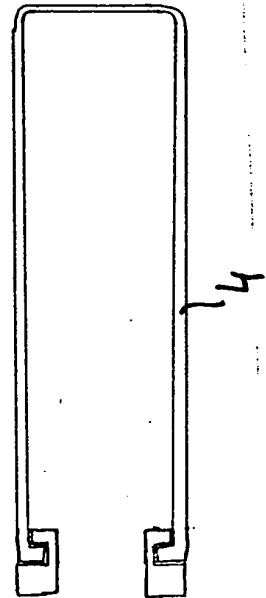


Fig. 2b



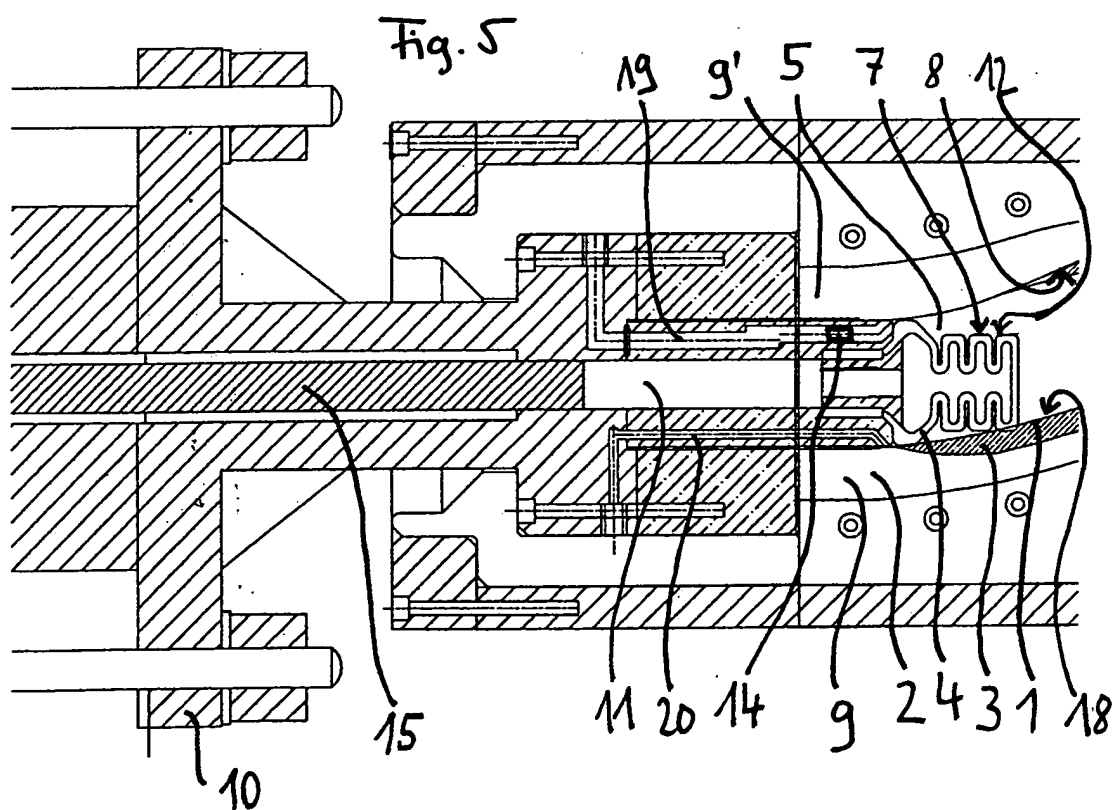
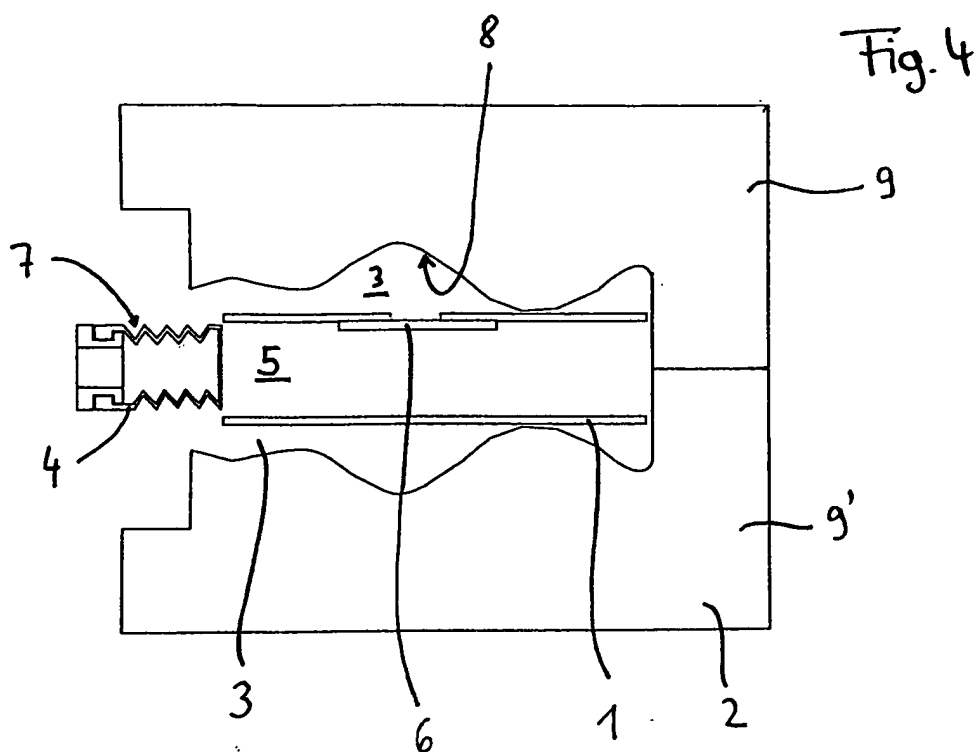


Fig. 6

