

(19)



(11)

EP 3 210 686 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.08.2017 Patentblatt 2017/35

(51) Int Cl.:
B21D 31/00 (2006.01) B21C 37/29 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17400012.5**

(22) Anmeldetag: **22.02.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

- **Grzanic, Goran**
42659 Solingen (DE)
- **Becker, Christoph**
59320 Enniger (DE)
- **Michel, Sebastian**
59399 Olfen (DE)
- **Fuß, Moritz**
44141 Dortmund (DE)

(30) Priorität: **24.02.2016 DE 102016002396**

(74) Vertreter: **Schneider, Uwe**
Patentanwalt
Holbeinstrasse 27
59423 Unna (DE)

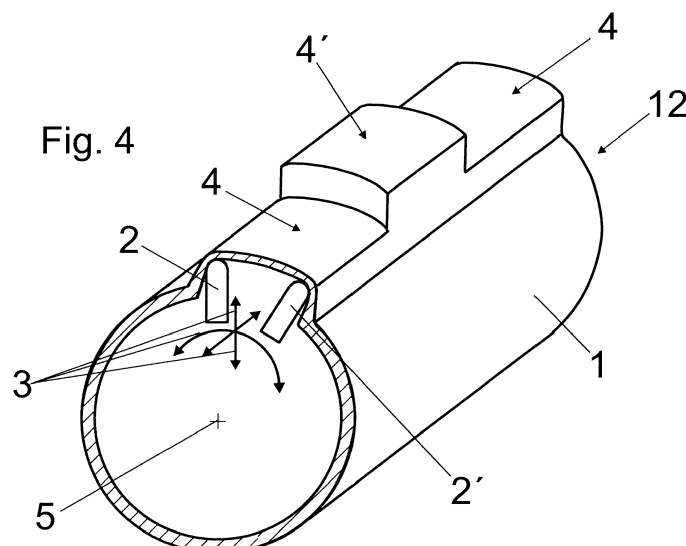
(71) Anmelder: **Technische Universität Dortmund**
44227 Dortmund (DE)

(72) Erfinder:
• **Tekkaya, Erman A.**
44227 Dortmund (DE)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR INKREMENTELLEN UMFORMUNG VON ROHR- ODER PROFILBAUTEILEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umformung, insbesondere zum Aufweiten von Rohr- oder Profilbauteilen (12), bei dem ein Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) mittels eines innerhalb des Rohlings (1) angeordneten Werkzeuges (2) umgeformt wird, wobei der Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) von

dem mindestens einen relativ zu dem Rohling (1) bewegbar angeordneten Umformwerkzeug (2) durch lokale plastische Umformung inkrementell und sukzessive in die umgeformte Fertigform gebracht wird. Ebenfalls wird eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung vorgeschlagen.



EP 3 210 686 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur inkrementellen Umformung von Rohr- oder Profilbauteilen gemäß Oberbegriff des Anspruches 1 und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung gemäß Oberbegriff des Anspruches 12.

[0002] Zur Herstellung von komplexen Rohr- und Profilbauteilen mit über der Längsachse variierenden und beliebig geformten Querschnittsgeometrien können verschiedene Umformprozesse eingesetzt werden. Die Formgebung kann dabei grundsätzlich auf zwei Arten stattfinden. Zum einen kann das Halbzeug durch von außen angreifende aktive Werkzeuge umgeformt werden. Typische Verfahrensbeispiele sind dabei das Rundkneten, Gleitziehen, Drücken und das Inkrementelle Rohr- und Profilumformen. Zum anderen kann die Formgebung durch von innen nach außen wirkende Werkzeuge realisiert werden. Ein wesentlicher Unterschied der beiden Varianten liegt darin, dass bei der Umformung von innen nach außen der Raumbereich, in den umgeformt wird, sehr viel größer (theoretisch bis ins Unendliche) ist und somit ebenfalls eine viel größere Formänderung erzielt werden kann. Im Vergleich dazu können die angreifenden Werkzeuge bei der Umformung von außen nach innen lediglich den Raum im Inneren des Rohres ausnutzen.

[0003] Das bekannteste Verfahren zur Rohrrinnenumformung ist das Innenhochdruckumformen (IHU). Beim IHU wird im ersten Schritt ein Rohrrhalbzeug in ein starres Gesenk eingelegt, welches die Negativgeometrie der herzustellenden Profilgeometrie aufweist. Im zweiten Schritt wird ein Wirkmedium (z.B. Fluid, Stahlkugeln, Sand), welches als Werkzeug dient, in das Innere des Rohres geleitet und unter Druck gesetzt, so dass das Rohr aufgeweitet und nach außen und an das Gesenk gedrückt wird. Ein Vorteil dieses Verfahrens liegt in der hohen erzielbaren Bauteilkomplexität. Der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens liegt in der sehr geringen Verfahrensflexibilität infolge des hohen Werkzeugaufwands, da für jede zu fertigende Profilgeometrie ein eigenes Gesenk zur Verfügung gestellt werden muss.

[0004] Weitere Verfahren zur Rohrrinnenumformung sind beispielsweise das Weiten von Hohlkörpern (siehe DIN8585-3), bei dem der gesamte Durchmesser des Rohres durch das Hineindrücken oder Durchziehen eines starren Dornwerkzeugs/Weitkörpers, das einen im Vergleich zum Rohrrinnendurchmesser größeren Außendurchmesser aufweist, vergrößert wird. Die erzielbaren Geometrien sind dabei immer symmetrisch bzw. bei Rohren rotationssymmetrisch.

[0005] Eine weitere Möglichkeit zum Aufweiten von Hohlkörpern liegt in der Verwendung von innenliegenden segmentförmigen Spreizwerkzeugen oder rotierenden Walzwerkzeugen wie etwa bei der DE 196 19 340 C2, die z.B. mittels Keil oder Kegel gegen die Innenwand des Hohlkörpers gedrückt werden. Dabei erfolgt die Umformung gleichzeitig am gesamten innenliegenden Umfang

des Rohres. Die Nachteile der beschriebenen Verfahren zum Weiten von Hohlkörpern durch innenliegende Dorn-, Walz- oder Spreizwerkzeuge liegen zum einen in der limitierten Bauteilkomplexität, d.h. mit einem Werkzeug ist zwar eine Profilquerschnittsänderung möglich, allerdings beschränkt sich diese, aufgrund der Formgebundenheit der Werkzeuge, lediglich auf eine Änderung der Querschnittsgröße, d.h. kreisrunde Rohrquerschnitte werden beispielsweise von ihrem Anfangsdurchmesser auf einen größeren kreisrunden Rohrdurchmesser vergrößert. Die Symmetrien der Anfangsquerschnitte bleiben somit erhalten. Im Vergleich zur Innenhochdruckumformung weisen und ermöglichen die zuletzt genannten Verfahren somit eine wesentlich geringere Gestaltungsfreiheit auf.

[0006] Für die dreidimensionale Umformung von ursprünglich ebenen Blechbauteilen ist ein Herstellungsverfahren bekannt geworden, bei dem mittels sog. inkrementeller Umformung das Blechbauteil jeweils lokal plastisch umgeformt wird und durch systematische Verlagerung der Umformzone über die relevante Fläche des Blechbauteils so sukzessive die herzustellende verformte Konfiguration des Blechbauteils erzeugt wird. Diese inkrementelle Umformung bietet insbesondere für kleine Stückzahlen der herzustellenden Bauteile den Vorteil, weitgehend ohne speziell anzufertigende Formen auskommen zu können und erlaubt trotzdem eine weitreichend flexible Formgebung der zu verformenden Bleche. Als Werkzeuge werden z.B. stichelartige Werkzeuge genutzt, die entlang vorgegebener Bahnen relativ zu dem zu verformenden Blechbauteil bewegt werden und hierbei das Blechbauteil jeweils nur lokal wirkend umformen. Wiederholt man den Vorgang oft genug, so lassen sich durch die Addition dieser einzelnen lokalen und jeweils relativ geringen Umformungen auch größere Umformungen des Blechbauteils erzeugen. Hierfür sind lediglich die Bewegungen des Umformwerkzeuges entsprechend auszuführen und z.B. mittels numerischer Steuerung entsprechend vorzugeben.

[0007] Ein Verfahren, welches eine Gesamt-Umformung von Rohr- und Profilbauteilen durch im Inneren des Rohr- und Profilbauteiles befindliche Werkzeuge ermöglicht und dadurch ähnlich hohe Bauteilkomplexitäten wie beim IHU-Verfahren erzielt werden können, ist derzeit nicht bekannt.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren für die Umformung, insbesondere zum Aufweiten von Rohr- oder Profilbauteilen mit über der Längsachse variierenden und beliebig geformten Querschnittsgeometrien vorzuschlagen, das wesentlich flexibler als die herkömmlichen Verfahren ist und die Herstellung entsprechend komplexer Rohr- oder Profilbauteile wie auch mit der Innenhochdruckumformung herstellbar ermöglicht.

[0009] Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich hinsichtlich des Verfahrens aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und hinsichtlich der Vorrichtung aus den Merkmalen des Anspruchs

12 jeweils in Zusammenwirken mit den Merkmalen des zugehörigen Oberbegriffes. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Die Erfindung betreffend das Verfahren geht aus von einem Verfahren zur Umformung, insbesondere zum Aufweiten von Rohr- oder Profilbauteilen mit über der Längsachse variierenden und beliebig geformten Querschnittsgeometrien, bei dem ein Rohling des Rohr- oder Profilbauteils mittels eines innerhalb des Rohlings angeordneten Werkzeuges umgeformt wird. Ein derartiges gattungsgemäßes Verfahren wird dadurch in erfindungsgemäßer Weise weiter entwickelt, dass der Rohling des Rohr- oder Profilbauteils von dem mindestens einen relativ zu dem Rohling bewegbar angeordneten Umformwerkzeug durch lokale plastische Umformung inkrementell und sukzessive in die umgeformte Fertigform gebracht wird. Unter dem Begriff Aufweiten von Rohr- und Profilbauteilen mit über der Längsachse variierenden und beliebig geformten Querschnittsgeometrien soll im weiteren eine jeweils lokal wirkende Formänderung des Rohr- und Profilbauteils ausgehend von einem passend vorgeformten Rohling verstanden werden, bei dem die Querschnittsform, insbesondere die Querschnittsgeometrie und die Querschnittsmaße, und/oder die Wandungsstärken des Rohr- und Profilbauteils unter Einfluss von innen und/oder außen an dem Rohr- und Profilbauteil angreifenden Werkzeugen verändert wird. Hierbei können derartige Bearbeitungen sowohl in Umfangsrichtung als auch in Längsrichtung die Gestalt des Rohr- und Profilbauteils verändern und zu entsprechenden lokalen oder globalen Änderungen des Rohr- und Profilbauteils führen. Die jeweils verarbeitbaren Querschnittsformen der Rohr- und Profilbauteile umfassen dabei beliebige denkbare geschlossene oder auch offene Profilquerschnitte, insbesondere natürlich auch rohrförmige Querschnitte. Derartige Profilquerschnitte sind gerade nicht auf rotationssymmetrische Querschnitte beschränkt, sondern ermöglichen auch nur lokal geänderte Querschnittsformen mit unsymmetrischen, vor allem nicht-rotationssymmetrischen Gestaltungen wie z.B. Rippen, Taschen, lokalen Vorwölbungen und Einstülpungen sowie Ausstülpungen. Derartige lokal geänderte Querschnittsformen sind mit herkömmlichen Aufweitverfahren nicht erzielbar, da diese in der Regel durch die Relativrotation zwischen Rohling und Werkzeug sich immer ebenfalls rotationssymmetrisch auf dem Rohr- und Profilbauteil abbilden. Zwar läuft etwa beim Aufweiten mittels einer üblichen Walzenanordnung die Umformung unter Wirkung jeder der Walzen nur lokal ab, doch summiert sich diese jeweils lokale Umformung aufgrund der Relativrotation zwischen Umformkopf und Rohling zu einer insgesamt rotationssymmetrischen Formänderung des Querschnitts des Rohlings. Unter der lokalen und inkrementellen Formänderung gemäß der vorliegenden Erfindung ist hingegen zu verstehen, dass diese lokale und inkrementelle Formänderung vornehmlich nur auf Teilbereiche des Querschnittes bzw. der Umfangsform des

Rohlings bzw. Rohr- und Profilbauteils wirkt und diese Formänderungen nur räumlich begrenzte, in der Regel nicht-rotationssymmetrisch ausgebildete Teilbereiche des Rohr- und Profilbauteils erzeugt.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt den Grundgedanken der für ebene Blechbauteile an sich schon bekannten inkrementellen Blechumformung und überträgt diese lokale Umformung auf die Umformung insbesondere beim Aufweiten von Rohr- oder Profilbauteilen. Damit kann eine komplexe, bisher nicht oder nur sehr kostenaufwändig herstellbare Fertigteilgeometrie auch an Rohr- oder Profilbauteilen mit einfachen Werkzeugen dadurch erzeugt werden, dass ein oder mehrere Umformwerkzeuge das Material des Rohlings jeweils lokal inkrementell umformen und durch entsprechend häufige Ausführung derartiger Umformungen so sukzessive die gewünschte Fertigteilgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils entsteht. Lediglich durch Vorgabe entsprechend abzufahrender Bahndaten des mindestens einen, an sich einfach geformten Umformwerkzeugs sind unterschiedlich komplexe Bauteilgeometrien realisierbar, die bisher nur mithilfe der Innenhochdruckumformung wesentlich kostenaufwändiger herstellbar waren. Basierend auf den einfachen lokalen Umformgeometrien ist aufgrund der großen kinematischen Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens die Herstellung nahezu beliebiger Hohlprofile mit entlang der Längsachse variierenden Querschnitte möglich. Aufgrund der geringen Werkzeugkosten und der sehr hohen Flexibilität ist das Verfahren insbesondere für Bauteile aus dem Prototypenbau interessant. Insbesondere kann eine Variation hochkomplexer Profilquerschnitte entlang der Bauteillängsachse in einem Prozessschritt realisiert werden, wie sie bislang lediglich mit der Innenhochdruckumformung möglich war. Der Werkzeugaufwand sowie die Werkzeugkosten sind mit der vorliegenden Erfindung im Vergleich zur IHU sehr viel geringer, was einen weiteren wesentlichen Vorteil gegenüber den bisherigen Verfahren zur Innenumformung darstellt. Ähnlich wie bei der inkrementellen Blechumformung werden durch die inkrementelle Vorgehensweise bei dieser Erfindung im Vergleich zu den gängigen Verfahren wesentlich höhere Formänderungen erreicht, was eine höhere Materialausnutzung mit sich bringt.

[0012] In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung wird das mindestens eine Umformwerkzeug in mindestens einer Raumrichtung relativ zu dem Rohling des Rohr- oder Profilbauteils verfahrbar und/oder um mindestens eine Raumachse schwenkbar angetrieben. Je nach der vorzunehmenden Umformgeometrie kann das Umformwerkzeug relativ zu dem Rohteil so bewegt werden, dass sich die herzustellende Umformgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils besonders einfach aus den jeweils lokal wirkenden inkrementellen Umformungen zusammen setzen bzw. kinematisch einfach erzeugen lässt. Hierfür stehen die sechs denkbaren Freiheitsgrade einer räumlichen Bewegung des Umformwerkzeugs relativ zu dem Rohteil zur Verfügung, nämlich drei translatorische Be-

wegungen und drei rotatorische Bewegungen. Selbstverständlich können einzelne oder alle derartig denkbaren Bewegungen des Umformwerkzeuges relativ zu dem Rohteil miteinander kombiniert werden, um eine der jeweiligen lokalen Fertigteilgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils möglichst nahe zu kommen bzw. die entsprechende Form möglichst einfach zu erzeugen. Auch können abgeleitete Bewegungen des Umformwerkzeuges oder auch Bewegungen des Rohteils ausgeführt werden, die hierbei hilfreich sein können. Es versteht sich von selbst, dass neben einer Bewegung des Umformwerkzeuges relativ zu dem feststehenden Rohling auch in kinematischer Umkehr Bewegung des Rohlings relativ zu dem feststehenden Umformwerkzeug zu den gleichen Ergebnissen führen können, daher wird im Weiteren immer nur allgemein von Relativbewegungen zwischen Umformwerkzeug und Rohling gesprochen. Auch sind selbstverständlich gleichzeitige Relativbewegungen von Umformwerkzeug und Rohling zueinander denkbar.

[0013] So ist es beispielsweise in einer Ausgestaltung denkbar, dass das mindestens eine Umformwerkzeug bei der Umformung bezogen auf den Rohling des Rohr- oder Profilbauteils in zumindest einer Richtung radial nach innen und/oder außen verfahren wird. Hierdurch lassen sich einfache punktuelle Umformungen des Rohteils in Form einfacher Aufweitungen erzeugen. Die radiale Richtung kann dabei in unterschiedlichen Raumrichtungen orientiert werden, z.B. vertikal radial nach außen und dazu senkrecht horizontal radial nach außen oder in einer anderen Zwischenlage radial orientiert. Treten dann in weiterer Ausgestaltung z.B. noch Bewegungen des Umformwerkzeug in zumindest einer axialen Richtung des Rohlings hinzu, können schon linienhafte Umformungen erzeugt werden, wie z.B. sickenartig in axialer Richtung verlaufende Verformungen der Außenkontur des Rohteils. Tritt zu einer solchen radialen und axialen Bewegung des Umformwerkzeugs noch eine dazu senkrechte oder zumindest teilweise dazu senkrechte Bewegung des Umformwerkzeugs hinzu, so lassen sich schon komplexe räumliche Verformungen des Rohteils erzeugen. So kann z.B. durch eine zusätzliche im wesentlichen in tangentialer Richtung bezogen auf die Außenkontur des Rohlings verlaufende Bewegung des Umformwerkzeuges eine taschen- oder nutartige Aufweitung des Rohteils erzeugt werden.

[0014] Allgemein ist es daher von Vorteil, wenn das mindestens eine Umformwerkzeug bei der Umformung bezogen auf den Rohling des Rohr- oder Profilbauteils gleichzeitig in radialer und/oder in axialer und/oder in tangentialer Richtung des Rohlings verfahren werden kann, da hierdurch eine Vielzahl von Topographien in der Außenkontur des umzuformenden Rohlings erzeugt werden können. Anstelle einer im wesentlichen tangentialen Bewegung des Umformwerkzeugs kann auch eine zu der ersten radialen Verstellung senkrechte weitere radiale Bewegung des Umformwerkzeugs genutzt werden. Hierbei dürfte die tangentialer Bewegung des Umformwerkzeugs vor allem bei kreissymmetrischen Quer-

schnitten des Rohlings von Vorteil sein, die zu der ersten radialen Verstellung senkrechte weitere radiale Bewegung des Umformwerkzeugs hingegen für den Fall nicht kreissymmetrischer Querschnitte z.B. von Profilen und insbesondere auch Profilen mit Ecken oder dgl. zu bevorzugen sein.

[0015] Neben derartigen linearen Relativbewegungen des Umformwerkzeugs kann das mindestens eine Umformwerkzeug bei der Umformung bezogen auf den Rohling des Rohr- oder Profilbauteils um die radiale und/oder um eine axiale und/oder um die tangentialer Bewegungsachse rotiert oder verschwenkt werden. Dies ermöglicht die Erzeugung weiterer Umformgeometrien, z.B. auch von lokalen Hinterschnitten oder gekrümmt berandeten Ausstülpungen in der Umformgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils, die mit den Grundbewegungen allein nicht oder nicht ausreichend erzeugt werden können.

[0016] Ganz allgemein kann das mindestens eine Umformwerkzeug abhängig von der lokal herzustellenden Umformgeometrie bei der Umformung bezogen auf den Rohling des Rohr- oder Profilbauteils eine überlagerte Bewegung entlang der radialen und/oder entlang der axialen und/oder entlang der tangentialer Bewegungsachse und/oder Verschwenkungen um eine oder mehrere dieser Bewegungsachsen ausführen und ist daher an nahezu alle denkbaren Umformgeometrien des Rohr- oder Profilbauteils anpassbar.

[0017] Weiterhin ist es von besonderem Vorteil, dass das mindestens eine Umformwerkzeug bei der Umformung bezogen auf den Rohling des Rohr- oder Profilbauteils die Umformung entlang der gesamten Längsachse des Rohlings oder von Teilen der Längsachse des Rohlings ausführen kann. Hierdurch kann sowohl stirnseitig des Rohlings als auch im Mittenbereich des Rohlings eine entsprechende Umformung vorgenommen werden. Auch müssen derartige Umformungen nicht über die ganze Länge des Rohr- oder Profilbauteils gleichmäßig ausgeführt werden, sondern es kann z.B. im Mittenbereich eine ganz andere Umformungskontur als an den Stirnseiten vorliegen und dazwischen können z.B. auch unverformte Abschnitte angeordnet sein.

[0018] Besonders vorteilhaft hinsichtlich der Hauptzeiten und damit auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, wenn zwei oder mehrere Umformwerkzeuge bei der Umformung bezogen auf den Rohling des Rohr- oder Profilbauteils gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Rohlings den Rohling jeweils inkrementell umformen. Sind die Bewegungen für die jeweilige inkrementelle Umformung voneinander unabhängig ausführbar, so reduziert sich aufgrund der zeitlich parallelen Ausführung der jeweiligen Umformungen die notwendige Herstellzeit drastisch. Die Zahl zeitlich parallel ausführbarer inkrementeller Umformungen hängt dabei vor allem von dem für die Anordnung und Bewegung der Umformwerkzeuge innerhalb des Rohlings zur Verfügung stehenden Raum und der Komplexität der auszuführenden Bewegungen und eventuell möglicher Kollisionen der Umformwerkzeuge

miteinander ab. Hierbei ist es in einer ersten Ausgestaltung denkbar, dass die zwei oder mehreren gleichzeitig umformenden Umformwerkzeuge radial versetzt zueinander an unterschiedlichen Stellen des gleichen Umfangsabschnitts des Rohlings den Rohling jeweils inkrementell umformen. so können z.B. radial versetzt zueinander symmetrisch verformte Profilquerschnitte wie etwa flossenartige Formgebungen erzeugt werden. In anderer Ausgestaltung ist es aber auch denkbar, dass die zwei oder mehreren gleichzeitig umformenden Umformwerkzeuge axial versetzt zueinander an unterschiedlichen Querschnittsabschnitten entlang der Längsachse des Rohlings den Rohling jeweils inkrementell umformen. Hierdurch können die gleichen oder auch unterschiedliche Formgebungen in dem Außenumfang des Rohr- oder Profilbauteils erzeugt werden, die axial versetzt zueinander angeordnet sind.

[0019] Für die Genauigkeit der Umformung des Rohlings kann es von Vorteil sein, wenn der Rohling des Rohr- oder Profilbauteils zumindest abschnittsweise, vorzugsweise im Bereich der jeweiligen inkrementellen Umformung, von mindestens einem außen an dem Rohling angeordneten, lokal wirkenden Gegenwerkzeug abgestützt wird, das die Formbildung der inkrementellen Umformung mit beeinflusst. Hierdurch wird das lokal umzuformende Material des Rohlings zumindest in der Umformzone stabilisiert und das Gegenwerkzeug wirkt wie ein aus anderen Umformverfahren bekannter Gegenhalter. Zwischen Umformwerkzeug und Gegenwerkzeug wird das umzuformende Material des Rohlings klemmend fest gehalten und kann daher aufgrund der Umformung nicht beulen oder lokal reißen. Auch kann eine entsprechende Klemmung zwischen Umformwerkzeug und Gegenwerkzeug gezielt dazu genutzt werden, um den Spannungszustand bei der Umformung zu beeinflussen und z.B. auch lokale Querschnittsverringerungen herbei zu führen. Auch können dadurch hervorgerufene Änderungen des Spannungszustands gezielt zur Minimierung der lokalen Rückfederung des Materials des Rohlings nach der Umformung und der zur Umformung benötigten Umformkräfte genutzt werden.

[0020] Weiterhin ist es denkbar, dass das mindestens eine Gegenwerkzeug und das jeweils zugeordnete Umformwerkzeug zueinander koordinierte Bewegungen für die inkrementelle Umformung des zwischen ihnen umzuformenden Abschnitts des Rohlings ausführen, vorzugsweise sich das Gegenwerkzeug passend oder im wesentlichen synchron zu der Bewegung des oder der Umformwerkzeuge mitbewegt. Hierdurch wird zum einen erreicht, dass auch das Gegenwerkzeug geometrisch einfach wie auch das Umformwerkzeug ausgebildet werden kann, da durch die Beweglichkeit des Gegenwerkzeugs die gleichen Vorteile wie aufgrund der Beweglichkeit des Umformwerkzeugs auch für das Gegenwerkzeug gelten. Zum anderen können Umformwerkzeug und Gegenwerkzeug zumindest zeitweise auch ihre jeweilige Funktion tauschen, so dass z.B. bei einer entsprechenden Umformgeometrie das Gegenwerkzeug

quasi die Funktion des Umformwerkzeugs übernimmt und das eigentliche Umformwerkzeug quasi als Gegenhalter dient.

[0021] Von besonderem Vorteil ist es, dass der Rohling im kalten oder im erwärmten Zustand umgeformt werden kann. So ist z.B. bei gut umformbaren Werkstoffen häufig eine kalte Umformung ausreichend, bei schlechter umformbaren Werkstoffen kann hingegen bei entsprechend höheren Umformtemperaturen umgeformt werden und dadurch das schlechte Umformverhalten verbessert werden. Eine Umformung bei höheren Temperaturen kann auch sinnvoll zur Erweiterung der Formänderungsgrenzen, zur Reduktion der Umformkräfte, zur Reduktion der Rückfederung sowie zum Einstellen eines definierten Gefügestands (Presshärten) genutzt werden.

[0022] In einer ersten Ausgestaltung ist es z.B. denkbar, dass der Rohling des Rohr- oder Profilbauteils aus einem metallischen Material besteht oder ein metallisches Material aufweist. So können z.B. Rohr- oder Profilbauteile aus Stahlwerkstoffen, Leichtmetallen, aber auch schwer umformbaren metallischen Werkstoffen auf die erfindungsgemäße Weise inkrementell umgeformt werden. In einer anderen Ausgestaltung ist es aber auch denkbar, dass der Rohling des Rohr- oder Profilbauteils aus einem kunststoffhaltigen Material, vorzugsweise einem thermoplastischen Material besteht.

[0023] Weiterhin kann der Rohling eine kreissymmetrische oder in sich geschlossene profilierte Querschnittsform aufweisen. Neben der klassischen Umformung kreissymmetrischer oder ovalisierter Rohre kann das erfindungsgemäße Verfahren aufgrund seiner hohen Flexibilität der Geometrieerzeugung besonders gut für Profile nahezu beliebiger Querschnitte eingesetzt werden. So können aufgrund der flexiblen Beweglichkeit der Umformwerkzeuge problemlos auch eckige oder sonst komplex geformte Profilquerschnitte umgeformt werden, was bisher nur viel aufwändiger mittels Innenhochdruckumformung möglich war.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung kann das mindestens eine Umformwerkzeug und der Rohling zumindest lokal mechanisch miteinander wechselwirken. So kann aufgrund eines mechanischen Kontaktes zwischen Rohling und Umformwerkzeug das Material des Rohlings lokal plastisch verformt und damit dauerhaft in eine veränderte Topographie gebracht werden.

[0025] Es ist in einer anderen Ausgestaltung aber auch denkbar, dass das mindestens eine Umformwerkzeug und der Rohling zumindest lokal berührungslos miteinander wechselwirken. So kann z.B. die magnetische Wechselwirkung zu einer Umformung ausgenutzt werden, indem zumindest punktuell mindestens ein Umformwerkzeug ein Werkzeug für die elektromagnetische Umformung aufweist. Derartige Werkzeuge für die elektromagnetische Umformung sind an sich bekannt und erlauben aufgrund hoher und schlagartig erzeugter magnetischer Felder eine sehr schnelle lokale Umformung von insbesondere Blechen und Rohren.

[0026] Weiterhin ist es von besonderem Vorteil, dass

bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mehr als ein Rohling als Rohr- oder Profilbauteil gleichzeitig in einer derartigen räumlichen Anordnung derart miteinander verformt werden können, dass zumindest im Bereich der umgeformten Abschnitte die Rohlinge, vorzugsweise formschlüssig oder kraftschlüssig, miteinander verbunden werden. Ordnet man z.B. zwei jeweils rohr- oder profilförmige Rohteile mit leicht variierenden Querschnittsabmessungen koaxial zueinander und der kleinere Rohling innenliegend innerhalb des größeren Rohlings an, so kann aufgrund der lokalen Umformung zumindest in einzelnen umgeformten Abschnitten der innenliegende Rohling so kraft- oder formschlüssig an den außenliegenden Rohling angelegt werden, dass diese beiden Rohlinge miteinander dauerhaft verbunden werden.

[0027] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Umformung, insbesondere zum Aufweiten von Rohr- oder Profilbauteilen, wobei ein innerhalb eines Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils angeordnetes Werkzeug den Rohling umformt, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Umformwerkzeug derart relativ zu dem Rohling bewegbar ausgebildet ist, dass das mindestens eine Umformwerkzeug den Rohling aufgrund der ausgeführten Bewegungen durch lokale plastische Umformung inkrementell und sukzessive in die umgeformte Fertigform umformt. Vorstehend zu dem Verfahren wurden schon die Eigenschaften und Merkmale sowie die sich daraus ergebenden Vorteile des Verfahrens dargestellt, die ebenso für die vorliegende Vorrichtung zutreffen und auf die ausdrücklich auch zu der Vorrichtung Bezug genommen wird. Daher werden im Folgenden weitgehend nur noch zusätzliche Aspekte der Vorrichtung eingehender erläutert, die nicht schon vorstehend für das Verfahren beschrieben wurden.

[0028] Für die kinematische Umkehr der auszuführen Relativbewegungen oder auch zur Bereitstellung zusätzlicher Beweglichkeiten kann es bei der Vorrichtung von Vorteil sein, wenn die Vorrichtung neben der Halterung des Rohr- oder Profilbauteils auch die Möglichkeit bereit stellt, dass der Rohling derart gehalten und bewegbar ausgebildet wird, dass der Rohling bei der Umformung relativ zu dem mindestens einen Umformwerkzeug verdrehbar und/oder verschiebbar ist. Hierdurch können alternativ zu der Bewegung des Umformwerkzeuges Relativbewegungen zwischen Umformwerkzeug und Rohling auch durch eine Bewegung des Rohlings selbst erzeugt werden. So kann es z.B. einfacher möglich sein, eine tangentiale, sprich in Umfangsrichtung verlaufende Relativbewegung zwischen Rohling und Umformwerkzeug dadurch auszuführen, dass der Rohling um seine Längsachse rotiert wird.

[0029] Besonders stabil in Bezug auf die wirkenden Umformkräfte ist eine Ausgestaltung des mindestens einen Umformwerkzeugs, bei der das mindestens eine Umformwerkzeug an einem an den Querschnitt des Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils angepassten Werkzeughalter angeordnet und relativ zu diesem Werkzeug-

halter beweglich ausgebildet ist. Der Werkzeughalter kann bei einem kreissymmetrischen Querschnitt des Rohlings etwa stangenartig ebenfalls mit kreissymmetrischem Querschnitt ausgebildet werden und nur etwas kleiner als der Innendurchmesser des Rohlings sein, so dass er die radialen Umformkräfte besonders gut und ohne unzulässige Verformungen aufnehmen kann. Relativ zu diesem Werkzeughalter und mittels in dem Werkzeughalter angeordneter Antriebe kann dann das mindestens eine Umformwerkzeug relativ zu dem Werkzeughalter bewegt und für die Umformung an das Rohteil angepresst werden. Denkbar ist es aber auch, dass die jeweils lokal wirkenden Umformkräfte im Inneren des Rohr- oder Profilbauteils selbst dadurch kompensiert und dadurch gar nicht auf den Werkzeughalter aufgebracht werden, indem zwei gegengleiche Verformungen gleichzeitig und z.B. um 180° versetzt an dem Querschnitt des Rohr- oder Profilbauteils ausgeführt werden und sich dadurch gegenseitig in ihrer Kraftwirkung auf das Rohr- oder Profilbauteil aufheben. Auch kann gegenüberliegend zu dem die eigentliche lokale Umformung ausführenden Umformwerkzeug ein passives und ggf. gar keine Umformung ausführendes passives Abstützwerkzeug angeordnet werden, so dass auch hier die resultierende Kraftwirkung auf das Rohr- oder Profilbauteil weitgehend oder komplett kompensiert wird.

[0030] In einer ersten denkbaren Ausgestaltung kann das Umformwerkzeug und/oder das Gegenwerkzeug ein stichelartig ausgebildetes, punktuell wirkendes Umformwerkzeug sein, das z.B. ein abgerundet ausgebildetes, vorzugsweise halbkugelig ausgebildetes Wirkende zur mechanischen Umformung des Rohteils aufweisen kann. Hierdurch ist eine geometrisch eindeutige Formgebung des Umformwerkzeuges gegeben, die eine Vielzahl von Umformgeometrien erzeugen kann. Abhängig von Durchmesser des stichelartig ausgebildeten Umformwerkzeuges und dem Radius des Wirkendes sind auch nahezu eckige Umformgeometrien erzeugbar.

[0031] In einer anderen denkbaren Ausgestaltung kann das Umformwerkzeug und/oder das Gegenwerkzeug ein linienartig wirkendes Umformwerkzeug, z.B. ein rollenartig oder walzenartig ausgebildetes Umformwerkzeug zur mechanischen Umformung des Rohteils aufweisen. Hierdurch wird der Wirkbereich des Umformwerkzeuges verlängert und es wird möglich, z.B. durch wälzgelagerte Ausführung derartiger rollenartig oder walzenartig ausgebildeter Umformwerkzeuge die Reibungskräfte in der Umformzone zu verringern.

[0032] Auch ist es in weiterer Ausgestaltung denkbar, dass das Umformwerkzeug und/oder das Gegenwerkzeug eine Formgebung aufweist, die an die herzustellende Form des umzuformenden Abschnittes des Rohr- oder Profilbauteils angepasst ist. Bei komplexen Umformgeometrien kann hierdurch eine Vereinfachung der Umformung erreicht werden, indem ein Teil der Geometrieinformation, die sonst durch sukzessive inkrementelle Umformung hergestellt werden müsste, durch die Formgebung von Umformwerkzeug und/oder Gegenwerk-

zeug bereitgestellt wird.

[0033] Für die Ausführung der Bewegungen des Umformwerkzeugs und/oder des Gegenwerkzeugs ist es von Vorteil, wenn das mindestens eine Umformwerkzeug und/oder des Gegenwerkzeugs mechanisch und/oder elektrisch und/oder fluidisch bewegbar und steuerbar ausgebildet ist. Hierdurch können konventionelle Bewegungssteuerungen auf herkömmlichen Werkzeugmaschinen genutzt oder entsprechende Komponenten zur Herstellung spezieller Maschinen bereitgestellt werden.

[0034] Von Vorteil für die Erhöhung der Komplexität erzielbarer Umformungen ist es, wenn jedes der Umformwerkzeuge einen eigenständigen Antrieb zur Relativverstellung zu anderen Werkzeugen und/oder zum Werkzeughalter aufweist. Dies erlaubt ein Höchstmaß von Flexibilität, erfordert aber auch gerade bei zeitlich paralleler Anwendung mehrerer Umformwerkzeuge eine Beachtung der Kollisionsproblematik.

[0035] In einer anderen denkbaren Ausgestaltung kann das mindestens eine Umformwerkzeug mittels magnetischer Wirkung, vorzugsweise mittels elektromagnetischer Kräfte, bewegbar und steuerbar ausgebildet sein. So kann z.B. durch innerhalb oder außerhalb des Rohlings angeordnete Elektromagneten die Bewegung einzelner Umformwerkzeuge ausgelöst und ggf. auch gesteuert werden, wobei in weiterer Ausgestaltung die magnetische Wirkung auf das Umformwerkzeug innerhalb des Werkzeughalters erzeugt wird oder das Umformwerkzeug mittels außerhalb des Rohlings angeordneter Magnetanordnungen bewegt wird.

[0036] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt die Zeichnung.

[0037] Es zeigen:

Figur 1a, 1b - eine erste Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem kreissymmetrisch ausgebildeten Rohling des Rohr- oder Profilbauteils und einem radial nach oben und unten verfahrbaren stichelartigen Umformwerkzeug in einem Schnitt (Figur 1b) und die sich daraus ergebende Umformgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils (Fig. 1 a),

Figur 2 - eine andere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit einem axial verfahrbaren stichelartigen Umformwerkzeug in einer geschnittenen räumlichen Ansicht,

Figur 3a, 3b - eine weitere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit einem tangential in Umfangs-

5
Figur 4 -

10

15
Figur 5 -

20

25
Figur 6 -

30

35
Figur 7 -

40

45
Figur 8 -

50

Figur 9 -

55

richtung verstellbaren stichelartigen Umformwerkzeug und die sich daraus ergebende Umformgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils,

eine weitere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit einem radial, axial und tangential in Umfangsrichtung verstellbaren stichelartigen Umformwerkzeug und eine damit herstellbare Umformgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils,

eine mit den Bewegungsmöglichkeiten des stichelartigen Umformwerkzeugs der Figur 4 erzielbare Umformgeometrie des Rohr- oder Profilbauteils bei schraubenartiger Überlagerung der axialen und radialen Umformung,

eine weitere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit einem radial verstellbaren und um die radiale Verstellachse zusätzlich verschwenkbaren Umformwerkzeug, mit dem hinterschnittartige Formgebungen erzeugt werden können,

eine andere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit einem radial verstellbaren und quer zu der radialen Verstellachse zusätzlich verschwenkbaren Umformwerkzeug, mit dem in axialer Richtung abgerundete Aufweitungen erzeugt werden können,

Beispiele für mehrere gleichzeitig an einem kreissymmetrisch ausgebildeten Rohling des Rohr- oder Profilbauteils radial verstellbare und inkrementell umformende Werkzeuge, die an unterschiedlichen Stellen des gleichen Querschnittsabschnitts des Rohlings im Eingriff sind,

ein Beispiel für eine erzielbare Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils, bei dem mehrere radial und axial verstellbare und inkrementell umformende Werk-

zeuge an unterschiedlichen Stellen des gleichen Querschnittsabschnitts und axial versetzt zueinander an unterschiedlichen Querschnittsabschnitten des Rohlings im Eingriff sind,

Figur 10a-10d - Beispiele für die Formgebung unterschiedlicher Umformwerkzeuge bei radialer Umformung eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit stichelartig konvexer (Figur 10a), flach linienförmiger (Figur 10b) und konkav linienförmiger (Figur 10c) Formgebung des Umformwerkzeugs sowie einer Kombination eines flach linienförmigen mit einem stichelartig konvexen Umformwerkzeug (Figur 10d) am gleichen Querschnittsabschnitt des Rohlings,

Figur 11a-11d - Beispiele für die Ausführung unterschiedlicher Umformwerkzeuge bei radialer Umformung eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit einem starren, stichelartig konvexen (Figur 11a), einem walzenartig wälzgelagerten linienförmigen (Figur 11b), einem wälzgelagerten Rollenwerkzeug (Figur 11c) sowie einem kugeligen wälzgelagerten Umformwerkzeug (Figur 11d),

Figur 12 - Beispiele für einfache nicht-kreis-symmetrische Rohlinge des Rohr- oder Profilbauteils

Figur 13 - eine weitere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils mit einem außerhalb des Rohlings angeordneten und mit dem innenliegenden Umformwerkzeug zusammen wirkenden Gegenwerkzeug,

Figur 14 - ein Beispiel für ein magnetisch betätigtes kugelförmiges und loses Umformwerkzeug, das zur radialen inkrementellen Umformung eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils eingesetzt werden kann,

Figur 15 - ein Beispiel für ein magnetisch wirkendes Umformwerkzeug, das mit-

tels elektromagnetischer Umformung zur radialen inkrementellen Umformung eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings des Rohr- oder Profilbauteils eingesetzt werden kann,

Figur 16 - ein Beispiel für ein erfindungsgemäß längserstrecktes Rohr- oder Profilbauteilen, dem eine Krümmung mittels Umformwerkzeugin Längsrichtung aufgeprägt wurde.

[0038] In der Figur 1 ist eine erste Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem kreissymmetrisch ausgebildeten Rohling 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 und einem radial nach oben und unten verfahrbaren stichelartigen Umformwerkzeug 2 in einem Schnitt (Figur 1b) und die sich daraus ergebende Umformgeometrie 4 des Rohr- oder Profilbauteils 12 (Fig. 1a) dargestellt. Der kreissymmetrisch ausgebildete Rohling 1, vereinfacht auch als Rohr bezeichnet, wird in der Umformung gemäß der Figur 1 punktuell durch das Umformwerkzeuge 2 aufgeweitet, so dass im einfachsten Fall eine warzenartig Ausstülpung 4 als Ergebnis der inkrementellen Umformung in der Außenkontur des Rohlings 1 entsteht. Hierzu wird das stichelartig ausgebildete und im Inneren des Rohlings 1 angeordnete Umformwerkzeug 2 in radialer Richtung 3 langsam nach außen gedrückt und das Wandungsmaterial des Rohlings 1 dadurch in die in der Figur 1a erkennbare warzenartige Ausstülpung 4 gebracht. Das Umformwerkzeug 2 ist hierbei in nicht weiter erkennbarer Weise beweglich und antreibbar an einem Werkzeughalter 13 gelagert, der z.B. ähnlich wie ein Innendrehwerkzeug stangenartig axial in das Innere des Rohlings 1 hinein ragt und die Kraftwirkung zwischen Rohling 1 und Umformwerkzeug 2 abstützt und ausleitet. Hierbei können die Antriebe und Lagerungen des Umformwerkzeuges an dem Werkzeughalter 13 angeordnet und von außen betreibbar sein. Eine derartige inkrementelle Umformung ist aus dem Bereich einfacher ebener Blechteile grundsätzlich bekannt und soll daher hier nur insoweit näher erläutert werden, wie dies für das Verständnis der vorliegenden Erfindung von Wichtigkeit ist. Diese radiale punktförmige inkrementelle Umformung stellt dabei den einfachsten Fall der inkrementellen Umformung von Rohr- und Profilbauteilen 12 dar und kann durch die in den folgenden Figuren näher erkennbaren Kinematiken der Bewegung und Anordnung der Umformwerkzeuge 2 erweitert werden.

[0039] In der Figur 2 ist eine andere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 mit einem axial verfahrbaren stichelartigen Umformwerkzeug 2 in einer geschnittenen räumlichen Ansicht zu erkennen, bei der der Rohling 1 durch die axiale (und ggf. vorherige radiale) Verstellung des Umformwerkzeugs 2 eine flossenartig radial abstehende Umformgeometrie 4 erhalten hat. Hierzu kann z.

B. das stichelartig ausgebildete Umformwerkzeug 2 vorab radial so zugestellt werden, dass es über den Innenumfang des Rohlings 1 hervorstet und wird dann sukzessive in Richtung der Längsachse 5 des Rohlings 1 durch den ganzen Rohling 1 hindurch gedrückt, gezogen oder allgemein hindurch bewegt wird. Dabei verformt das Umformwerkzeug sukzessive und inkrementell die Wandung des Rohlings 1 im Bereich des mechanischen Kontaktes mit dem Rohling 1 und drückt diesen Wandungsabschnitt nach und nach in die gewünschte Umformgeometrie 4. Diese Umformung kann in einem Hub oder auch sukzessive durch mehrere Hübe geringerer Zustellung erfolgen, was primär von dem Grad der Umformung und der Umformeignung des Materials des Rohlings 1 abhängt.

[0040] In den Figuren 3a und 3b ist eine weitere Umformgeometrie eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 zu erkennen, bei der mit einem tangential in Umfangsrichtung verstellbaren stichelartigen Umformwerkzeug 2 gearbeitet wird. Ebenfalls ist eine beispielhafte sich daraus ergebende Umformgeometrie 4 des Rohr- oder Profilbauteils 12 zu erkennen. Das Umformwerkzeug 2 kann in einem vorgelagerten Bearbeitungsschritt zum Beispiel wie in der Figur 1 b radial nach außen eingestellt worden sein und wird gemäß Figur 3b dann durch eine tangentiale bzw. in Umfangsrichtung des kreissymmetrischen Rohteils 12 verlaufende Schwenkbewegung 3 umgeformt werden, anschließend nimmt das Umformwerkzeug 2 die Stellung gemäß Sachnummer 2' ein. Hierdurch ergibt sich entsprechend der Breite des Umformwerkzeugs 2 eine ringförmige Ausstülpung 4 auf der Außenwandung des Rohlings 1. Wiederholt man derartige tangentiale Umformbewegungen 3 des Umformwerkzeugs 2 und verstellt dazwischen das Umformwerkzeug 2 ein wenig in axialer Richtung 5 des Rohlings 1, so ergibt sich nach und nach die breite ringförmige Ausstülpung 4 gemäß Figur 3a. Auch hier kann die Ausstülpung 4 wieder mittels vieler inkrementeller Umformbewegungen des Umformwerkzeugs 2 mit nur wenig Zustellung in Richtung auf die Wandung des Rohlings 1 erfolgen.

[0041] In der Figur 4 ist ein weiteres Beispiel für eine Umformgeometrie 4, 4' eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 mit einem radial, axial und tangential in Umfangsrichtung verstellbaren stichelartigen Umformwerkzeug 2 und eine damit herstellbare Umformgeometrie 4, 4' des Rohr- oder Profilbauteils 12 dargestellt. Hierbei kann entweder durch eine sukzessive Ausführung von axialen Umformungen gemäß Figur 2 unter jeweils tangentialer Zustellung 3 des Umformwerkzeugs 2 oder auch durch sukzessive Ausführung von tangentialen Umformungen gemäß Figur 3b unter jeweils axialer Zustellung 3 des Umformwerkzeugs 2 die nutförmig ausgestülpte Umformgeometrie 4 erzeugt werden. Ebenfalls ist es in analoger Weise möglich, in dieser ausgestülpten Umformgeometrie 4 eine weitere Ausstülpung 4' zu erzeugen, die weiter aus dem Rohling hervor steht. Zur Erzeugung dieser Um-

formgeometrien 4, 4' ist lediglich das Umformwerkzeug 2 und eine entsprechende Bewegungsvorgabe für das Umformwerkzeug 2 notwendig, die mittels numerischer Steuerung einfach zu gewährleisten ist. Kombiniert man bei den vorstehend beschriebenen Umformungen noch eine angepasste radiale Bewegung 3 des Umformwerkzeugs 2 hinzu, können auch ebene Wandungsbereiche an dem Rohr- oder Profilbauteil 12 erzeugt werden.

[0042] In der Figur 5 ist eine Abwandlung der Umformgeometrie 4 gemäß Figur 4 zu erkennen, bei der mit den Bewegungsmöglichkeiten des stichelartigen Umformwerkzeugs 2 eine schraubenartige Überlagerung der axialen und radialen Umformung erfolgt ist. Damit wendet sich die Umformgeometrie 4 auf der Außenwandung des Rohlings 1 einmal halb um den Außenumfang des Rohlings 1 herum. Derartige Formgebungen werden z.B. häufig für fluidische Medien benötigt, um diese fluidische Medien gezielt zu beeinflussen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich solche Formgebungen 4 an Rohren 12 einfach herstellen

[0043] Die Figur 6 zeigt eine weitere Umformgeometrie 4 eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 mit einem radial (3) verstellbaren und um die radiale Verstellachse (3) zusätzlich verschwenkbaren Umformwerkzeug 2, mit dem hinter schnittartige Formgebungen 4" erzeugt werden können. Hierzu wird das in einer Raumrichtung kreuzartige Umformwerkzeug 2 (zu erkennen im rechten Teilbild der Figur 6) vorher gemäß Figur 1 b zum Aufweiten der Umformgeometrie 4 des kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 genutzt und dieses kreuzartige Umformwerkzeug 2 dann um die radiale Verstellrichtung 3 herum um 90° gedreht und der Rohling in dieser Stellung des Umformwerkzeugs 2 anschließend in axialer Richtung 5 verformt. Hierdurch bilden die horizontal liegenden Arme des kreuzartigen Umformwerkzeugs 2 die hinterschnittartigen Formgebungen 4" in der Ausstülpung 4 aus, in die z.B. in Längsrichtung der Achse 5 des Rohlings 1 einsteckbare und führungsartig geführt Stangenelemente oder dgl. eingesteckt werden können.

[0044] In der Figur 7 ist eine andere Umformgeometrie 4 eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 mit einem radial verstellbaren und quer zu der radialen Verstellachse zusätzlich verschwenkbaren Umformwerkzeug 2 zu erkennen, mit dem in axialer Richtung 5 abgerundete Aufweitungen 4 erzeugt werden können. Hierzu wird nach einer anfänglichen Aufweitung gemäß Figur 1 b das Umformwerkzeug 2 um eine radiale Querachse 3 herum in die Stellung gemäß Sachnummer 2' verschwenkt und bildet eine gerundete Tasche 4 in der Außenwandung des Rohteils 1. In eine solche Tasche 4 könnten bei entsprechender Breite etwa Sensoren eingebracht werden, die im Inneren des Rohr- oder Profilbauteils 12 herrschende Umgebungsbedingungen erfassen können. Auch könnten derartige Taschen als Schmierstofftaschen dienen oder als mechanischer Mitnehmer dienen.

[0045] Die Figur 8 zeigt Beispiele für mehrere gleich-

zeitig an einem kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 radial verstellbare und inkrementell umformende Umformwerkzeuge 2, die an unterschiedlichen Stellen des gleichen Querschnittsabschnitts des Rohlings 1 im Eingriff sind. Derartige mehrere Werkzeuge 2 können z.B. am Außenumfang eines nicht weiter dargestellten Werkzeughalters 13 und jeweils um den entsprechenden Teilungswinkel versetzt angeordnet werden. Durch jeweils radiales Aufweiten mit diesen Umformwerkzeugen 2 lassen sich die Umformgeometrien 4 gemäß Figur 8 mit z.B. 2 oder 4 Ausstülpungen 4 erzeugen. Hierbei versteht es sich von selbst, dass einzelne oder alle diese Umformwerkzeuge 2 grundsätzlich in alle Bewegungsrichtungen synchron oder unabhängig voneinander bewegt werden können.

[0046] In einer Ausgestaltung gemäß Figur 9 ist es auch denkbar, nicht nur am gleichen Querschnittsabschnitt des Rohlings 1 mit mehreren Umformwerkzeugen 2 umzuformen, sondern die Umformwerkzeuge 2 auch in axialer Richtung 5 versetzt innerhalb des Rohlings 1 zur inkrementellen Umformung zu nutzen. Die Figur 9 zeigt ein Beispiel für eine erzielbare Umformgeometrie 4 eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12, bei dem mehrere radial und axial verstellbare und inkrementell umformende Umformwerkzeuge 2 jeweils flossenartig heraus stehende Ausstülpungen 4 in der Außenwand des Rohlings 1 erzeugen. Hierzu werden die jeweiligen Umformwerkzeuge 2 zuerst gemäß z.B. Figur 1b radial nach außen gefahren und dann in axialer Richtung 5 des Rohling bewegt. Sind die Umformwerkzeuge 2 z.B. an einem gemeinsamen Werkzeughalter 13 passend angeordnet, so können viele oder alle Ausstülpungen 4 in einem Hub oder mit wenigen Hubbewegungen der Umformwerkzeuge 2 erzeugt werden. Selbstverständlich ist es auch denkbar, die Ausstülpungen mit nur einem Umformwerkzeug oder auch weniger Umformwerkzeugen als in Figur 9 zu erkennen nacheinander herzustellen.

[0047] In den Figuren 10a bis 10d sind Beispiele für die Formgebung unterschiedlicher Umformwerkzeuge 2 bei radialer Umformung eines hier nur beispielhaft kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 einmal mit stichelartig konvexer (Figur 10a), flach linienförmiger (Figur 10b) und konkav linienförmiger (Figur 10c) Formgebung des Umformwerkzeugs 2 sowie in einer Kombination eines flach linienförmigen mit einem stichelartig konvexen Umformwerkzeug (Figur 10d) am gleichen Querschnittsabschnitt des Rohlings 1 zu erkennen. Ähnlich wie bei der inkrementellen Umformung ebener Blechbauteile kann durch die Formgebung des Umformwerkzeuges eine Anpassung der Umformung an die gewünschte Umformgeometrie 4 vereinfacht werden. Selbstverständlich können die Umformwerkzeuge 4 auch in Längsrichtung des Rohr- oder Profilbauteils 12 konkave oder konvexe Formgebungen aufweisen.

[0048] In den Figuren 11a bis 11 d sind Beispiele für die Ausführung unterschiedlicher Umformwerkzeuge 2

bei radialer Umformung eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 mit einem starren, stichelartig konvexen (Figur 11a), einem walzenartig wälzgelagerten linienförmigen (Figur 11 b), einem wälzgelagerten Rollenwerkzeug 2 (Figur 11c) sowie einem kugeligen wälzgelagerten Umformwerkzeug 2 (Figur 11d) zu erkennen. So kann durch wälzgelagerte Umformwerkzeuge 2, die zudem noch an die Form der herzustellenden Umformgeometrie 4 angepasst sind, eine wesentliche Verbesserung des Umformverhaltens des Rohlings erreicht werden, da hierdurch die Reibungsverhältnisse zwischen Umformwerkzeug 2 und Material des Rohlings in der Umformzone beeinflusst wird. Selbstverständlich können die Umformwerkzeuge 4 auch in Längsrichtung des Rohr- oder Profilbauteils 12 konkave oder konvexe Formgebungen aufweisen.

[0049] In der Figur 12 ist an nur exemplarischen Beispielen zu erkennen, dass das erfindungsgemäße Verfahren nicht wie bisher in den Figuren 1 bis 11 dargestellt an kreissymmetrischen Querschnitten ausgeführt werden kann, sondern ganz allgemein auch für nicht-kreis-symmetrische Rohlinge 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 Anwendung finden kann, insbesondere auch bei nicht-kreis-symmetrischen Rohlingen 1 mit Eckbereichen 7 oder sehr kleinen Radien.

[0050] Die Figur 13 zeigt eine weitere Umformgeometrie 4 eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12, bei dem die Umformung mit einem außerhalb des Rohlings 1 angeordneten und mit dem innenliegenden Umformwerkzeug 2 zusammen wirkenden Gegenwerkzeug 8 gearbeitet wird. In der einfachsten Ausgestaltung ist das Gegenwerkzeug 8 ortsfest im Bereich der Umformzone angeordnet und stützt das von dem innenliegenden Umformwerkzeug 2 sukzessive heraus gedrückte Material der Wandung des Rohlings 1 gegen die Kraftwirkung des Umformwerkzeugs 2 ab. Hierdurch kann die Genauigkeit der Formgebung der von dem Umformwerkzeug 2 erzeugten Umformgeometrie 4 verbessert werden. Es ist aber auch denkbar, dass das Gegenwerkzeug 8 selbst beweglich ist und z.B. abgestimmt auf die Bewegung des Umformwerkzeugs 2 selbst entsprechende Bewegungen ausführt. Auch kann die Formgebung des Gegenwerkzeugs 8 selbst anders als in der Figur 13 ausgebildet werden, z.B. könnte das Gegenwerkzeug 8 selbst auch stichel-artig geformt sein.

[0051] Die Figur 14 zeigt ein nur schematisch ange-deutetes Beispiel für ein magnetisch betätigtes kugelförmiges und loses Umformwerkzeug 2, das hier zur radialen inkrementellen Umformung eines kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 eingesetzt werden kann. So könnte z.B. ein loses, elektromagnetisches Umformwerkzeug 2 in das Innere des Rohlings 1 eingebracht und dann von der Magnetwirkung des passend außerhalb des Rohlings 1 platzierten Magneten 10 angezogen werden. Verstärkt man nun die Magnetwirkung des Magneten 10, z.B. indem der Magnet 10 als Elektromagnet ausgebildet ist, wird das Um-

formwerkzeug 2 im abgebildeten Fall radial nach außen gezogen und verformt die Wandung des Rohlings 1 wie in Figur 14 zu erkennen ähnlich warzenförmig wie das mechanisch wirkende stichelartig ausgebildete Umformwerkzeug 2 der Figur 1 b. Selbstverständlich kann die Magnetwirkung auch räumlich anders ausgerichtet werden, so dass die Umformung durch das Umformwerkzeug 2 andere Geometrien hervorrufen kann.

[0052] In der Figur 15 wird ein weiteres Beispiel für ein elektromagnetisch wirkendes Umformwerkzeug 2 angegeben, das mittels elektromagnetischer Umformung zur radialen inkrementellen Umformung eines hier nur beispielhaft kreissymmetrisch ausgebildeten Rohlings 1 des Rohr- oder Profilbauteils 12 eingesetzt werden kann. Die elektromagnetische Umformung ist grundsätzlich bekannt und kann zu räumlich begrenzten, aber sehr wirkungsvollen lokalen Umformung elektromagnetischer Materialien benutzt werden. Ein solches elektromagnetisch wirkendes Umformwerkzeug 2 wird wandungsnah im Bereich der Umformzone des Rohlings 1 plaziert und gibt bei einer schlagartigen Freisetzung der Magnetenergie 12 einen mechanisch ebenfalls schlagartigen Impuls auf die entsprechenden Wandungsabschnitte des Rohlings 1, wodurch diese Wandungsabschnitte sich mechanisch verformen und in die umgeformte Umformgeometrie 4 einnehmen.

[0053] Die Anwendungsbereiche für die erfindungsgemäße inkrementelle Umformung von Rohr- oder Profilbauteilen 12 liegen zum einen im Strukturleichtbau, z.B. als belastungsangepasste Profile für die Automobilindustrie. Weiterhin ist die wirtschaftliche Anwendung des Verfahrens im Bereich der Möbelindustrie oder Design zu sehen, da die Herstellung von individuellen Freiform-Oberflächen ohne großen Werkzeugeinsatz möglich ist. Der Einsatz der schraubenförmigen Strukturen ist im Bereich der Wärmetechnik in Wärmetauschern (Drallrohre) sowie der Fördertechnik (z.B. Förderschnecken) denkbar.

[0054] Die Figur 16 zeigt eine Möglichkeit, den erfindungsgemäß längererstreckten Rohr- oder Profilbauteilen 12 eine Krümmung in Längsrichtung aufzuprägen, um z.B. querschnittsmäßig veränderte und in Längsrichtung gebogene Rohr- oder Profilbauteile 12 herzustellen. Hierbei wird in der Figur 16 die Möglichkeit genutzt, in Längsrichtung verlaufende Wandungsbereiche 14 des Querschnittes so zu verformen, dass sich lokal die Wandstärke des Rohlings 1 verringert und diese lokale Änderung der Wandstärke zu einer einseitigen Längung des Rohr- oder Profilbauteils 12 Biegung des Rohr- oder Profilbauteils 12 führen. Damit können durch das gleiche Umformwerkzeug 2, dass zur Querschnittsveränderung genutzt wird auch die Biegung oder Krümmung des Rohr- oder Profilbauteils 12 erzeugt werden. Auch ist es möglich, derartige Biegungen durch außen an dem Rohling 1 angreifende Biegewerkzeuge wie z.B. ein Drei-Rollen-Biegewerkzeug oder Walzen oder dgl. zu erzeugen.

Sachnummernliste

[0055]

- | | | |
|----|-----------|---|
| 5 | 1 | - Rohling |
| | 2 | - Umformwerkzeug |
| | 3 | - Verstellrichtung Umformwerkzeug |
| 10 | 4, 4', 4" | - Umformgeometrie |
| | 5 | - Mittelachse Rohling |
| 15 | 6 | - Lagerung Umformwerkzeug |
| | 7 | - Eckbereich |
| | 8 | - Gegenwerkzeug |
| 20 | 9 | - lose Kugel als Umformwerkzeug |
| | 10 | - Magnet |
| 25 | 11 | - Magnet für elektromagnetische Umformung |
| | 12 | - Rohr- oder Profilbauteil |
| | 13 | - Werkzeughalter |
| 30 | 14 | - Abschnitt geringerer Wandstärke |

Patentansprüche

- 35
1. Verfahren zur Umformung, insbesondere zum Aufweiten von Rohr- oder Profilbauteilen (12), bei dem ein Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) mittels eines innerhalb des Rohlings (1) angeordneten Werkzeuges (2) umgeformt wird,
40 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) von dem mindestens einen relativ zu dem Rohling (1) bewegbar angeordneten Umformwerkzeug (2) durch lokale Krafteinwirkung sukzessive inkrementell plastisch umgeformt und in seine endgültige Fertigform gebracht wird, wobei die lokale, inkrementell hergestellte Formänderung nur Teilabschnitte des Querschnittes und/oder der Aussenform des Rohlings umfasst.
 2. Verfahren zur Umformung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formänderung nicht-rotationssymmetrisch zu der Form des Rohr- und Profilbauteils erfolgt.
 3. Verfahren zur Umformung gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 50
- 55

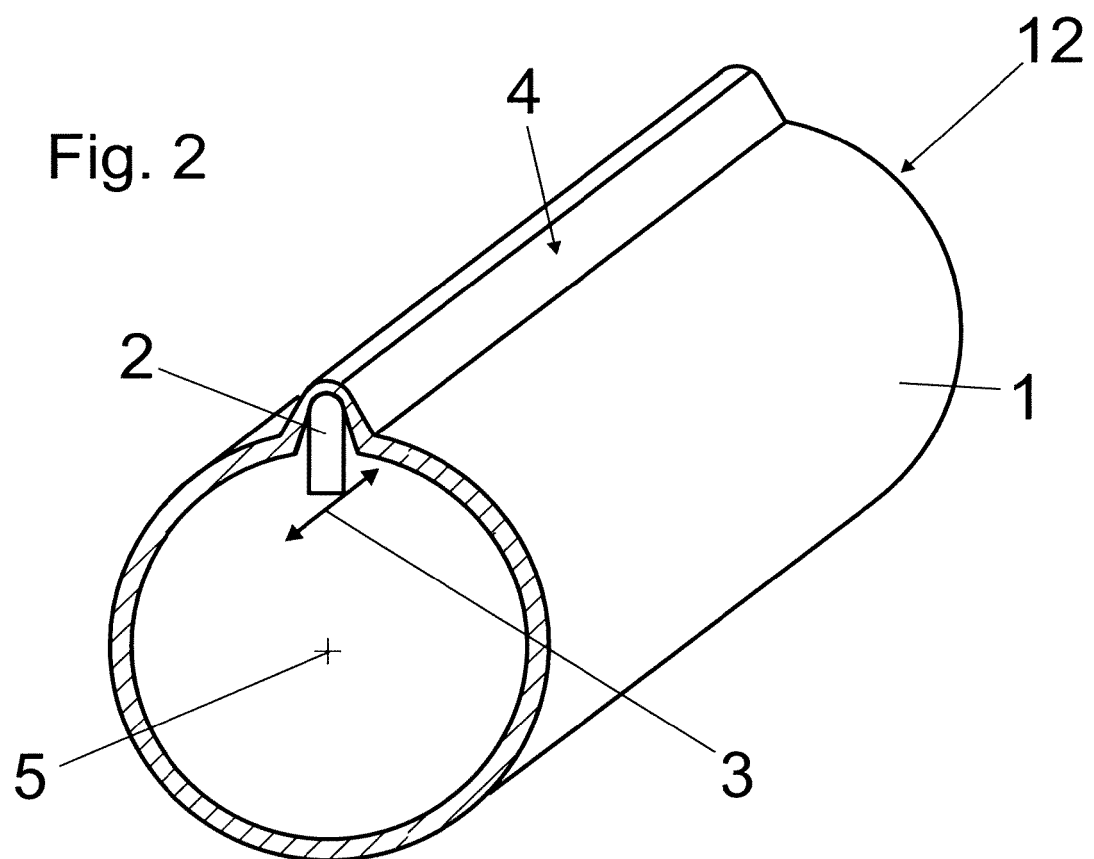
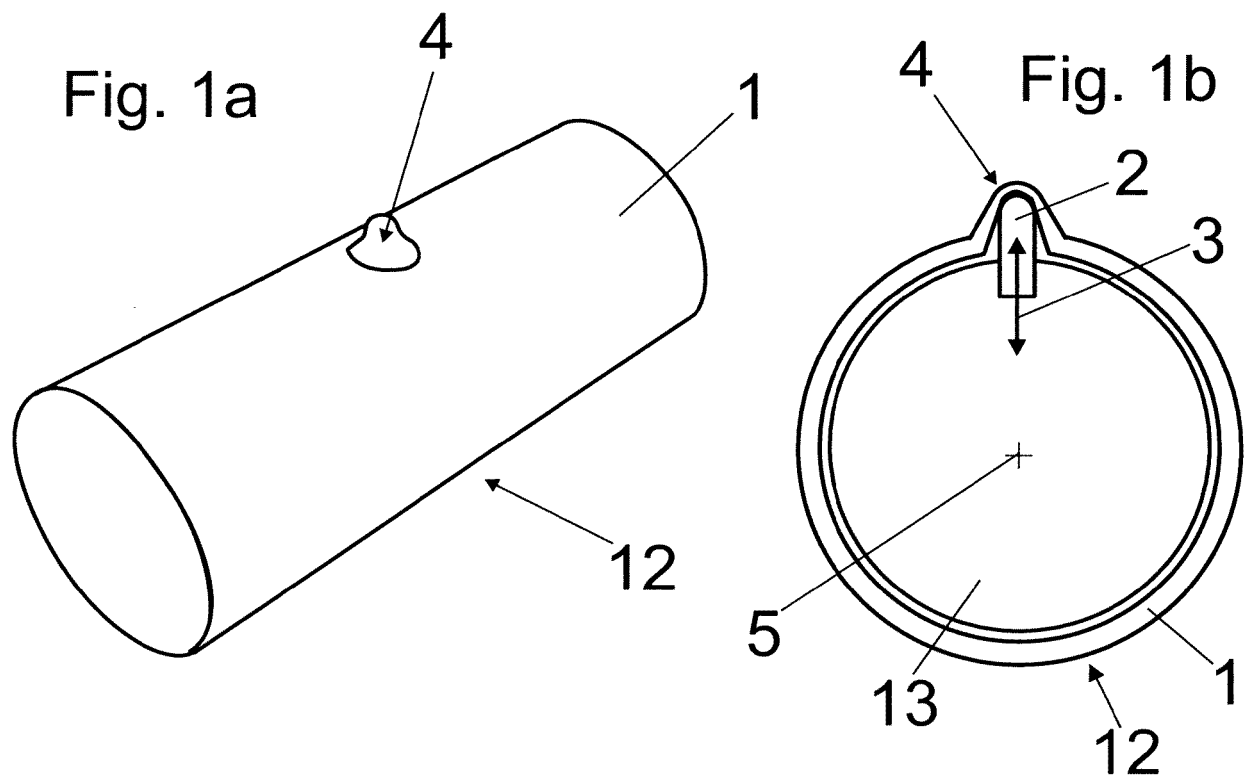
- das mindestens eine Umformwerkzeug (2) in mindestens einer Raumrichtung (3) relativ zu dem Rohling des Rohr- oder Profilbauteils (12) verfahrbar und/oder um mindestens eine Raumachse (3) schwenkbar angetrieben wird, wobei das mindestens eine Umformwerkzeug (2) bei der Umformung bezogen auf den Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) in radialer und/oder in axialer und/oder in tangentialer Richtung (3) des Rohlings (1) verfahren wird und/oder um die radiale und/oder um die axiale und/oder um die tangentialen Bewegungsachse (3) rotiert oder verschwenkt wird.
4. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Umformwerkzeug (2) bei der Umformung bezogen auf den Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) die Umformung entlang der gesamten Längsachse (5) des Rohlings (1) oder von Teilen der Längsachse (5) des Rohlings (1) ausführt.
 5. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei oder mehrere Umformwerkzeuge (2) bei der Umformung bezogen auf den Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) gleichzeitig, unabhängig voneinander oder synchron, an verschiedenen Stellen des Rohlings (1) den Rohling (1) jeweils inkrementell umformen, wobei die zwei oder mehreren gleichzeitig umformenden Umformwerkzeuge (2) radial versetzt zueinander an unterschiedlichen Stellen des gleichen Umfangsabschnitts des Rohlings (1) den Rohling (1) jeweils inkrementell umformen und/oder axial versetzt zueinander an unterschiedlichen Querschnittsabschnitten entlang der Längsachse (5) des Rohlings (1) den Rohling (1) jeweils inkrementell umformen können.
 6. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) bei der Umformung relativ zu dem mindestens einen Umformwerkzeug (2) verdreht und/oder verschoben wird.
 7. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) zumindest abschnittsweise, vorzugsweise im Bereich der jeweiligen inkrementellen Umformung, von mindestens einem außen an dem Rohling (1) angeordneten, lokal wirkenden Gegenwerkzeug (8) abgestützt wird, das die Formbildung der inkrementellen Umformung mit beeinflusst, wobei vorzugsweise das mindestens eine Gegenwerkzeug (8) und das jeweils zugeordnete Umformwerkzeug (2) zueinander koordinierte Bewegungen für die inkrementelle Umformung des zwischen ihnen umzuformenden Abschnittes des Rohlings (1) ausführen, vorzugsweise sich das Gegenwerkzeug (8) passend oder im wesentlichen synchron zu der Bewegung des oder der Umformwerkzeuge (2) mitbewegt.
 8. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) ein metallisches Material und/oder ein kunststoffhaltiges Material, vorzugsweise ein thermoplastisches Material, aufweist.
 9. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) eine kreissymmetrische oder in sich geschlossene oder offene, vorzugsweise geschlitzte profilierte Querschnittsform, vorzugsweise die profilierte Querschnittsform eckig ausgebildete Abschnitte (7), aufweist.
 10. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Umformwerkzeug (2) und der Rohling (1) zumindest lokal mechanisch miteinander wechselwirken oder zumindest lokal berührungslos miteinander wechselwirken, vorzugsweise das mindestens eine Umformwerkzeug (2) ein Werkzeug (11) für die elektromagnetische Umformung aufweist.
 11. Verfahren zur Umformung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehr als ein Rohling (1) als Rohr- oder Profilbauteil (12) gleichzeitig in einer räumlichen Anordnung derart miteinander verformt werden, dass zumindest im Bereich der umgeformten Abschnitte (4) die Rohlinge (1), vorzugsweise formschlüssig oder kraftschlüssig, miteinander verbunden werden.
 12. Vorrichtung zur Umformung, insbesondere zum Aufweiten von Rohr- oder Profilbauteilen (12), wobei ein innerhalb eines Rohlings (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) angeordnetes Werkzeug (2) den Rohling (1) umformt, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Umformwerkzeug (2) derart relativ zu dem Rohling (2) bewegbar ausgebildet ist, dass das mindestens eine Umformwerkzeug (2) den Rohling (1) aufgrund der ausgeführten Bewegungen (3) durch lokale plastische Umformung inkrementell und sukzessive in die umgeformte Fertigform (4) umformt.
 13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Umformwerkzeug (2) bei der Umformung bezogen auf den Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) in radialer

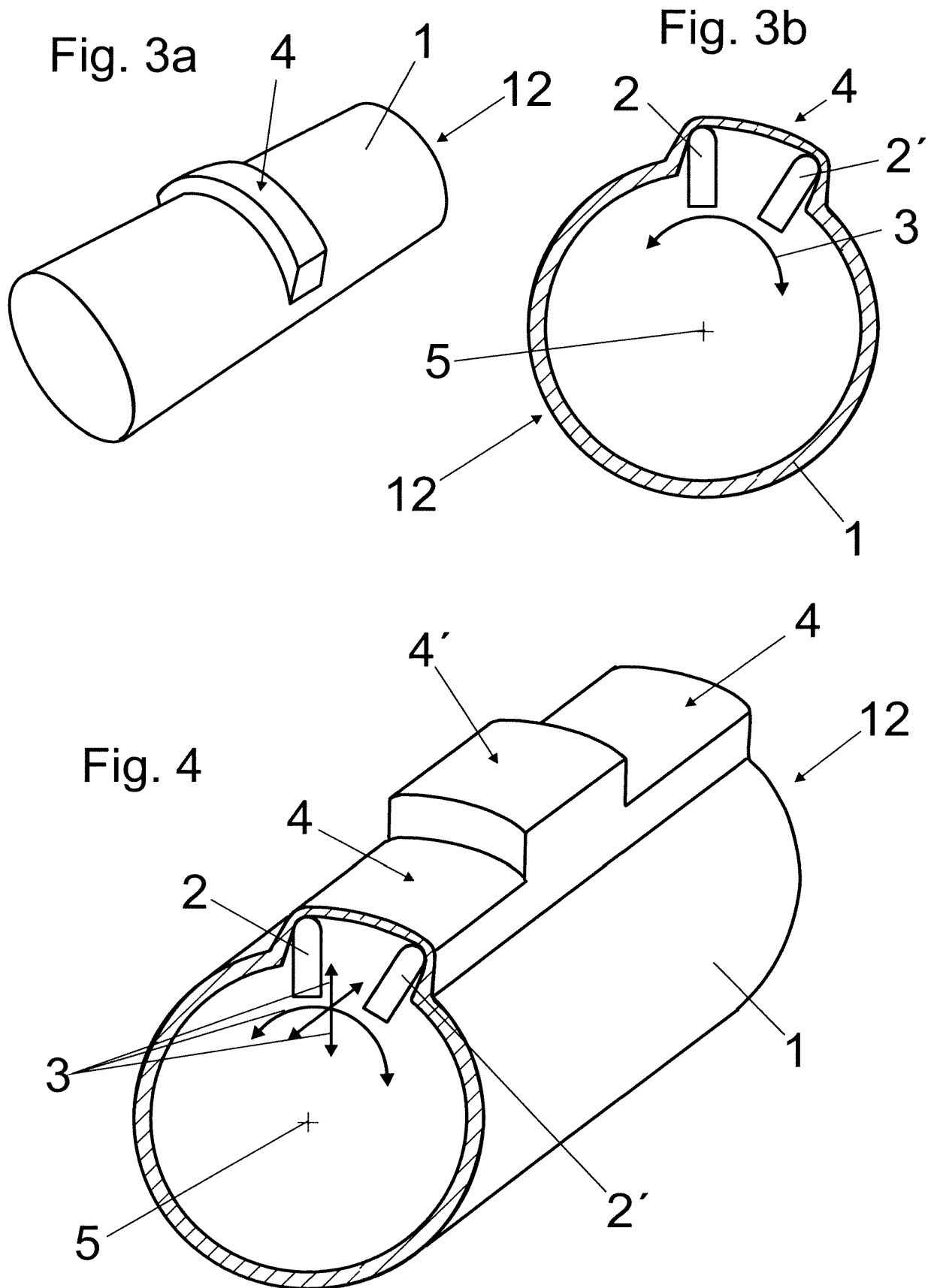
und/oder in axialer und/oder in tangentialer Richtung (3) des Rohlings (1) verfahrbar ist und/oder um die radiale und/oder um die axiale und/oder um die tangentiale Bewegungsachse (3) rotierbar oder verschwenkbar ist.

14. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei oder mehrere Umformwerkzeuge (2) derart bewegbar und steuerbar sind, dass bei der Umformung bezogen auf den Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) gleichzeitig an verschiedenen Stellen der Rohling (1) jeweils inkrementell umgeformt wird, wobei die zwei oder mehreren gleichzeitig umformenden Umformwerkzeuge (2) radial versetzt zueinander an unterschiedlichen Stellen des gleichen Umfangsabschnitts des Rohlings (1) angeordnet und derart, unabhängig voneinander oder synchron, bewegbar sind, dass sie den Rohling (1) jeweils inkrementell umformen und/oder die zwei oder mehreren gleichzeitig umformenden Umformwerkzeuge (2) axial versetzt zueinander an unterschiedlichen Querschnittsabschnitten entlang der Längsachse (5) des Rohlings (1) angeordnet und derart bewegbar sind, dass sie den Rohling (1) jeweils inkrementell umformen.
15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Umformwerkzeug (2) an einem an den Querschnitt des Rohlings (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) angepassten Werkzeughalter (13) angeordnet und relativ zu diesem Werkzeughalter (13) beweglich ausgebildet ist.
16. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) und/oder das Gegenwerkzeug (8) ein stichelartig ausgebildetes, punktuell wirkendes Umformwerkzeug (2) sind, vorzugsweise das stichelartig ausgebildete Umformwerkzeug (2) und/oder das Gegenwerkzeug (8) ein abgerundet ausgebildetes, vorzugsweise halbkugelig ausgebildetes Wirkende zur mechanischen Umformung des Rohteils (1) aufweist.
17. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) und/oder das Gegenwerkzeug (8) ein linienartig wirkendes Umformwerkzeug (2) zur mechanischen Umformung des Rohteils (1) aufweist, vorzugsweise ein rollenartig oder walzenartig ausgebildetes Umformwerkzeug (2) aufweist oder eine Formgebung aufweist, die an die herzustellende Form des umzuformenden Abschnitts (4) des Rohr- oder Profilbauteils (12) angepasst ist.
18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 17,

dadurch gekennzeichnet, dass der Rohling (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) zumindest abschnittsweise, vorzugsweise im Bereich (4) der jeweiligen inkrementellen Umformung, von mindestens einem außen an dem Rohling (1) angeordneten, lokal wirkenden Gegenwerkzeug (8) abgestützt ist, das die Formbildung der inkrementellen Umformung mit beeinflusst, wobei vorzugsweise das mindestens eine Gegenwerkzeug (8) entlang der Außenkontur des sich inkrementell verformenden Rohlings (1) des Rohr- oder Profilbauteils (12) relativ bewegbar und/oder verschwenkbar angeordnet ist.

19. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Umformwerkzeuge (2) einen eigenständigen Antrieb zur Relativverstellung zu anderen Umformwerkzeugen (2) und/oder zum Werkzeughalter (13) aufweist.
20. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Umformwerkzeug (2) mittels magnetischer Wirkung (10), vorzugsweise mittels elektromagnetischer Kräfte, bewegbar und steuerbar ausgebildet ist, vorzugsweise die magnetische Wirkung (10) auf das Umformwerkzeug (2) innerhalb des Werkzeughalters (13) erzeugt wird oder das Umformwerkzeug (2) mittels außerhalb des Rohlings (1) angeordneter Magneteinrichtungen (10) bewegt wird.





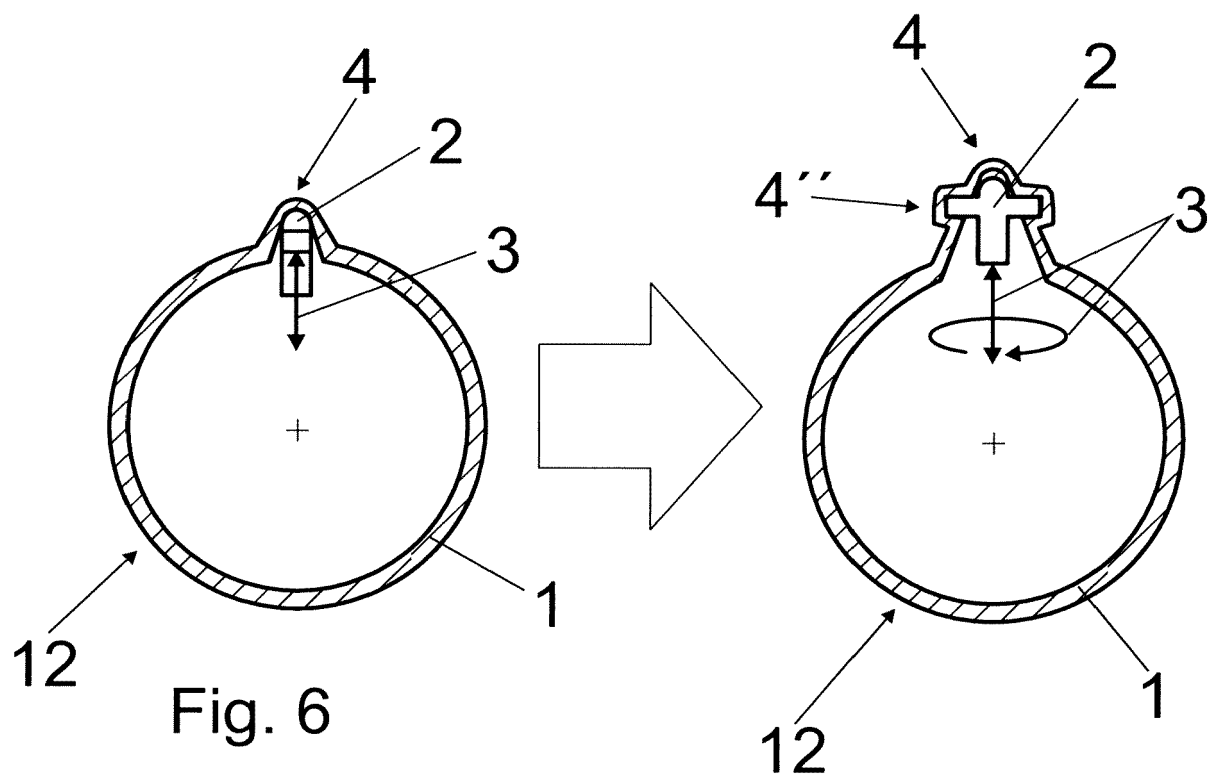
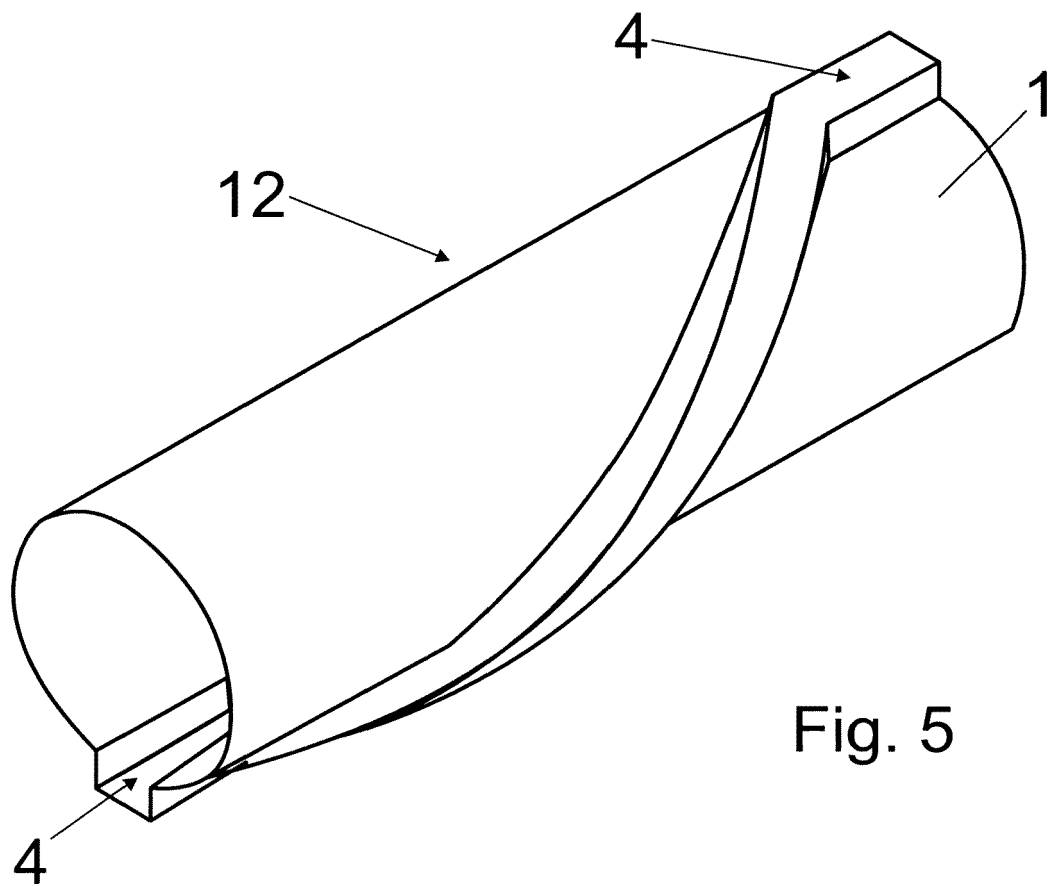


Fig. 7

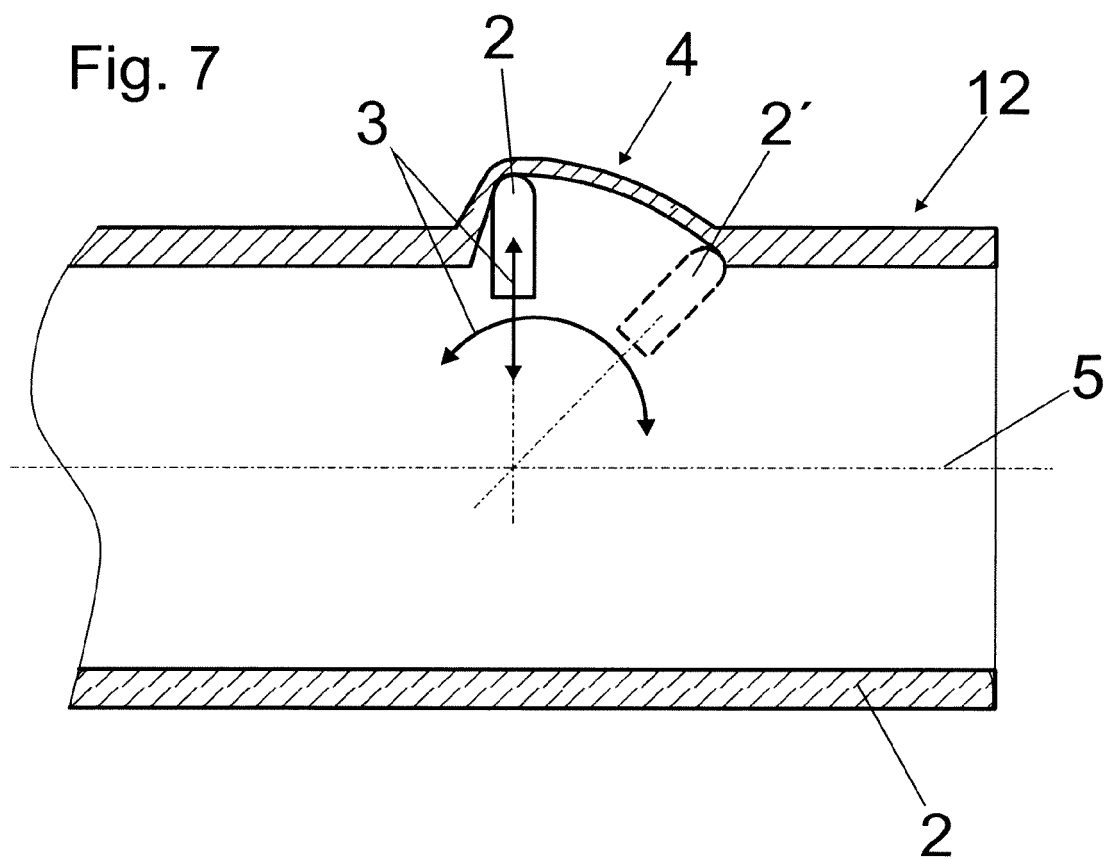
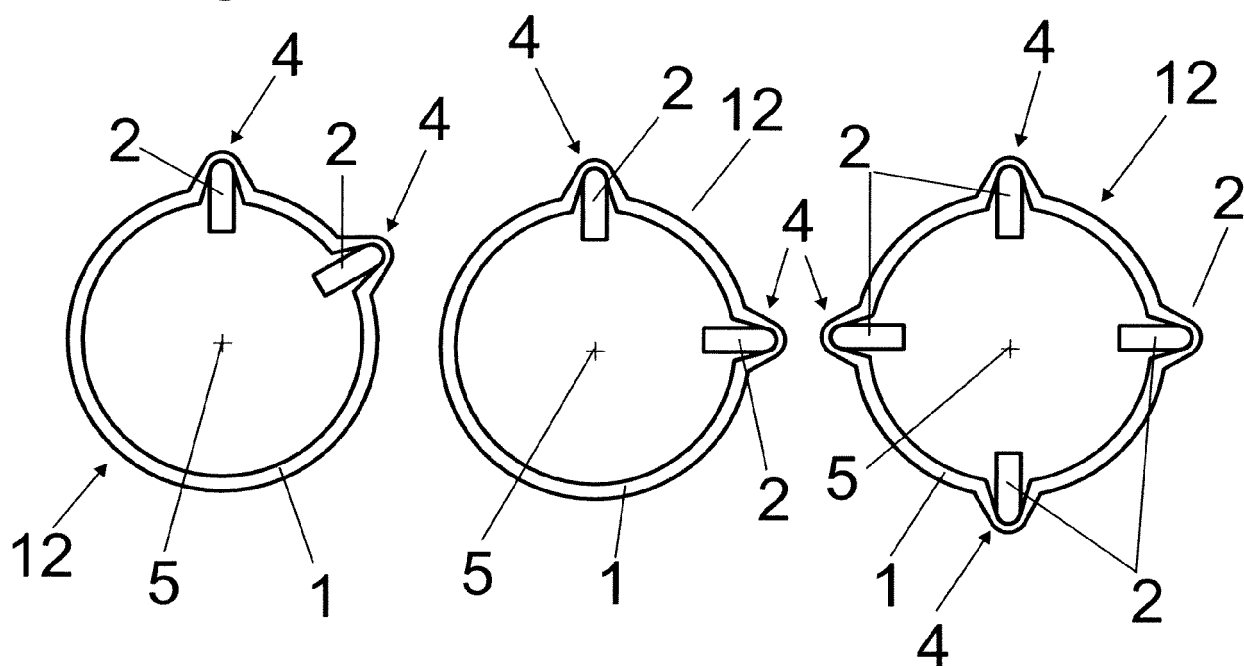


Fig. 8



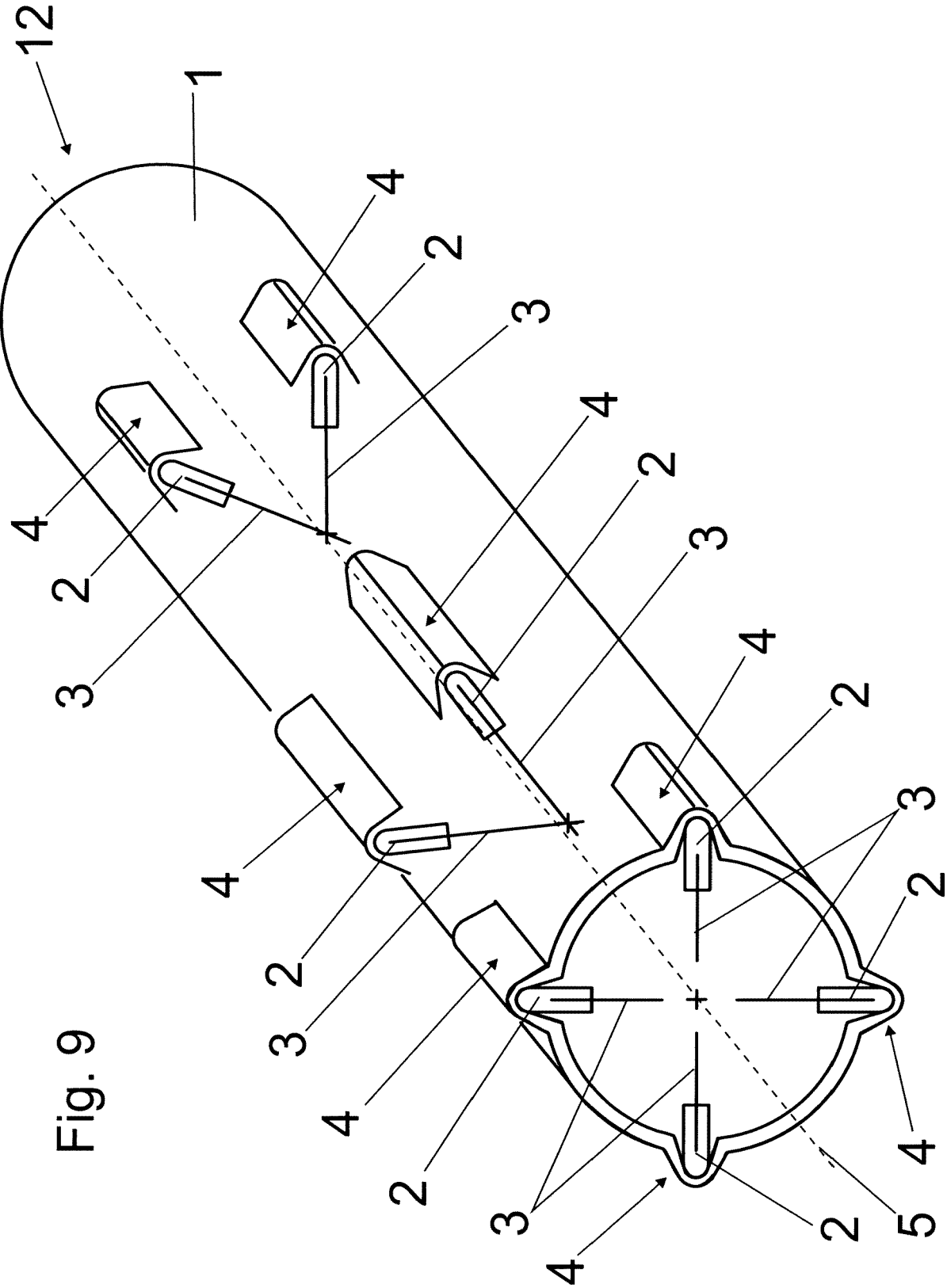


Fig. 9

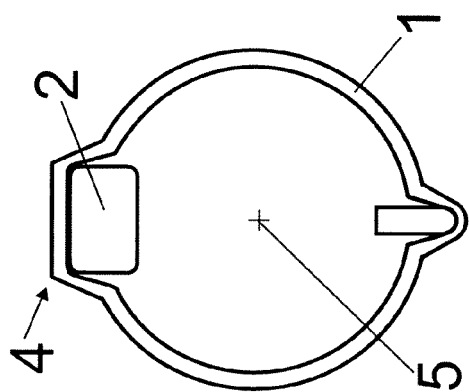


Fig. 10d

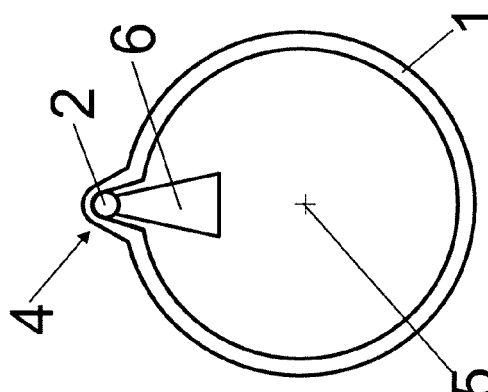


Fig. 11d

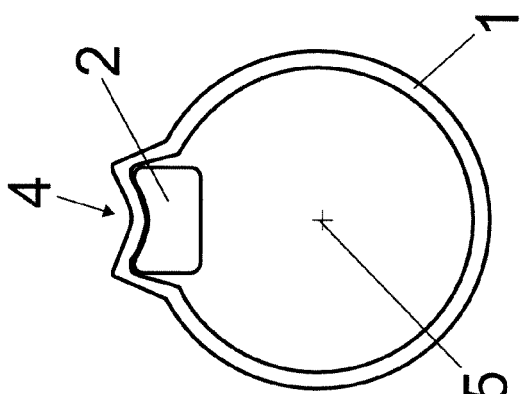


Fig. 10c

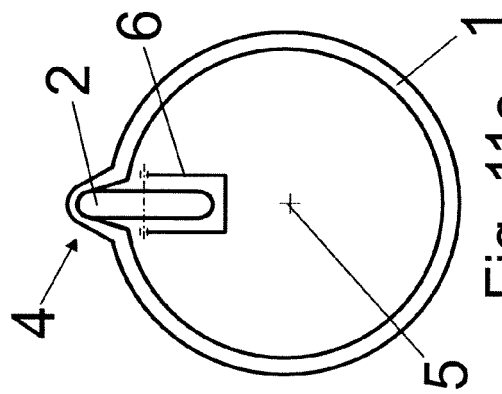


Fig. 11c

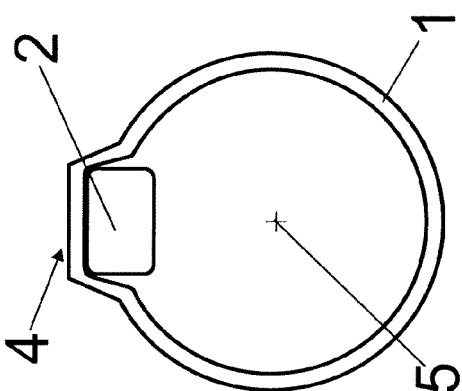


Fig. 10b

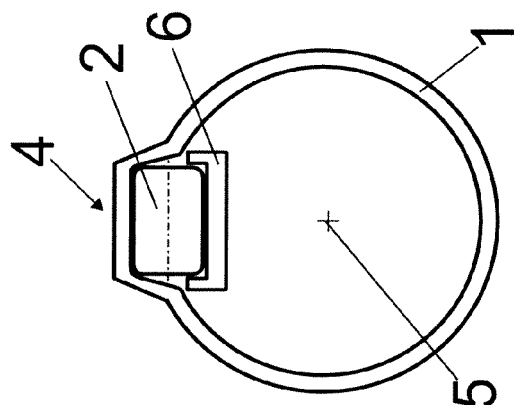


Fig. 11b

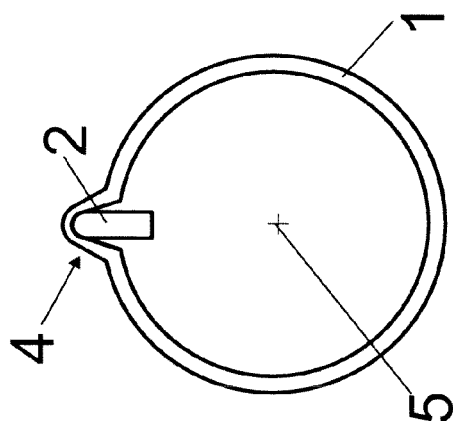


Fig. 10a

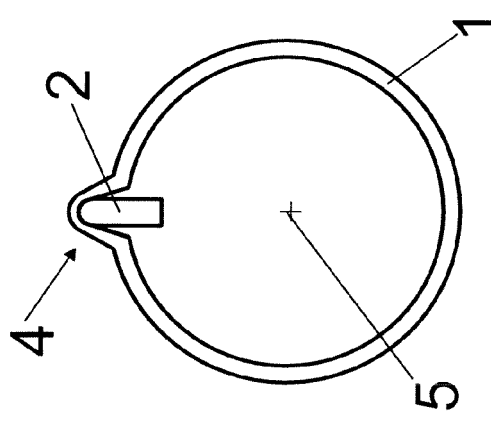
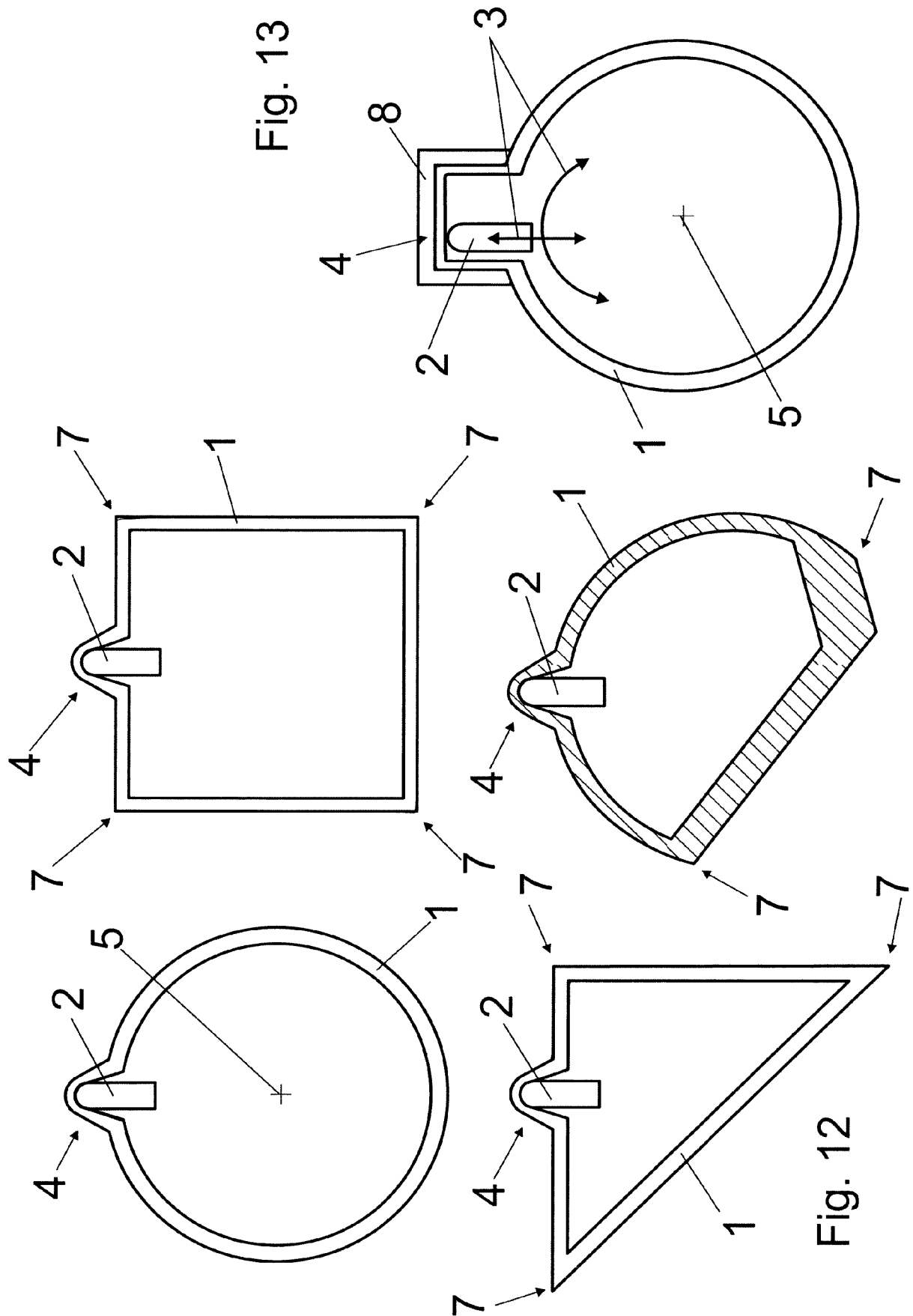


Fig. 11a



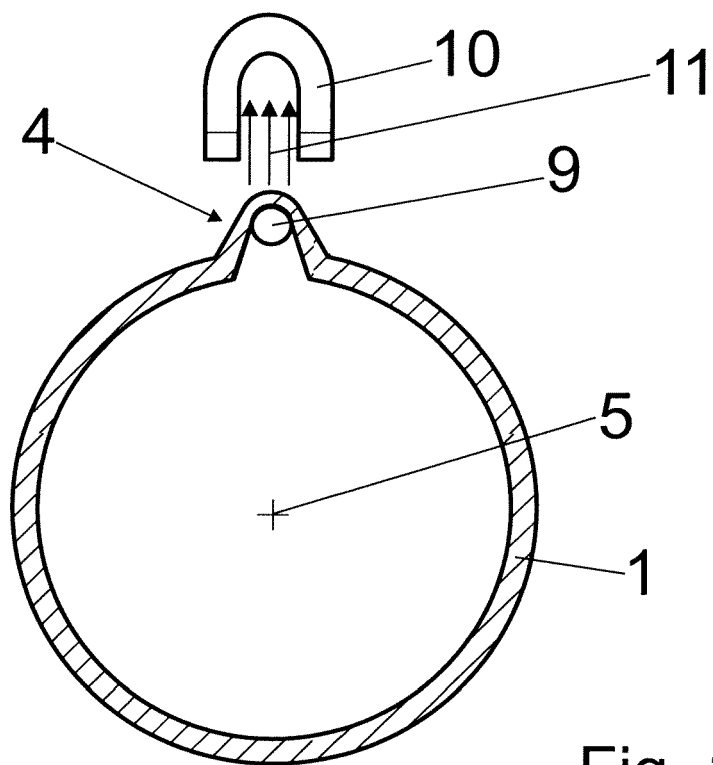


Fig. 14

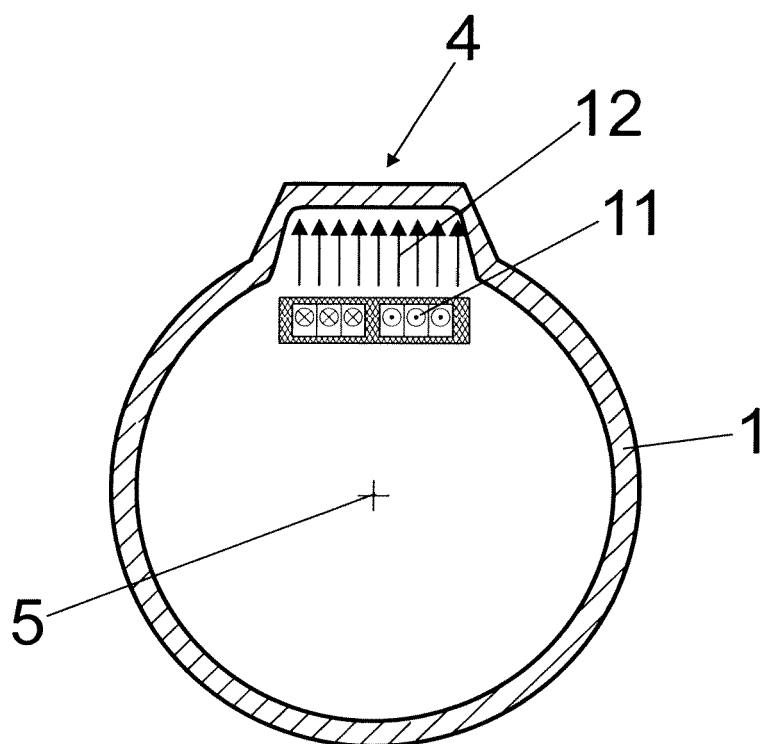


Fig. 15

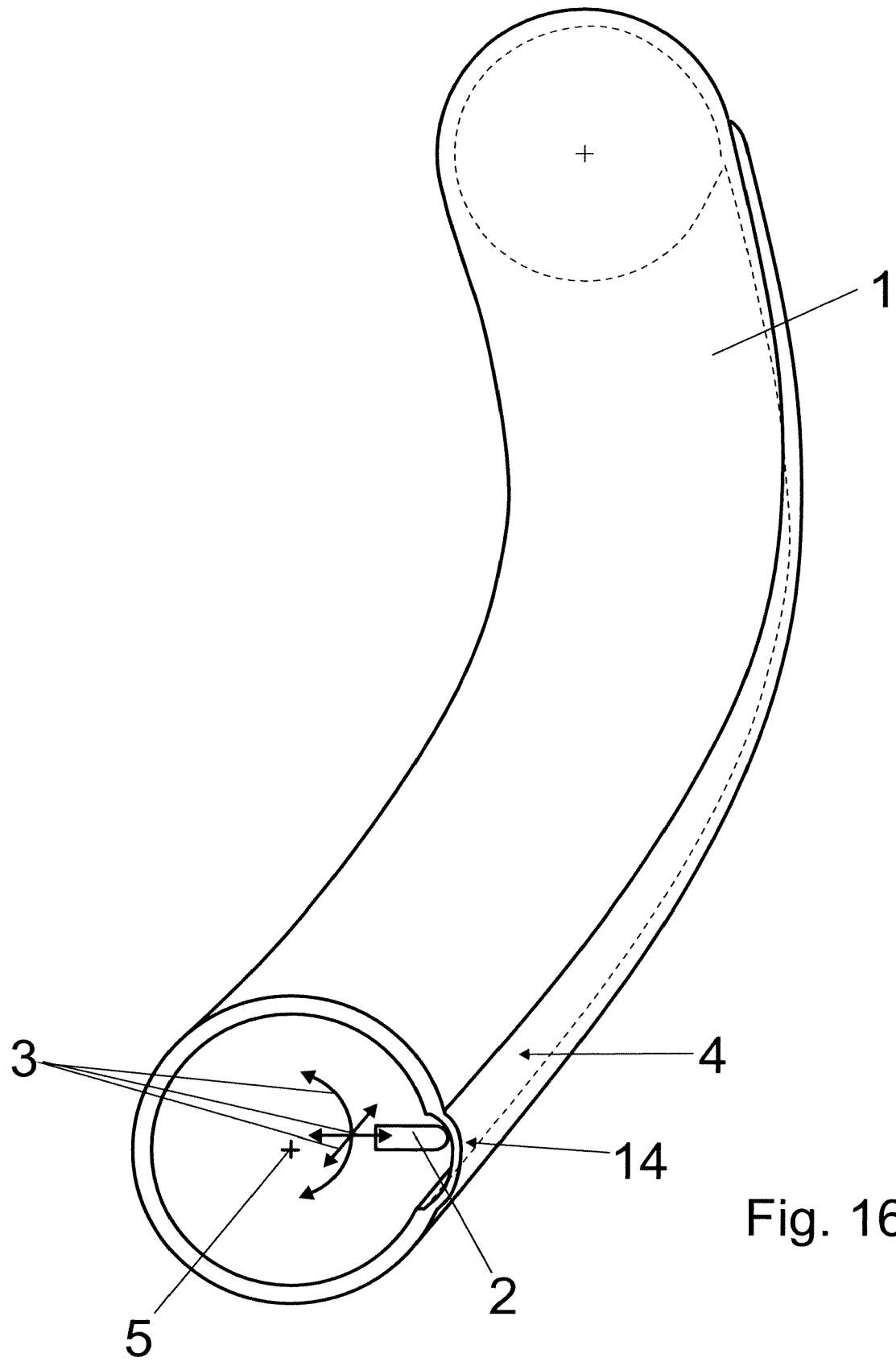


Fig. 16

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19619340 C2 [0005]