

(19)



(11)

EP 2 711 106 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.03.2014 Patentblatt 2014/13

(51) Int Cl.:
B21K 23/04 ^(2006.01) **B21J 5/08** ^(2006.01)
B21J 5/12 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13004571.9**

(22) Anmeldetag: **19.09.2013**

(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

• **Stiftung Fachhochschule Osnabrück**
49076 Osnabrück (DE)

(72) Erfinder:
• **Adams, Bernhard**
D-49090 Osnabrück (DE)
• **Rauschnabel, Eberhard**
D-76307 Karlsbad (DE)

(30) Priorität: **19.09.2012 DE 102012018454**

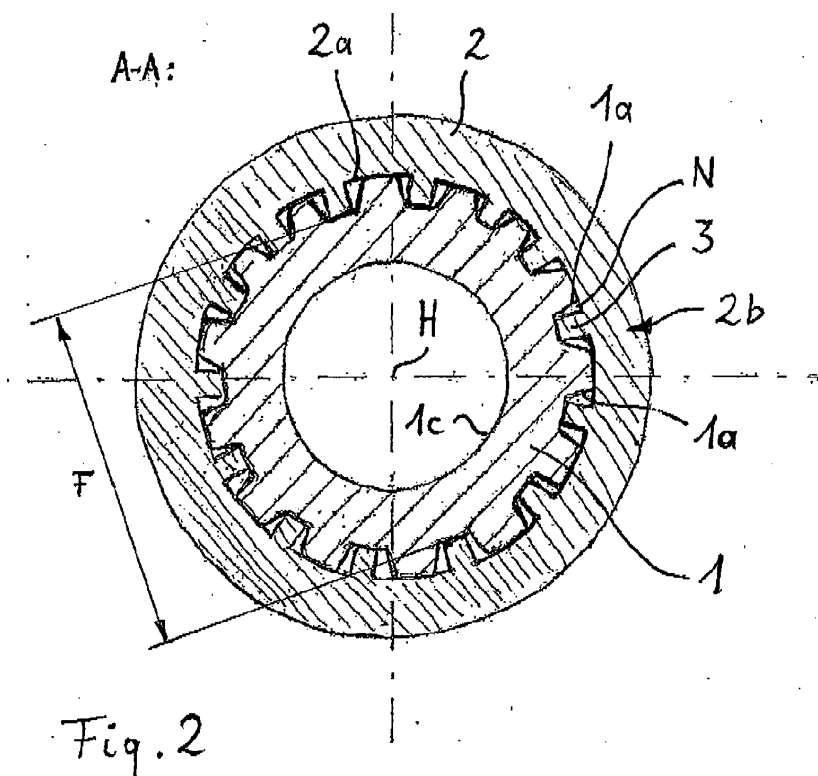
(71) Anmelder:
• **IFUTEC Ingenieurbüro für Umformtechnik GmbH**
76307 Karlsbad (DE)

(74) Vertreter: **Kreiser, André Manfred**
Elfriede-Aulhorn-Strasse 4
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)

(54) **Verfahren zum Herstellen von breiten, flanschförmigen Verdickungen an Hohlkörpern**

(57) Ein Hohlkörper (1) wird nach Erwärmung des Umformbereiches (1b) in Richtung der Hauptachse (H) gestaucht, wobei die Außenkontur (1a) im Umformbereich (1b) des Hohlkörpers der Innenkontur (2a, 2a', 2a'') einer Matrice angenähert wird, wobei Material des Hohl-

körpers (1) von außerhalb des Umformbereichs (1b) in den Umformbereich gedrückt wird, so dass sich im Umformbereich - insbesondere unter Bildung eines außenseitigen Wulstes - wenigstens abschnittsweise eine Vergrößerung der Wandstärke am Hohlkörper (1) ergibt.



EP 2 711 106 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Wandverdickung an einem sich entlang einer Hauptachse erstreckenden Hohlkörper sowie insbesondere auch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist aus der EP 1611973 A1 bekannt, bei dem während eines Axialpressvorgangs in einem Umformvorgang eine Wandverdickung mittels einer verstellbaren Matrize an einem Hohlkörper hergestellt wird. Dadurch dass die Matrize entlang einer Hauptachse des Hohlkörpers verstellbar sein muss, ergibt sich eine vergleichsweise aufwändige Gestaltung der erforderlichen Umformmaschine mit "schwimmender Matrize".

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei dem ein Hohlkörper mit möglichst einfachen Mitteln durch einen Axialpressvorgang unter Vermeidung von Faltenbildung, derart umgeformt werden kann, dass an dem Hohlkörper ein technisch nutzbarer Wulst entsteht. Aufgabe der Erfindung ist es ferner, eine Vorrichtung insbesondere zur Durchführung des eingangs genannten Verfahrens bereitzustellen, durch welche verbesserte Hohlkörper besonders einfach herstellbar sind.

[0004] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Hohlkörper sich entlang einer Hauptachse erstreckt, wobei der Hohlkörper zu Anfang des Verfahrens in einem Umformbereich eine vorbestimmte Außenkontur aufweist. In einem Verfahrensschritt wird der Hohlkörper in axialer Richtung unter Druckspannung gesetzt und dadurch plastisch verformt. Dies ist mittels entsprechender Druckstempel in an sich bekannten Axialpress-Umformverfahren durchführbar. Die grundsätzliche verfahrensführung ist beispielsweise aus der WO 2009/027789 A2 entnehmbar, die die bezüglich wesentlicher Aspekte der Durchführung eines Axialpressumformverfahrens vollumfänglich in Bezug genommen wird. Im Rahmen eines derartigen Umformverfahrens ändert sich die vorbestimmte Außenkontur des Hohlkörpers in dem Umformbereich, wobei der Hohlkörper außenseitig an dem Umformbereich durch wenigstens eine Matrize wenigstens abschnittsweise umgriffen wird. Dabei weist die Matrize benachbart zum Umformbereich wenigstens einen ersten Abschnitt mit einer ersten Innenkontur auf, wobei die erste Innenkontur der Matrize in dem ersten Abschnitt ungleich der vorbestimmten Außenkontur des Hohlkörpers in dem Umformbereich gestaltet ist. Besonders bevorzugt ist es, wenn die erste Innenkontur der Matrize quer zur Hauptachse, insbesondere in Umfangsrichtung der Matrize ungleich der vorbestimmten Außenkontur des Hohlkörpers im Ausgangszustand ist.

[0005] An der Außenkontur des Hohlkörpers wird im Verlauf eines Axialpressvorgangs im Umformbereich die Wandstärke vergrößert, wobei insbesondere die vorbestimmte Außenkontur nach außen gewölbt und Material

von benachbarten Bereichen des Hohlkörpers in den Umformbereich nachgeschoben wird. Im Umformbereich wird so zumindest übergangsweise ein ringförmiger Wulst erzeugt. Das in den Wulst nachgeschobene Material des Hohlkörpers drückt schließlich gegen die erste Innenkontur der Matrize. An dem Wulst entsteht eine neue Außenkontur, die sich der Innenkontur der Matrize zumindest abschnittsweise anpasst. Umgekehrt betrachtet prägt die erste Innenkontur der Matrize dann dem Wulst seine neue Form von außen auf. Dieser Vorgang wird durch ein Insbesondere abschnittsweises Erwärmen des Hohlkörpers im Umformbereich erleichtert. Eine bevorzugte erfindungsgemäße Matrize umfasst insbesondere einen im Wesentlichen starren, einstückigen, in sich geschlossenen Ring mit einer Innenkontur, die im Umformbereich mit geringem Abstand zur vorbestimmten Außenkontur des Hohlkörpers positioniert werden kann. Die Innenkontur der Matrize weist bevorzugt eine (ggf. komplexe) Profilierung auf, die dem Wulst aufgeprägt wird. In einem Ausführungsbeispiel kann einem Rohrelement mit unrundem Querschnitt ein zylindrischer Flansch aufgeprägt werden, wenn die Innenkontur der Matrize im Wesentlichen zylindrisch ist.

[0006] In Ausgestaltung der Erfindung ist die vorbestimmte Außenkontur des Hohlkörpers quer zur Hauptachse im Wesentlichen rund gestaltet, während die erste Innenkontur der Matrize quer zur Hauptachse im Wesentlichen unrund gestaltet ist.

[0007] Als vorbestimmte Außenkontur des Hohlkörpers ist insbesondere eine kreiszylindrische Kontur vorsehbar, an der im Verlauf eines Umform-/Axialpressvorgangs im Umformbereich übergangsweise ein im Wesentlichen zylindrischer Wulst erzeugt wird, der im weiteren Verlauf des Umform-/Axialpressvorgangs in eine unrunde Form übergeführt wird. Mit Hilfe einer in Richtung der Hauptachse des Hohlkörpers und/oder quer zur Hauptachse des Hohlkörpers teilbaren Matrize können nahezu beliebige Profile auf eine Außenkontur eines Hohlkörpers aufgeprägt werden.

[0008] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist die erste Innenkontur der Matrize eine Mehrzahl von nach innen abragenden Stützelementen auf, wobei die sich ändernde Außenkontur des Hohlkörpers in einem Verfahrensschritt im Umformbereich gegen die Stützelemente drückt, wobei sich zwischen den Stützelementen Bereiche der Außenkontur ergeben, die von der Matrize im selben Verfahrensschritt gar nicht oder zu einem späteren Zeitpunkt oder mit geringeren Kräften gestützt werden. Die Stützelemente können in einer rotations-symmetrischen Anordnung gleichmäßig entlang einer Kreislinie angeordnet sein. Zwischen länglichen Stützelementen sind beispielsweise bevorzugt längliche, nutzförmige Vertiefungen (Lücken, Rinnen) gebildet. In einem gitterförmigen System aus miteinander optional verbundenen Stützelementen kann alternativ eine Vielzahl von Sackloch-förmigen Vertiefungen gebildet sein.

[0009] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist der kleinste Freigang der ersten Innenkontur der Matrize um

einen lichten Abstand größer ist als die größte Abmessung der vorbestimmten Außenkontur im Ausgangszustand des Hohlkörpers, wobei der lichte Abstand kleiner ist als eine Ausgangswandstärke des Hohlkörpers im Umformbereich. Ein kleinster Freigang kann erfindungsgemäß bei im Wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildeter Matrize als der größte Durchmesser angesehen werden, den ein die Matrize durchgreifender Zylinder aufweisen kann. Als lichter Abstand kann außerdem das "Spiel" zwischen Matrize und Hohlkörper angesehen werden, d.h. der maximale Abstand, um den der Hohlkörper innerhalb der Matrize quer zu seiner Hauptachse bewegt werden kann. Erfindungsgemäß ist dieser lichte Abstand klein, so dass der Hohlkörper während eines Axialpressvorgangs nach geringfügiger plastischer Verformung punktuell, d.h. im Bereich der Stützelemente, berührend an der Matrize zur Anlage kommt, so dass ein Ausbeulen mit Faltenbildung frühzeitig unterbunden wird.

[0010] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist die erste Innenkontur der Matrize wenigstens ein nach innen abragendes Stützelement auf, welches einen Hinterschnitt und/oder eine Verzahnungskontur aufweist, wobei die sich ändernde Außenkontur des Hohlkörpers in einem Verfahrensschritt im Umformbereich derart gegen das Stützelement gedrückt wird, dass sich die Außenkontur des Hohlkörpers und Hinterschnitt bzw. Verzahnungskontur formschlüssig miteinander verbinden. Dabei sind bevorzugt neben dem wenigstens einen Stützelement in der Matrize Lücken vorgesehen, in die das Material des Hohlkörpers fließen und somit das wenigstens eine Stützelement umgreifen kann. Nach einer Beendigung des Umformvorgangs ist so der Hohlkörper bevorzugt unlösbar formschlüssig mit dem Stützelement verbunden.

[0011] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist wenigstens ein Stützelement lösbar mit der Matrize verbunden, das während des Verfahrens von der übrigen Matrize getrennt wird. Dabei kann ein Stützelement beim ersten Verfahrensschritt zunächst lose, kraftschlüssig oder über eine Sollbruchstelle mit dem anderen Teil der Matrize verbunden sein. Alternativ kann ein Stützelement magnetisch am anderen Teil der Matrize fixiert sein. Auf diese Weise kann ein mehr oder weniger komplexes Funktionselement aus einem vom Hohlkörper unterschiedlichen Material zunächst vorgefertigt werden. Ein derartiges Funktionselement kann dann mit dem anderen Teil der Matrize verbunden werden, um in einem Verfahrensschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens als Stützelement zu fungieren und in einem späteren Verfahrensschritt mit dem Hohlkörper verbunden und vom restlichen Teil der Matrize gelöst zu werden. Auf diese Weise werden als Funktionselemente zunächst als Teil der Matrize ("Werkzeugsegmente") eingesetzt, um später von der Matrize getrennt zu werden und nachfolgend an dem Hohlkörper eine weitere Funktion übernehmen zu können. Als komplexe Funktionselemente sind auch elektronische Bauteile wie Sensoren, Schalter oder Per-

manentmagnete, jedoch auch Diamanten, Natursteine oder dergleichen vorsehbar. In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind als Funktionselemente Zähne für den Aufbau eines Zahnrad oder Schaufeln für den Aufbau eines Turbinenrads in einem vom Werkstoff des Hohlkörpers unterschiedlichem Material vorgesehen.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung bilden die Stützelemente gemeinsam ein gleichmäßiges Profil, insbesondere eine Verzahnung und/oder ein Negativ-Abbild einer Verzahnung. Besonders bevorzugt ist es, über die Stützelemente an der Innenkontur der Matrize ein Zahnprofil für ein geradzahntes oder schrägverzahntes Zahnrad vorzusehen. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann also mit besonders einfachen Mitteln an einem Hohlkörper in Form eines Rohrelements ein umlaufender, ringförmiger Wulst samt Zahnkranz angeformt werden. Wulst und Zahnkranz bestehen dann vorzugsweise vollständig aus dem Material des Rohrelements.

[0013] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird der Hohlkörper in einem ersten Verfahrensschritt im Umformbereich auf eine Temperatur oberhalb der Umgebungstemperatur, bei der Verwendung eines Hohlkörpers aus Stahl insbesondere auf eine Temperatur zwischen 400°C und 1250°C, erwärmt. Des Weiteren wird der Hohlkörper in einem zweiten Verfahrensschritt mit Hilfe einer Axialpressvorrichtung in Richtung der Hauptachse mechanisch gestaucht und unter bleibender Verkürzung seiner Länge plastisch umgeformt, wobei der Hohlkörper während des zweiten Verfahrensschritts mit Hilfe der Matrize an mehreren, voneinander beabstandeten Stellen im Umformbereich quer zur Hauptachse abgestützt wird, wobei während des zweiten Verfahrensschritts die Außenkontur im Umformbereich des Hohlkörpers der Innenkontur der Matrize angenähert wird, wobei während des zweiten Verfahrensschritts Material des Hohlkörpers von außerhalb des Umformbereichs in den Umformbereich gedrückt wird, so dass sich im Umformbereich - insbesondere unter Bildung eines außenseitigen Wulstes - wenigstens abschnittsweise eine Vergrößerung der Wandstärke am Hohlkörper ergibt. Auf diese Weise lassen sich starke Umformvorgänge an dem Hohlkörper zur Bildung breiter, dicker und/oder profilierter Flansche realisieren. Erfindungsgemäß wird bei Verwendung von Hohlkörpern aus Stahl als Temperatur im Umformbereich in einer ersten Variante eine Temperatur zwischen 400°C und 700°C gewählt; der Hohlkörper wird also halbwarm-umgeformt. Bei Verwendung von Hohlkörpern aus Stahl werden in einer weiteren Variante eine Temperatur zwischen 850°C und 1250°C gewählt; der Hohlkörper wird also warm-umgeformt. Bei der Verwendung anderer Werkstoffe zur Herstellung des Hohlkörpers (Aluminium-Legierungen, Kupfer, Magnesium-Legierungen usw.) sind selbstverständlich entsprechend angepasste Temperaturen vorsehbar.

[0014] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird im Umformbereich des Hohlkörpers eine Vergrößerung der Wandstärke um wenigstens 50%, insbesondere um we-

nigstens 100% bezogen auf die Ausgangswandstärke des Hohlkörpers bewirkt. Eine derartige Vergrößerung der Wandstärke des Hohlkörpers im Umformbereich ergibt insbesondere einen Wulst an dem Hohlkörper, der sich nach außen und/oder nach innen erstrecken kann.

[0015] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird der Hohlkörper während eines Verfahrensschrittes außenseitig mit Hilfe einer den Hohlkörper ringförmig umgebenden Matrize und gleichzeitig innenseitig mit einem den Hohlkörper wenigstens abschnittsweise durchgreifenden Dorn abgestützt. Mit Hilfe des Dorns kann der Hohlkörper einerseits innenseitig abgestützt werden.

[0016] Die Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der Hohlkörper zu Anfang des Verfahrens in einem Umformbereich eine vorbestimmte Innenkontur aufweist, bei dem der Hohlkörper in einem Verfahrensschritt in axialer Richtung unter Druckspannung gesetzt und dadurch plastisch verformt wird, so dass sich die vorbestimmte Innenkontur des Hohlkörpers in dem Umformbereich ändert, wobei der Hohlkörper außenseitig an dem Umformbereich durch wenigstens eine Matrize wenigstens abschnittsweise umgriffen wird, wobei der Hohlkörper innenseitig an dem Umformbereich durch wenigstens einen Dorn wenigstens abschnittsweise durchstoßen wird, wobei der Dorn eine benachbart zum Umformbereich angeordnete Dornkontur aufweist, welche ungleich der vorbestimmten Innenkontur des Hohlkörpers in dem Umformbereich gestaltet ist. An der Innenkontur des Hohlkörpers wird im Verlauf eines Axialpressvorgangs im Umformbereich die Wandstärke vergrößert, wobei insbesondere die vorbestimmte

[0017] Innenkontur nach innen gewölbt und Material von benachbarten Bereichen des Hohlkörpers in den Umformbereich nachgeschoben wird. Im Umformbereich wird so zumindest übergangsweise ein ringförmiger Wulst erzeugt. Das in den Wulst nachgeschobene Material des Hohlkörpers drückt schließlich gegen die erste Außenkontur des Dorns. An dem Wulst entsteht eine neue Innenkontur, die sich der Außenkontur des Dorns zumindest abschnittsweise anpasst. Umgekehrt betrachtet prägt die erste Außenkontur des Dorns dann dem Wulst seine neue Form auf. Dieser Vorgang wird durch ein insbesondere abschnittsweises Erwärmen des Hohlkörpers im Umformbereich erleichtert. Ein erfindungsgemäßer Dorn wird bevorzugt im Umformbereich mit geringem Abstand zur vorbestimmten Innenkontur des Hohlkörpers positioniert. Die Außenkontur des Dorns weist bevorzugt eine (ggf. komplexe) Profilierung auf, die dem Wulst aufgeprägt wird. In einem Ausführungsbeispiel kann einem Rohrelement mit rundem (Innen)Querschnitt eine unrunde Form innenseitig aufgeprägt werden.

[0018] Die Aufgabe wird außerdem gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 12 mit einer Spannvorrichtung zur Ausübung von Druckkräften auf einen Hohlkörper entlang einer Hauptachse des Hohlkörpers und mit einer den Hohlkörper außenseitig an einem Umformbe-

reich wenigstens abschnittsweise umgreifenden Matrize, wobei die Matrize wenigstens ein Stützelement aufweist, welches während einer plastischen Umformung des Hohlkörpers ein vorbestimmtes Profil in das Material des Hohlkörpers drücken kann. Die Matrize fungiert dabei quasi als Stempel, der den Hohlkörper an einem Abschnitt stützt und am Ausbeulen hindert, während er an einem benachbarten Abschnitt die Kontur des Hohlkörpers gezielt freigibt. Das wenigstens eine Stützelement kann derart gestaltet sein, dass es den Hohlkörper abschnittsweise ringförmig umgreift. Bei Verwendung mehrerer gleichartiger oder unterschiedlicher Stützelemente, welche jeweils mit Abstand zueinander ringförmig angeordnet sein können, kann ein Negativ-Abbild einer Verzahnungsstruktur bzw. eines Zahnkranzes gebildet sein.

[0019] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung wenigstens ein Stützelemente auf, das während der plastischen Umformung des Hohlkörpers mit dem Hohlkörper verbindbar und von der Matrize trennbar gestaltet ist. Damit ist erfindungsgemäß eine Matrize mit einem von einem Grundkörper abragenden Stützelement vorgesehen, wobei das Stützelement während der plastischen Umformung wenigstens abschnittsweise vom Material des umgeformten Hohlkörpers umflossen werden kann, so dass sich bevorzugt eine formschlüssige Verbindung zwischen Stützelement und Hohlkörper ergeben kann. Als Stützelemente werden erfindungsgemäß bevorzugt auch Funktionselemente, die in späterer Verwendung des Hohlkörpers im Zusammenwirken mit dem Hohlkörper eine besondere technische Funktion leisten können, beispielsweise kommen kleinere Rohrelemente, Pass-Stifte, Hülsen, Gewindeeinsätze usw. (insbesondere aus vom Werkstoff des Hohlkörpers verschiedenem Material) in Anwendung.

[0020] Weitere Merkmale und Merkmalskombinationen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung konkreter Ausführungsbeispiele, den zugehörigen Zeichnungen sowie den Patentansprüchen zu entnehmen.

[0021] Hierzu zeigen

Fig. 1 in einem Längsschnitt einen Hohlkörper während der Durchführung einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Hilfe einer ersten erfindungsgemäßen Matrize,

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Hohlkörper nach Fig. 1 entlang der Linie A-A,

Fig. 3 in einem Längsschnitt einen Hohlkörper während der Durchführung einer zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Hilfe einer zweiten erfindungsgemäßen Matrize,

Fig. 4 einen Querschnitt durch den Hohlkörper nach Fig. 3 entlang der Linie A'-A',

Fig. 5 in einem Längsschnitt einen Hohlkörper wäh-

rend der Durchführung einer dritten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Hilfe einer dritten erfindungsgemäßen Matrize,

Fig. 6 einen Querschnitt durch den Hohlkörper nach Fig. 5 entlang der Linie A"-A",

Fig. 7 in einem Längsschnitt einen Hohlkörper während der Durchführung einer vierten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Hilfe einer vierten erfindungsgemäßen Matrize samt Dorn und

Fig. 8 einen Querschnitt durch den Hohlkörper nach Fig. 7 entlang der Linie B-B.

[0022] In den Fig. 1 und Fig. 2 ist ein länglicher, zylindrischer Hohlkörper 1 in Form eines Rohrelements während der Durchführung einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Der Hohlkörper 1 weist in seinem Ausgangszustand eine vorbestimmte, im Wesentlichen gleichmäßige zylindrische Außenkontur 1a mit kreisrundem Querschnitt quer zu einer Hauptachse H auf, welche zugleich Symmetrieachse des Hohlkörpers ist. Der Hohlkörper weist ferner in seinem Ausgangszustand eine im Wesentlichen gleichmäßige Ausgangswandstärke t zwischen vorbestimmter Außenkontur 1a und einer vorbestimmten Innenkontur 1c auf. In bevorzugter Weise ist der Hohlkörper durch Schmieden, Gießen, Strangpressen o.ä. aus einer Aluminiumlegierung oder einem Stahl hergestellt. Grundsätzlich kann der Hohlkörper aus jedem beliebigen fließfähigen Material, insbesondere jedem Metall oder auch aus plastisch verformbarem Kunststoff hergestellt sein. In bevorzugter Weise weist der Hohlkörper eine längste Erstreckung entlang seiner Hauptachse H auf, die wenigstens das 20-fache der Ausgangswandstärke t beträgt. In bevorzugter Weise weist der Hohlkörper eine längste Erstreckung (insbes. einen Durchmesser) quer zu seiner Hauptachse H auf, die wenigstens das 5-fache der Ausgangswandstärke t beträgt. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel weist der Hohlkörper bereits im Ausgangszustand abschnittsweise eine vergrößerte Wandstärke, insbesondere einen vorgefertigten Flansch auf, der in einem nachfolgend näher beschriebenen Umformbereich des Hohlkörpers angeordnet sein kann.

[0023] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in seiner ersten Variante nach Fig. 1 wird der Hohlkörper 1 in eine nicht näher dargestellte Spannvorrichtung; insbesondere eine Axialpressvorrichtung eingesetzt, über die der Hohlkörper im Bereich seiner quer zur Hauptachse H orientierten schmalen Stirnseiten unter Axialdruckspannung gesetzt werden kann. Eine verwendbare Axialpressvorrichtung ist beispielsweise aus der EP 1611973 A1 oder aus der WO 2009/027789 A2 bekannt, auf die hinsichtlich einer grundsätzlichen Gestaltung einer verwendbaren Axialpressvorrichtung vollumfänglich Bezug genommen wird. Bestandteil der Spannvorrichtung bzw. Axialpressvorrichtung ist dabei

immer eine Matrize 2, in die der Hohlkörper derart einsetzbar sein soll, dass die Matrize 2 den Hohlkörper 1 im Bereich eines Umformabschnitts 1b des Hohlkörpers außenseitig wenigstens abschnittsweise umgreift. Weiterer Bestandteil ist ein Stempel, der in Richtung einer Hauptpressrichtung auf den Hohlkörper 1 einwirkt, wobei die Hauptpressrichtung bevorzugt parallel orientiert ist zu der Hauptachse H des Hohlkörpers.

[0024] In Abänderung bekannter Vorrichtungen kommt beim vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren in seiner ersten Variante jedoch eine Matrize 2 mit einem im Wesentlichen starren Ring mit einer ersten Innenkontur 2a zur Anwendung. Die Matrize 2 weist wenigstens einen ersten Abschnitt mit einer ersten Innenkontur 2a auf, wobei die erste Innenkontur 2a der Matrize ungleich der vorbestimmten Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 in seinem Umformbereich 1b gestaltet ist. Konkret ist die erste Innenkontur 2a der Matrize mit wenigstens einer quer zur Hauptachse und quer zur Axialpressrichtung unrunder Kontur gestaltet, während der Hohlkörper 1 in seinem Ausgangszustand zu Anfang des Verfahrens im Wesentlichen mit runden Konturen, d.h. kreiszylindrisch gestaltet ist. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann dieses Prinzip jedoch auch umgekehrt verwendet werden, indem ein unrunder Hohlkörper mit einer innenseitig im Wesentlichen zylindrisch gestalteten Matrize zusammenwirkt.

[0025] Die erste Innenkontur 2a der Matrize wird erfindungsgemäß insbesondere durch mehrere Stützelemente 3 bestimmt, welche als Bestandteile der Matrize 2 einstückig mit dieser ausgeführt sind. Vorliegend sind die Stützelemente 3 im Wesentlichen stabförmig mit eckigem Querschnitt (quer zur Hauptpressrichtung) ausgebildet, so dass zwischen den Stützelementen 3 längliche rinnen- oder nutenförmige Vertiefungen N gebildet sind. Dabei ragen die Stützelemente 3 radial (d.h. in Richtung der Hauptachse H des Hohlkörpers) ab von einer Basis 2b der Matrize 2, wobei die Basis 2b der Matrize als näherungsweise zylindrischer, insbesondere kreiszylindrischer Ring ausgeführt sein kann. Es versteht sich von selbst, dass die Stützelemente 3 alternativ auch als von der Basis 2b abragende Stifte, Noppen, Gitter oder dergleichen mit nahezu beliebiger Form ausgeführt sein können. In bevorzugter Weise bilden die Stützelemente 3 gemeinsam ein zusammenhängendes Profil, welches dafür vorgesehen ist, im Verlauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zumindest teilweise auf den Hohlkörper 1 übertragen zu werden. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel stellt das durch die Stützelemente gebildete zusammenhängende Profil ein Negativ-Abbild eines Zahnkranzes mit Geradverzahnung oder Schrägverzahnung dar.

[0026] In einem modifizierten Ausführungsbeispiel sind die Stützelemente lösbar bzw. trennbar mit der Matrize 2 verbunden, indem sie beispielsweise reibschlüssig in Bohrungen seitens der Basis angeordnet oder mit Magnetkraft an der Basis gehalten sind. Bei einer derartigen Konfiguration ist es vorsehbar, dass im Verlauf des

erfindungsgemäßen Verfahrens nicht nur ein durch die Stützelemente gebildetes Profil auf den Hohlkörper übertragen wird, sondern auch dass eines der mehreren Stützelemente von der Matrize gelöst und mit dem Hohlkörper verbunden wird.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß seiner ersten Variante wird nun wie folgt durchgeführt. Der Hohlkörper 1 wird in einem ersten Verfahrensschritt optional in seinem Umformbereich 1b auf eine Temperatur oberhalb der Umgebungstemperatur erwärmt, so dass sich ein näherungsweise gleichmäßiges Temperaturprofil im Umformbereich 1b ergibt. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel wird auf den Hohlkörper 1 ein in Richtung seiner Hauptachse H und/oder in Umfangsrichtung ungleichmäßig ausgebildetes Temperaturprofil übertragen. Erfindungsgemäß ist abhängig vom verwendeten Werkstoff eine Temperatur oder ein Temperaturprofil zwischen 60°C und 1250°C vorgesehen. Bei der Verwendung eines Kohlenstoff-Stahls wird erfindungsgemäß im Umformbereich 1b ein Temperaturprofil mit Temperaturen zwischen 850°C und 1250°C vorgesehen. In einem alternativen Ausführungsbeispiel ist eine Temperatur im Umformbereich zwischen 600°C und 700°C vorgesehen für einen Hohlkörper aus Stahl. Sodann wird der Hohlkörper 1 in die Axialpressvorrichtung eingesetzt, deren Matrize 2 den Hohlkörper 1 im Umformbereich 1b mit geringem Abstand umgreift. Dabei werden die vorbestimmte Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 und der erste Abschnitt der Matrize mit der ersten Innenkontur 2a zueinander benachbart positioniert.

[0028] Dabei ist zwischen der ersten Innenkontur 2a der Matrize 2 und der vorbestimmten Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 ein lichter Abstand f vorgesehen. Bei um die Hauptachse H symmetrischer Anordnung ergibt sich auf zwei Seiten jeweils ein Abstand f/2 (vgl. Fig. 1). Dieser lichte Abstand f ergibt sich als Differenz zwischen einem kleinsten Freigang F innerhalb der ersten Innenkontur 2a der Matrize und der größten Abmessung D (insbesondere dem Außendurchmesser) des Hohlkörpers 1 im Umformbereich 1b. Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, den lichten Abstand kleiner zu wählen als die 2-fach Ausgangswandstärke t des Hohlkörpers 1, insbesondere kleiner als die Ausgangswandstärke t. Die Erfinder haben erkannt, dass bei dieser Konfiguration die weiteren Verfahrensschritte besonders zuverlässig und insbesondere unter Vermeidung unerwünschter Verformungen (z.B. Faltenbildung, Ausbeulen des Hohlkörpers) durchgeführt werden können.

[0029] In einem nun nachfolgenden Verfahrensschritt wird der Hohlkörper 1 mittels der Axialpressvorrichtung in nicht näher dargestellter Weise in Richtung seiner Hauptachse H unter Druckspannung gesetzt und gestaucht, so dass sich insbesondere im Umformbereich 1b eine plastische Verformung des Hohlkörpers 1 ergibt. Die plastische Verformung beinhaltet im Umformbereich 1b insbesondere eine Vergrößerung der Wandstärke des Hohlkörpers 1 gegenüber der Ausgangswandstärke t. Dabei wird Material des Hohlkörpers 1 von benachbarten

Bereichen in den Umformbereich 1b gedrückt. Die Abmessung des Hohlkörpers 1 in Richtung seiner Hauptachse H wird verkürzt; der Hohlkörper 1 also gestaucht. Vorzugsweise bildet sich damit ein Wulst, der die Außenkontur des Hohlkörpers 1 im Umformbereich verändert. Bei diesem Verfahrensschritt wird der Hohlkörper 1 mit Hilfe der Matrize 2 an mehreren, voneinander beabstandeten Stellen im Umformbereich 1b quer zur Hauptachse H abgestützt. Des Weiteren wird während dieses Verfahrensschritts Material des Hohlkörpers 1 von außerhalb des Umformbereichs 1b in den Umformbereich gedrückt wird, so dass sich im Umformbereich - insbesondere unter Bildung eines außenseitigen Wulstes - die genannte Vergrößerung der Wandstärke am Hohlkörper 1 ergibt. Besonders bevorzugt ist es, wenn im Umformbereich 1b des Hohlkörpers 1 eine maximale Vergrößerung der Wandstärke um wenigstens 50%, insbesondere um wenigstens 100% bezogen auf die Ausgangswandstärke t des Hohlkörpers bewirkt wird. An den Rändern des Umformbereichs ist dabei eine (minimale) Wandstärkenänderung von nahe Null vorgesehen, so dass sich ein kontinuierlicher bzw. gleitender Übergang von der Ausgangswandstärke t außerhalb des Umformbereichs zur maximal vergrößerten Wandstärke.

[0030] In vorteilhafter Weise ergibt sich jedoch nicht nur eine Wandstärkenänderung, sondern auch eine Anpassung der Außenkontur 1a des Hohlkörpers an die Innenkontur 2a der Matrize. Dabei ist es beabsichtigt, dass zwischen den Stützelementen 3 Bereiche N der Außenkontur 1a (Nuten, Rillen, Sacklöcher, sonstige Vertiefungen oder Aussparungen) vorgesehen sind, die von der Matrize 2 im selben Verfahrensschritt zeitweise nicht gestützt, sondern für einen Materialfluss freigegeben werden. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel sind Bereiche N zwischen den Stützelementen 3 vorgesehen, in denen das Material des Hohlkörpers während des Verfahrens frei fließen kann und/oder mit geringeren Kräften abgestützt wird. Erfindungsgemäß wird dabei den Stützelementen 3 eine Doppelfunktion zugeordnet: Einerseits stützen sie den Hohlkörper während des Umformverfahrens punktuell bzw. abschnittsweise ab, so dass ein unerwünschtes Ausknicken, Ausbeulen etc. der Wandung des Hohlkörpers im Umformbereich unterdrückt wird. Andererseits prägen sie dem sich plastisch umformenden Hohlkörper außenseitig eine später technisch nutzbare Formstruktur auf (z.B. Zähne, Rillen, Gewindegänge, Rändel etc.) bis hin zu einer makroskopischen Rauigkeit mit unregelmäßigen Strukturmerkmalen. Wie sich hierzu aus Fig. 2 ergibt, müssen die Bereiche N zwischen den Stützelementen 3 während des Verfahrens nicht zwangsläufig gänzlich mit dem Material des Hohlkörpers ausgefüllt werden,

[0031] In einem modifizierten Ausführungsbeispiel wird der Hohlkörper während eines Verfahrensschrittes außenseitig mit Hilfe der den Hohlkörper ringförmig umgebenden Matrize und gleichzeitig innenseitig mit einem den Hohlkörper wenigstens abschnittsweise durchgreifenden zylindrischen Dorn abgestützt. Der Dorn soll da-

mit einer Wandstärkenänderung nach innen wirksam verhindern. Dazu ist zwischen Dorn und Innenkontur des Hohlkörpers nur geringes Spiel vorgesehen.

[0032] In einem weiteren modifizierten Ausführungsbeispiel ist die Matrize derart mehrteilig ausgeführt, dass sie am Ende des Verfahrens entlang einer Ebene durch die Hauptachse H und/oder entlang einer Ebene senkrecht zur Hauptachse geteilt werden kann.

[0033] In den Fig. 3 und Fig. 4 ist ein länglicher, zylindrischer Hohlkörper 1 in Form eines Rohrelements während der Durchführung einer zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Eine Durchführung der zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt im Wesentlichen identisch wie bei der ersten Variante nach den Fig. 1 und 2, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung vollumfänglich Bezug genommen werden kann, sofern nachfolgend nichts anderes gesagt ist. Im Übrigen sind gleiche oder gleichwirkende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen wie bei der vorstehenden Beschreibung versehen.

[0034] Abweichend von der ersten Variante ist als Bestandteil einer erfindungsgemäßen Axialpressvorrichtung eine abgewandelte Matrize 2' vorgesehen. Diese ist zweiteilig aufgebaut; sie weist ein bevorzugt ringförmiges Stützelement 3' auf, welches in einen Basisring 2b' reibschlüssig eingesetzt ist. An dem ringförmigen Stützelement 3' ist eine Verzahnungskontur 3a' vorgesehen, die eine abgewandelte erste Innenkontur 2a' der abgewandelten Matrize 2' bildet. Die Verzahnungsstruktur 3a' weist abschnittsweise einen Hinterschnitt auf. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel können auch mehrere Stützelemente 3' mit Hinterschnitt vorgesehen sein oder Stützelemente 3 nach der ersten Variante des Verfahrens mit Stützelementen 3' nach dieser zweiten Variante des Verfahrens kombiniert werden.

[0035] In der zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mittels der Axialpressvorrichtung wiederum eine Druckspannung in Richtung der Hauptachse H auf den Hohlkörper 1 ausgeübt, so dass sich dieser im Umformbereich 1b plastisch verformt. Im Rahmen der plastischen Verformung wird Material des Hohlkörpers in den Umformbereich 1b gedrückt, so dass sich dort eine Vergrößerung der Wandstärke in Form eines Wulstes bildet (oder ein bereits bestehender Wulst vergrößert wird). Dabei ändert sich erfindungsgemäß die Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 im Umformbereich 1b. Die sich ändernde Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 wird in einem Verfahrensschritt im Umformbereich 1b derart gegen das Stützelement 3' gedrückt, dass Material des Hohlkörpers 1 um den Hinterschnitt fließt. Damit wird die Verzahnungsstruktur 3a' zumindest abschnittsweise vom Material des Hohlkörpers umgriffen. Folglich verbinden sich die Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 und die Verzahnungskontur 3a' formschlüssig miteinander.

[0036] In einem nachfolgenden Verfahrensschritt wird das Stützelement 3' vom Basisring 2b' (d. h. vom Hauptteil der Matrize 2' und somit auch von der Axialpressvor-

richtung) getrennt. Das Stützelement 3' bildet somit ein "verlorenes" Werkzeugelement und übernimmt zu einem späteren Zeitpunkt eine weitere technische Funktion im Zusammenwirken mit dem Hohlkörper 1. Als Stützelement 3' ist beispielsweise ein vorgefertigter Ring aus einem vom Material des Hohlkörpers 1 verschiedenen Werkstoff vorgesehen, der mit anderen Bearbeitungsverfahren herstellbar ist und ggf. (gegenüber den Qualitätsanforderungen der Hohlkörpers) erhöhten Qualitätsanforderungen genügt, eine höhere Härte oder Steifigkeit aufweisen kann. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Stützelement 3' und Basisring 2b' derart lösbar miteinander verbunden, dass während des erfindungsgemäßen Verfahrens ein zuverlässiger Halt, jedoch auch eine unversehrte Trennung möglich ist. Eine solche Verbindung kann unter Verwendung einer Übergangspassung zwischen Stützelement 3' und Basisring 2b' hergestellt sein, wobei zusätzlich oder alternativ reversible Klebe- oder Lötverbindungen in Frage kommen. In einem alternativen Ausführungsbeispiel sind Stützelement 3' und Basisring 2b' zunächst einstückig ausgeführt, jedoch mit einer Sollbruchstelle versehen. In einem weiteren modifizierten Ausführungsbeispiel sind zur Bildung einer erfindungsgemäßen Matrize innerhalb eines Basisrings mehrere ringförmige Stützelemente in Richtung der Hauptachse H benachbart zueinander angeordnet, wobei zwischen diesen mehreren Stützelementen Zwischenräume vorgesehen sein können, die quasi ringförmige Vertiefungen bilden, in die während des erfindungsgemäßen Verfahrens Material des Hohlkörpers fließen kann.

[0037] In den Fig. 5 und Fig. 6 ist ein länglicher, zylindrischer Hohlkörper 1 in Form eines Rohrelements während der Durchführung einer dritten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Eine Durchführung der dritten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt im Wesentlichen identisch wie bei der ersten und zweiten Variante nach den Fig. 1 bis 4, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung vollumfänglich Bezug genommen werden kann, sofern nachfolgend nichts anderes gesagt ist. Im Übrigen sind gleiche oder gleichwirkende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen wie bei der vorstehenden Beschreibung versehen. Im Übrigen lassen sich Merkmale der verschiedenen verfahrensvarianten auch untereinander kombinieren.

[0038] Abweichend von der ersten Variante ist als Bestandteil einer erfindungsgemäßen Axialpressvorrichtung eine abgewandelte Matrize 2'' vorgesehen. Diese ist zweiteilig aufgebaut; sie weist ein bevorzugt ringförmiges Stützelement 3'' auf, welches in einen Basisring 2b'' eingesetzt ist. An dem ringförmigen Stützelement 3'' ist eine Verzahnungskontur 3a'' vorgesehen, die Teil einer abgewandelten ersten Innenkontur 2a'' der abgewandelten Matrize 2'' ist. Die Verzahnungsstruktur 3a'' weist keinen Hinterschnitt, jedoch einen Absatz 3b'' in Form eines (in Umfangsrichtung) unrunder Kragensegments auf. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel kann ei-

ne Verzahnungsstruktur nach dieser dritten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer Verzahnungsstruktur nach der zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder mit einer Verzahnungsstruktur nach der ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kombiniert vorgesehen sein.

[0039] In der dritten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mittels der Axialpressvorrichtung wiederum eine Druckspannung in Richtung der Hauptachse H auf den Hohlkörper 1 ausgeübt, so dass sich dieser im Umformbereich 1b plastisch verformt. Im Rahmen der plastischen Verformung wird Material des Hohlkörpers in den Umformbereich 1b gedrückt, so dass sich dort eine Vergrößerung der Wandstärke in Form eines Wulstes bildet (oder ein bereits bestehender Wulst vergrößert wird). Dabei ändert sich erfindungsgemäß die Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 im Umformbereich 1b. Die sich ändernde Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 wird in einem Verfahrensschritt im Umformbereich 1b derart gegen das Stützelement 3" gedrückt, dass Material des Hohlkörpers 1 um die Verzahnungsstruktur 3a" fließt. Es ergibt sich dabei auf Seiten des Hohlkörpers 1 eine zu dem Kragensegment 3a" korrespondierende Ausnehmung 1d innerhalb eines ansonsten vorzugsweise zylindrischen Flanschs 1e. Nach Abschluss der dritten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Stützelement 3" wiederum am Hohlkörper 1 verbleiben und im Zusammenwirken mit dem Hohlkörper 1 andere technische Funktionen erfüllen. In diesem Fall wirkt bei einer späteren Verwendung das Kragensegment 3a" einerseits als Verdrehsicherung und andererseits als einseitiger Anschlag für das (vormalige) Stützelement 3" in dessen neuer Funktion.

[0040] In den Fig. 7 und Fig. 8 ist ein länglicher, zylindrischer Hohlkörper 1 in Form eines Rohrelements während der Durchführung einer vierten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Eine Durchführung der vierten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt im Wesentlichen identisch wie bei der ersten, zweiten Variante nach den Fig. 1 bis 6, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung vollumfänglich Bezug genommen werden kann, sofern nachfolgend nichts anderes gesagt ist. Im Übrigen sind gleiche oder gleichwirkende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen wie bei der vorstehenden Beschreibung versehen. Im Übrigen lassen sich Merkmale der verschiedenen Verfahrensvarianten auch untereinander kombinieren.

[0041] Abweichend von der ersten Variante ist wie bei der zweiten Variante als Bestandteil einer erfindungsgemäßen Axialpressvorrichtung eine abgewandelte Matrize 2' vorgesehen. Diese ist zweiteilig aufgebaut; sie weist ein bevorzugt ringförmiges Stützelement 3' auf, welches in einen Basisring 2b' eingesetzt ist. An dem ringförmigen Stützelement 3' ist eine Verzahnungskontur 3a' vorgesehen, die Teil einer abgewandelten ersten Innenkontur 2a' der abgewandelten Matrize 2' ist. Die Verzahnungsstruktur 3a' weist (zumindest optional) einen Hinter-

schnitt auf.

[0042] In der vierten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Hohlkörper 1 nun nicht nur außen- seitig mit Hilfe der den Hohlkörper 1 ringförmig umgebenden Matrize 2', sondern gleichzeitig innenseitig mit einem den Hohlkörper durchgreifenden Dorn 4 abgestützt. Der Dorn 4 weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine zweiteilige Gestalt auf bestehend aus einem ersten Dorn-Teil 4b und einem zweiten Dorn-Teil 4c, Zwischen dem ersten Dorn-Teil 4b und dem zweiten Dorn-Teil 4c ist ein Funktionselement 5 eingesetzt.

[0043] Der Dorn 4 weist eine benachbart zum Umformbereich 1b angeordnete Dornkontur 4a auf, welche ungleich der vorbestimmten Innenkontur 1c des Hohlkörpers 1 in dem Umformbereich gestaltet ist. Insbesondere weisen beide Dorn-Teile 4b, 4c jeweils eine Einschnürung 4a auf. Die Einschnürungen 4a stellen eine sich in axialer Richtung ändernde Außenkontur des Dorns dar, die unterschiedlich ist zur kreiszylindrischen Innenkontur 1c des Hohlkörpers.

[0044] Während der Durchführung der vierten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mittels der Axialpressvorrichtung wiederum eine Druckspannung in Richtung der Hauptachse H auf den Hohlkörper 1 ausgeübt, so dass sich dieser im Umformbereich 1b plastisch verformt. Im Rahmen der plastischen Verformung wird Material des Hohlkörpers in den Umformbereich 1b gedrückt, so dass sich dort eine Vergrößerung der Wandstärke in Form eines Wulstes bildet (oder ein bereits bestehender Wulst vergrößert wird). Dabei ändern sich erfindungsgemäß die Außenkontur 1a und die Innenkontur 1c des Hohlkörpers 1 im Umformbereich 1b, wobei sich eine nach innen und außen vergrößernde Wandstärke des Hohlkörpers 1 im Umformbereich 1b ergibt. Die sich ändernde Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 wird in einem Verfahrensschritt im Umformbereich 1b gegen das Stützelement 3' gedrückt. Die sich ändernde Innenkontur 1c des Hohlkörpers wird im selben Verfahrensschritt im Umformbereich 1b gegen die Außenkontur 4a des Dorns 4 gedrückt.

[0045] Die sich ändernde Außenkontur 1a des Hohlkörpers 1 wird folglich im Umformbereich 1b derart gegen das Stützelement 3' gedrückt, dass Material des Hohlkörpers 1 um die Verzahnungsstruktur 3a' fließt und sich eine formschlüssige Verbindung zwischen Stützelement und Hohlkörper ergibt. Nach Abschluss der vierten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Stützelement 3' wiederum am Hohlkörper 1 verbleiben und im Zusammenwirken mit dem Hohlkörper 1 andere technische Funktionen erfüllen.

[0046] Die sich ändernde Innenkontur 1c des Hohlkörpers 1 wird im Umformbereich 1b derart gegen Dorn 4 und Funktionselement 5 gedrückt, dass sich zwei separate, das Funktionselement 5 umgreifende Wulste 1d innerhalb der Außenkontur 4a des Dorns 4 ergeben. Nach Abschluss der vierten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Funktionselement 5 formschlüssig im Hohlkörper 1 festgelegt und kann dort nachfolgend an-

dere technische Funktionen erfüllen.

[0047] Es versteht sich von selbst, dass die Merkmale der beschriebenen Varianten miteinander kombiniert werden können, so dass sich weitere Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Wandverdickung an einem sich entlang einer Hauptachse (H) erstreckenden Hohlkörper (1), welcher zu Anfang des Verfahrens in einem Umformbereich (1b) eine vorbestimmte Außenkontur (1a) aufweist, bei dem

- der Hohlkörper (1) in einem Verfahrensschritt in axialer Richtung unter Druckspannung gesetzt und dadurch plastisch verformt wird, so dass sich die vorbestimmte Außenkontur (1a) des Hohlkörpers in dem Umformbereich (1b) ändert, wobei
- der Hohlkörper (1) außenseitig an dem Umformbereich (1b) durch wenigstens eine Matrize (2, 2', 2'') wenigstens abschnittsweise umgriffen wird, wobei
- die Matrize (2, 2', 2'') benachbart zum Umformbereich (1b) wenigstens einen ersten Abschnitt mit einer ersten Innenkontur (2a, 2a', 2a'') aufweist, wobei
- die erste Innenkontur (2a, 2a', 2'') der Matrize (2, 2', 2'') in dem ersten Abschnitt ungleich der vorbestimmten Außenkontur (1a) des Hohlkörpers (1) in dem Umformbereich gestaltet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorbestimmte Außenkontur (1a) des Hohlkörpers (1) quer zur Hauptachse (H) im Wesentlichen rund gestaltet ist, während die erste Innenkontur (2a) der Matrize (2) quer zur Hauptachse (H) im Wesentlichen unrund gestaltet ist.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Innenkontur (2a) der Matrize (2) eine Mehrzahl von nach innen abragenden Stützelementen (3) aufweist, wobei die sich ändernde Außenkontur des Hohlkörpers in einem Verfahrensschritt im Umformbereich gegen die Stützelemente (3) drückt, wobei sich zwischen den Stützelementen (3) Bereiche (N) der Außenkontur (1a) ergeben, die von der Matrize (2) im selben Verfahrensschritt gar nicht oder zu einem späteren Zeitpunkt oder mit geringeren Kräften gestützt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Freigang (F) der ersten Innenkontur (2a, 2a', 2a'') der Matrize (2, 2', 2'') um einen lichten Abstand (f) größer ist als

die größte Abmessung der vorbestimmten Außenkontur (1a) im Ausgangszustand des Hohlkörpers (1), wobei der lichte Abstand (f) kleiner ist als eine Ausgangswandstärke (t) des Hohlkörpers (1) im Umformbereich (1b).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Innenkontur (2a', 2a'') der Matrize (2', 2'') wenigstens ein nach innen abragendes Stützelement (3', 3'') aufweist, welches einen Hinterschnitt und/oder eine Verzahnungskontur (3a', 3a'') aufweist, wobei die sich ändernde Außenkontur (1a) des Hohlkörpers (1) in einem Verfahrensschritt im Umformbereich (1b) derart gegen das Stützelement (3', 3'') gedrückt wird, dass sich die Außenkontur (1a) des Hohlkörpers (1) und Hinterschnitt bzw. Verzahnungskontur (3a', 3a'') formschlüssig miteinander verbinden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Stützelement (3, 3', 3'') lösbar mit der Matrize (2, 2', 2'') verbunden ist und während des Verfahrens von der übrigen Matrize (2b', 2b'') getrennt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützelemente (3, 3', 3'') gemeinsam ein gleichmäßiges Profil, insbesondere eine Verzahnung und/oder ein Negativ-Abbild einer Verzahnung bilden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlkörper (1) in einem ersten Verfahrensschritt im Umformbereich (1b) auf eine Temperatur oberhalb der Umgebungstemperatur, insbesondere auf eine Temperatur zwischen 60°C und 1250°C, erwärmt wird, und dass der Hohlkörper (1) in einem zweiten Verfahrensschritt mit Hilfe einer Axialpressvorrichtung in Richtung der Hauptachse (H) mechanisch gestaucht und unter bleibender Verkürzung seiner Länge plastisch umgeformt wird, wobei der Hohlkörper (1) während des zweiten Verfahrensschritts mit Hilfe der Matrize an mehreren, voneinander beabstandeten Stellen im Umformbereich (1b) quer zur Hauptachse (H) abgestützt wird, wobei während des zweiten Verfahrensschritts die Außenkontur (1a) im Umformbereich (1b) des Hohlkörpers der Innenkontur (2a, 2a', 2a'') der Matrize angenähert wird, wobei während des zweiten Verfahrensschritts Material des Hohlkörpers (1) von außerhalb des Umformbereichs (1b) in den Umformbereich gedrückt wird, so dass sich im Umformbereich - insbesondere unter Bildung eines außenseitigen Wulstes - wenigstens abschnittsweise eine Vergrößerung der Wandstärke am Hohlkörper (1) ergibt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Umformbereich (1b) des Hohlkörpers (1) eine Vergrößerung der Wandstärke um wenigstens 50%, insbesondere um wenigstens 100% bezogen auf die Ausgangswandstärke (t) des Hohlkörpers (1) bewirkt wird. 5
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlkörper (1) während eines Verfahrensschrittes außenseitig mit Hilfe einer den Hohlkörper (1) ringförmig umgebenden Matrize (2, 2', 2'') und gleichzeitig innenseitig mit einem den Hohlkörper (1) wenigstens abschnittsweise durchgreifenden Dorn (4) abgestützt wird. 10
15
11. Verfahren zum Herstellen einer Wandverdickung an einem sich entlang einer Hauptachse erstreckenden Hohlkörper (1), welcher zu Anfang des Verfahrens in einem Umformbereich (1b) eine vorbestimmte Innenkontur (1c) aufweist, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem 20
- der Hohlkörper (1) in einem Verfahrensschritt in axialer Richtung unter Druckspannung gesetzt und dadurch plastisch verformt wird, so dass sich die vorbestimmte Innenkontur (1c) des Hohlkörpers in dem Umformbereich (1b) ändert, wobei 25
 - der Hohlkörper (1) außenseitig an dem Umformbereich (1b) durch wenigstens eine Matrize (2, 2', 2'') wenigstens abschnittsweise umgriffen wird, wobei 30
 - der Hohlkörper (1) innenseitig an dem Umformbereich (1b) durch wenigstens einen Dorn (4) wenigstens abschnittsweise durchstoßen wird, wobei 35
 - der Dorn (4) eine benachbart zum Umformbereich (1b) angeordnete Dornkontur (4a) aufweist, welche ungleich der vorbestimmten Innenkontur (1c) des Hohlkörpers (1) in dem Umformbereich gestaltet ist. 40
12. Vorrichtung insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit 45
- einer Spannvorrichtung zur Ausübung von Druckkräften auf einen Hohlkörper (1) entlang einer Hauptachse (H) des Hohlkörpers (1) und mit
 - einer den Hohlkörper (1) außenseitig an einem Umformbereich (1b) wenigstens abschnittsweise umgreifenden Matrize (2, 2', 2''), wobei 50
 - die Matrize (2, 2', 2'') wenigstens ein Stützelement (3, 3', 3'') aufweist, welches während einer plastischen Umformung des Hohlkörpers (1) ein vorbestimmtes Profil in das Material des Hohlkörpers (1) drücken kann. 55
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Stützelement (3', 3'') während der plastischen Umformung des Hohlkörpers (1) mit dem Hohlkörper (1) verbindbar und von der Matrize (2', 2'') trennbar gestaltet ist.

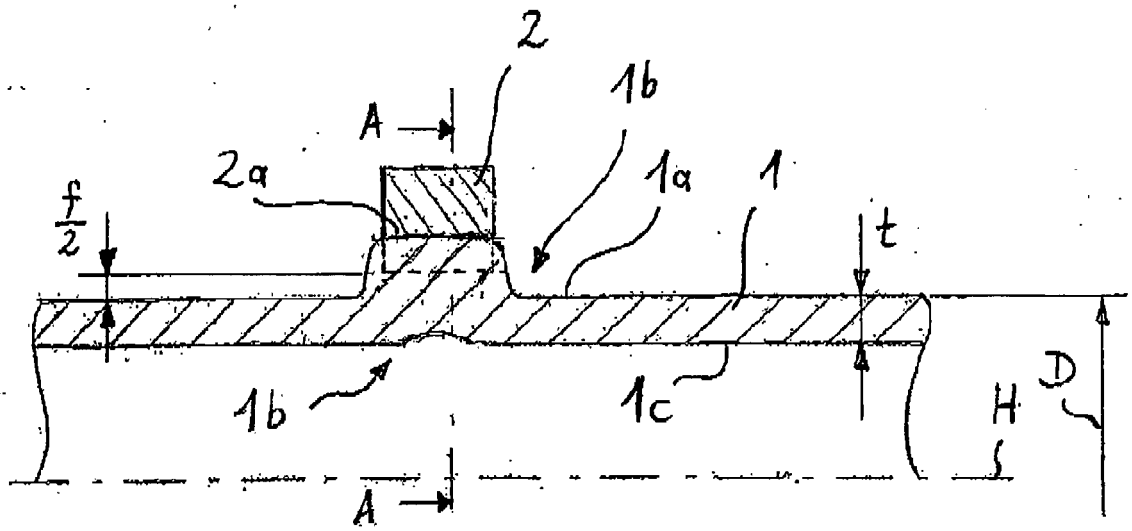


Fig. 1

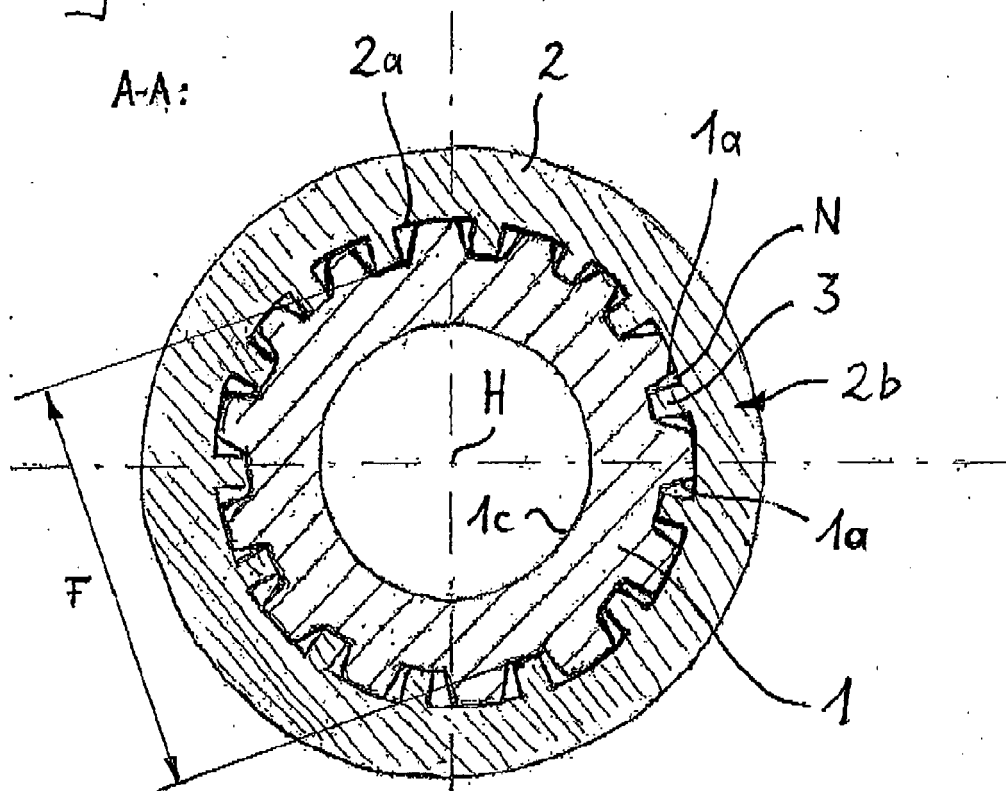


Fig. 2

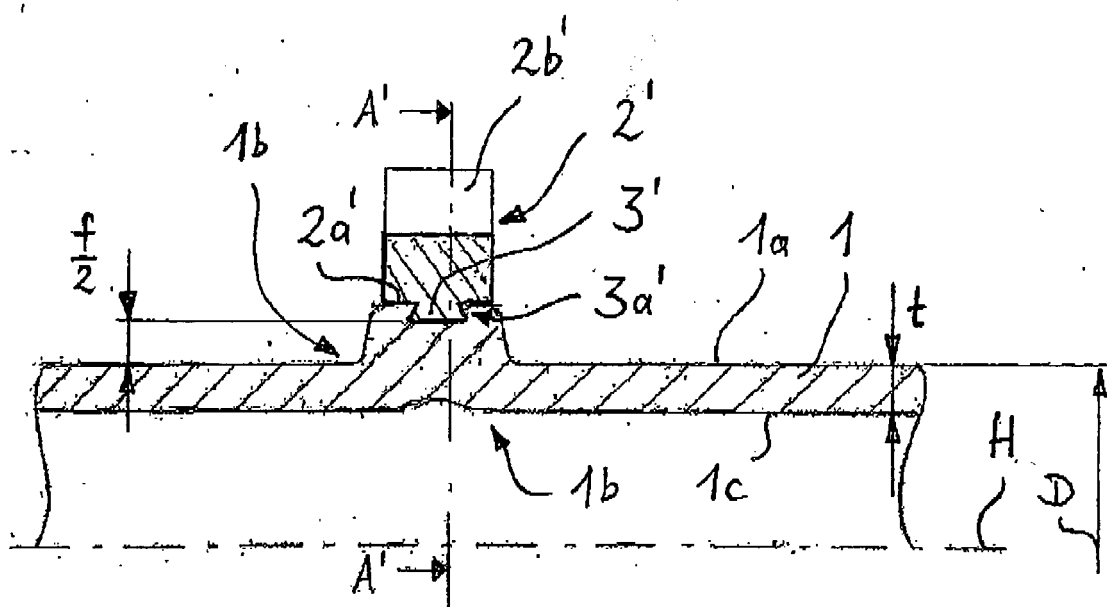


Fig. 3

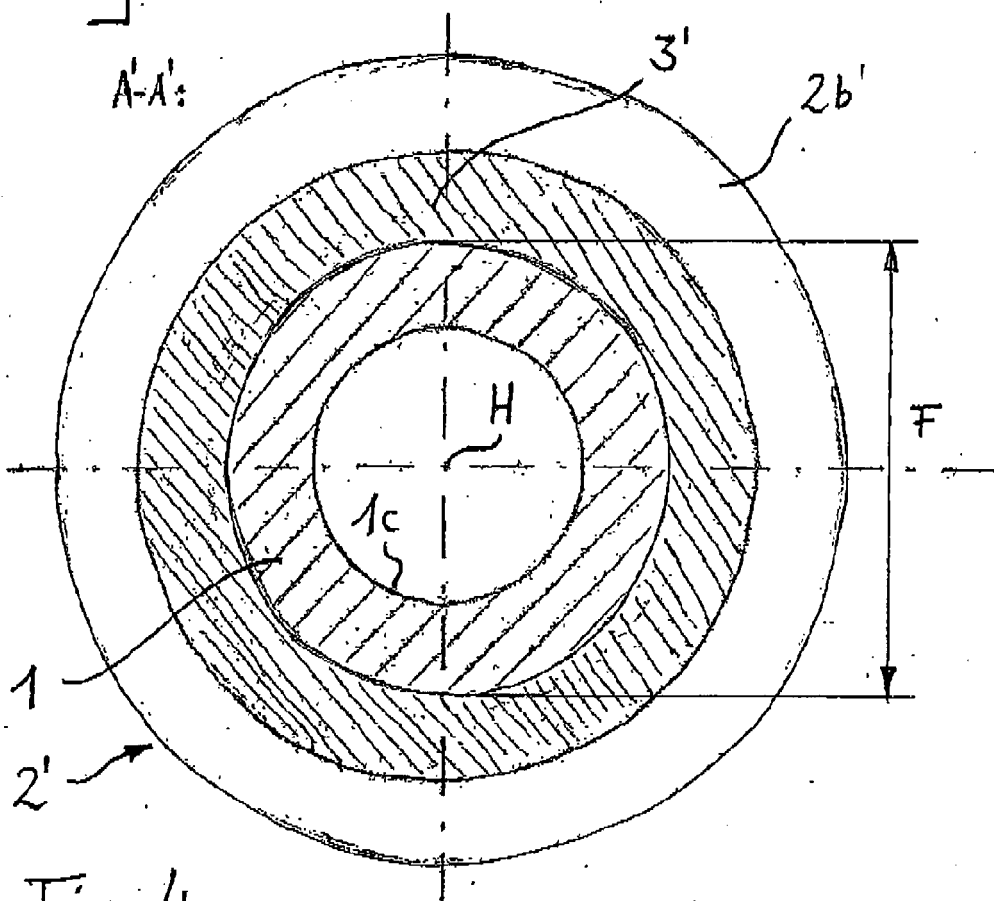


Fig: 4

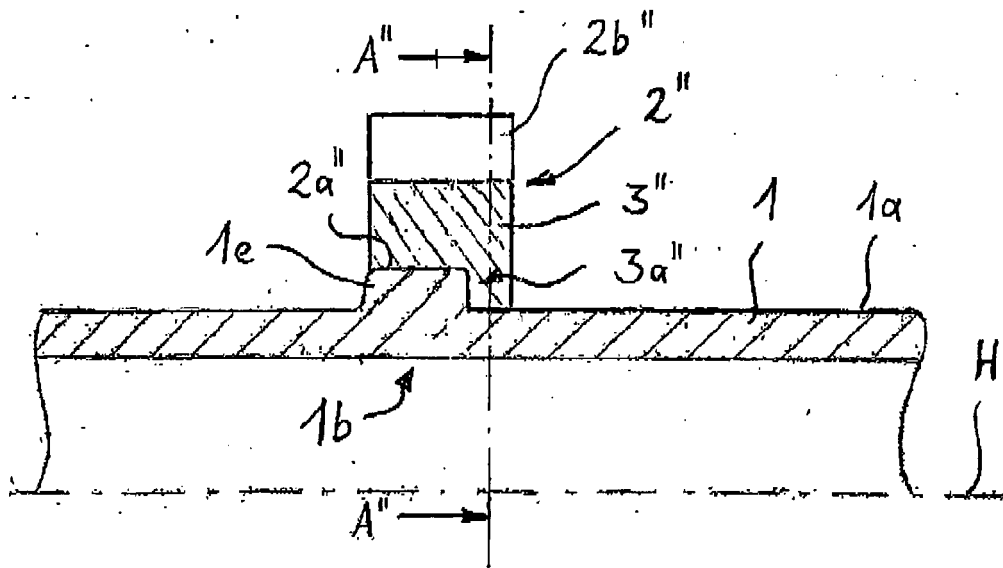


Fig. 5

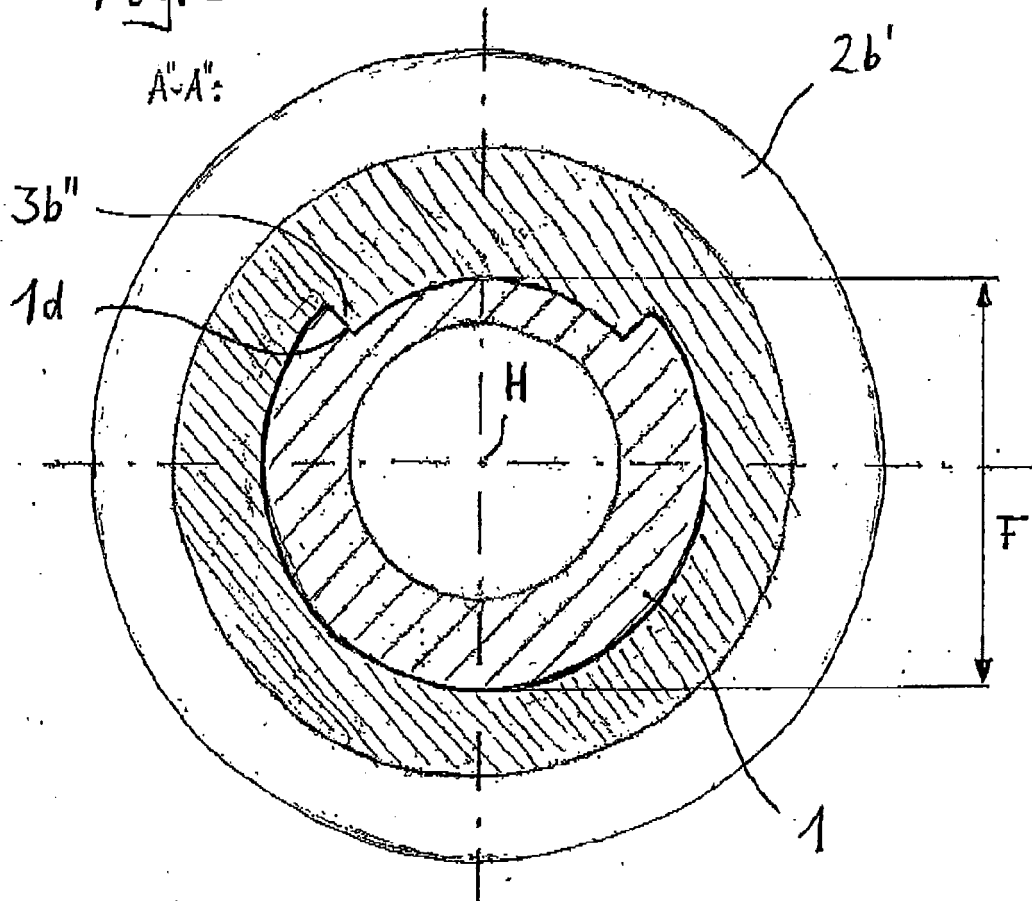


Fig. 6

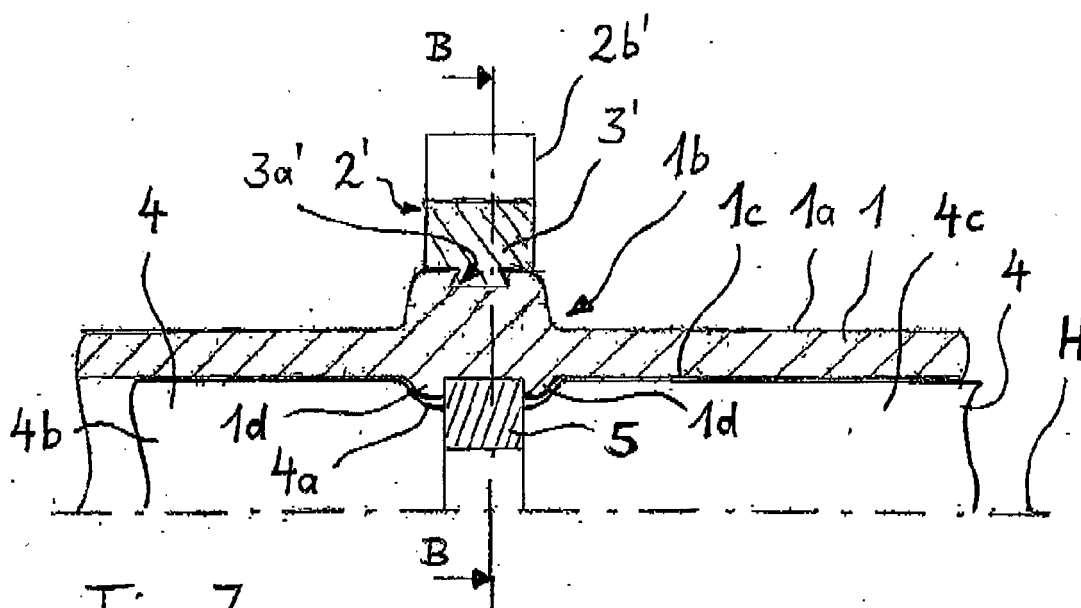


Fig. 7

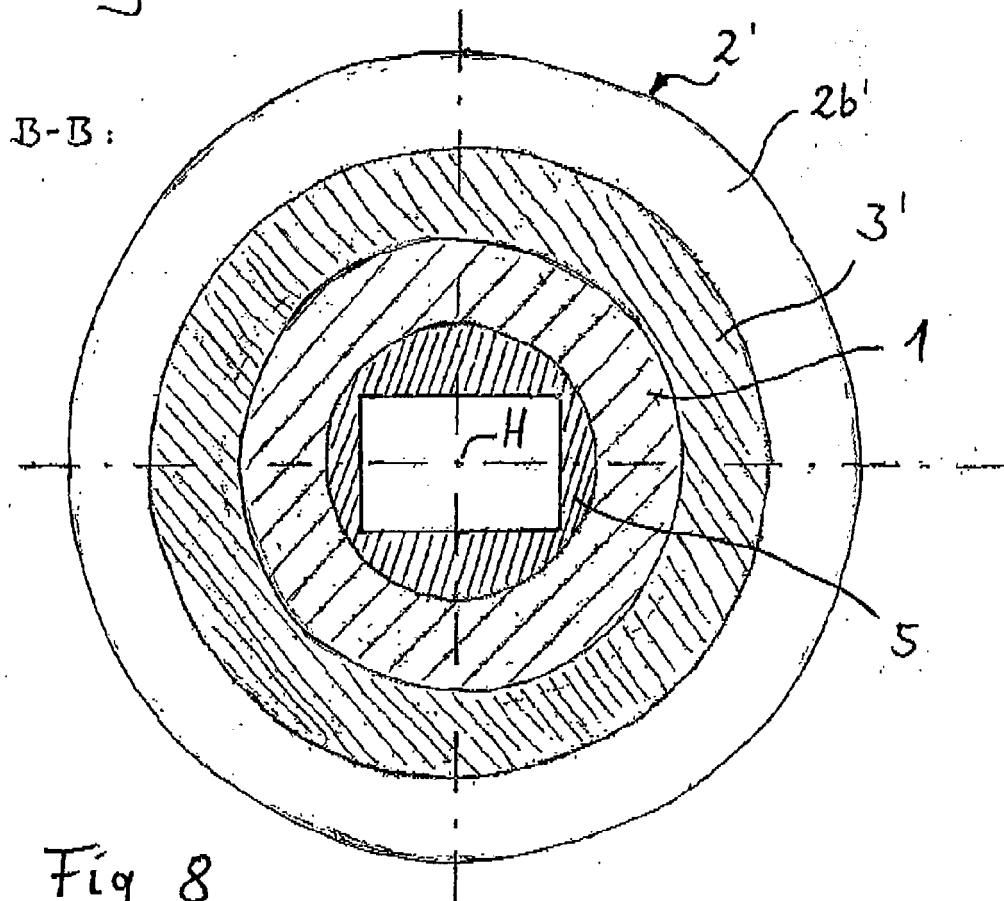


Fig. 8

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

- EP 1611973 A1 [0002] [0023]
- WO 2009027789 A2 [0004] [0023]