

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. März 2009 (05.03.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/027789 A2

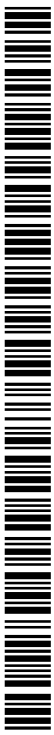
- (51) Internationale Patentklassifikation: **Nicht klassifiziert**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2008/002189
- (22) Internationales Anmeldedatum:
24. August 2008 (24.08.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
07016691.3 25. August 2007 (25.08.2007) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **IFUTEC INGENIEURBÜRO FÜR UMFORMTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Draistrasse 19, 76307 Karlsbad (DE). **STIFTUNG FACHHOCHSCHULE OSNABRÜCK** [DE/DE]; Caprivistrasse 30A, 49076 Osnabrück (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RAUSCHNABEL, Eberhard** [DE/DE]; Im Buckeberg 13a, 76307 Karlsbad (DE). **ADAMS, Bernhard** [DE/DE]; Föhrenstrasse 6, 49090 Osnabrück (DE). **JUHR, Karsten** [DE/DE]; Papiermühle 76, Georgsmarienhütte (DE).
- (74) Anwalt: **KREISER, André, Manfred**; Schulgässli 2, CH-6374 Buochs (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(54) Title: TOOL AND PROCESS FOR PRODUCING A HOLLOW PART

(54) Bezeichnung: WERKZEUG UND VERFAHREN ZUM FERTIGEN EINES HOHLTEILS

(57) Abstract: The invention relates to a tool and also to a process for producing a hollow part. According to the invention, the tool has a first die (2a, 2b) which is assigned a second adjustable die (3) which, in turn, is subdivided into a plurality of displaceably mounted segments (3a, 3b, 3c, 3d), wherein the segments support, in particular in the radial direction, a hollow part (1) to be produced during plastic shaping thereof on several sides, and wherein the segments can be adjusted, in particular in the radial direction, in particular during plastic shaping of the hollow part. In the process according to the invention, a first process step involves the hollow part (1) being inserted into a first die (2) which annularly surrounds and supports the hollow part in a supporting region along the lateral surface thereof, and a second process step involves the hollow part being upset in the direction of its main axis in such a way that the hollow part (1) is shaped in a region (U) which is not supported by the first die (2), wherein the hollow part is supported on the outside in the region of a second, geometrically adjustable or variable die (3). The process can be used, for example, for producing hollow shafts.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Werkzeug sowie ein Verfahren zum Fertigen eines Hohlteils. Das Werkzeug weist erfindungsgemäß eine ersten Matrize (2a, 2b) auf, der eine zweite verstellbare Matrize (3) zugeordnet ist, die wiederum in mehrere, verschieblich gelagerte Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) unterteilt ist, wobei die Segmente ein zu fertigendes Hohlteil (1) während einer plastischen Formgebung desselben an mehreren Seiten, insbesondere in radialer Richtung abstützen und wobei die Segmente insbesondere während einer plastischen Formgebung des Hohlteils insbesondere in radialer Richtung verstellbar sind. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in einem ersten Verfahrensschritt das Hohlteil (1) in eine erste Matrize (2) eingesetzt wird, die das Hohlteil in einem Stützbereich entlang seiner Mantelfläche ringförmig umschließt und abstützt, und bei dem in einem zweiten Verfahrensschritt das Hohlteil in Richtung seiner Hauptachse derart gestaucht wird, dass - das Hohlteil (1) in einem von der ersten Matrize (2) nicht abgestützten Bereich (U) formgebend bearbeitet wird, wobei - das Hohlteil im Bereich von einer zweiten, in ihrer Geometrie verstellbaren bzw. veränderbaren Matrize (3) außenseitig abgestützt wird. Anwendung beispielsweise zur Herstellung von Hohlwellen.



A2

WO 2009/027789

Werkzeug und Verfahren zum Fertigen
eines Hohlteils

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Werkzeug zum Umformen eines Hohlformteils mit einer ersten Matrize sowie einer zweiten, verstellbaren Matrize, die in mehrere bewegliche, insbesondere in unterschiedliche Richtungen verschieblich gelagerte Segmente unterteilt ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Umformen eines Hohlformteils, bei dem in einem ersten Verfahrensschritt ein Hohlformteil in eine erste Matrize eingesetzt wird, die das Hohlformteil in einem Stützbereich entlang seiner Mantelfläche ringförmig umschließt und abstützt, und bei dem in einem zweiten Verfahrensschritt das Hohlformteil in Richtung seiner Hauptachse derart gestaucht wird, dass das Hohlformteil in einem von der ersten Matrize nicht abgestützten Umformbereich plastisch umgeformt wird. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein durch ein derartiges Verfahren hergestelltes Hohlteil.

Das erfindungsgemäße Umformwerkzeug gehört zu einer Gattung von Werkzeugsystemen, bei denen beispielsweise gemäß der EP 1 611 973 A1 eine mehrteilige Matrize zum außenseitigen Abstützen eines Hohlformteils vorgesehen ist, an dem mittels plastischer Umformung ein Flansch geformt werden soll. Dabei ist die Matrize in axialer Richtung in zwei Matrizenteile geteilt, die während eines plastischen Umformvorgangs relativ zueinander verstellbar sind. Dabei wird das umzuformende Hohlformteil einem Axialpressvorgang unterworfen, der das grundlegende Problem des Knickens mit sich bringt, so dass nur vergleichsweise dünne Flansche an dem Hohlformteil herstellbar sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren, welches bevorzugt mit einem erfindungsgemäßen Umformwerkzeug aufzuführen ist, gehört zur Gattung der Querfließpressverfahren, mit deren Hilfe breite, flanschartige Verdickungen an Hohlformteilen herstellbar sind. Dabei besteht ein typischer Effekt darin, dass sich bei axialer Stauchung eines Hohlformteils, insbesondere eines Rohrelements, das Material größtenteils nach außen bewegt. Somit ergibt sich bei breiteren Verdickungen bzw. höheren Umformgraden das Problem, dass sich die Wandung des

Hohlformteils nach außen wölbt, wobei sich im Inneren des Hohlformteils ggf. eine Innenfalte ergibt. Eine derartige Konfiguration verursacht eine Schwächung der (dynamischen) Festigkeit des Hohlformteils, die im Allgemeinen nicht hingenommen und auch nicht ohne weiteres durch eine Vergrößerung der Wandstärke des Hohlformteils kompensiert werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Umformwerkzeug bereitzustellen, mit dem eine möglichst breite Wandverdickung durch plastische Umformung an einem Hohlformteil herstellbar ist. Aufgabe der Erfindung ist es ferner, ein Verfahren der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, bei dem an einem Hohlformteil auf besonders einfache Weise durch Querfließpressen eine möglichst breite Wandverdickung ohne eine Innenfalte herzustellen.

Die Aufgabe wird gelöst mittels eines Umformwerkzeugs, bei dem einer ersten Matrize eine zweite verstellbare Matrize zugeordnet ist, die in mehrere bewegliche, insbesondere in unterschiedliche Richtungen verschieblich gelagerte Segmente unterteilt ist, die ein umzuformendes Hohlformteil während einer plastischen Umformung desselben an mehreren Seiten, insbesondere in radialer Richtung abstützen und die insbesondere während einer plastischen Umformung des Hohlformteils insbesondere in radialer Richtung verstellbar sind. Bevorzugt bilden die Segmente der zweiten Matrize dabei in einer Arbeitsposition einen mehrteiligen Ring um das umzuformende Hohlformteil. Während einer bevorzugt mittels eines Axialpressvorganges ausgelösten plastischen Umformung des Hohlformteils lässt sich die zweite Matrize insbesondere bezogen auf eine Hauptachse des umzuformenden Formteils in radialer Richtung bewegen, so dass dem Formteil während des Umformvorgangs ein sukzessiv oder kontinuierlich vergrößerbarer Raum zur Verfügung gestellt werden kann. Optional kann die Bewegung der Segmente mit konstanter oder schwellender Kraft gebremst werden, indem ein entsprechend ansteuerbarer Antriebs-, Verstell- und/oder Bremsmechanismus mit den Segmenten gekoppelt ist.

In Ausgestaltung der Erfindung sind mehrere Segmente jeweils entlang einer zugeordneten Geraden translatorisch verschieblich gelagert sind, wobei die jeweils zugeordneten Geraden mehrerer Segmente in einer gemeinsamen, insbesondere senkrecht zu einer Hauptachse des umzuformenden Hohlformteils orientierten Ebene angeordnet sind. Jedem Segment ist dabei ein Verschiebeweg entlang der zugeordneten Geraden gegeben, wobei sich die zugeordneten

Geraden bevorzugt in einem Punkt auf der Haupt- bzw. Rotationsachse des Hohlformteils schneiden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist mehreren Segmenten ein gemeinsames Abstütz-, Betätigungs-, und/oder Ansteuerungselement, insbesondere ein gemeinsames Antriebselement zugeordnet. Mit einem derartigen gemeinsamen Abstütz-, Betätigungs-, und/oder Ansteuerungselement lassen sich auf die betreffenden Segmente beispielsweise die gleichen Beschleunigungs- oder Bremskräfte ausüben. Ferner lassen sich den betreffenden Segmenten gleiche Verschiebeweg-Längen zuordnen. Alternativ lassen sich die Segmente entsprechend einer frei definierbaren Kraft-, Weg- oder Beschleunigungskurve mittels eines Rechners gemeinsam ansteuern. Die einzelnen Segmente sind bevorzugt über ein gemeinsames, weitgehend starres Getriebe mit einem Abstütz-, Betätigungs-, und/oder Ansteuerungselement gekoppelt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist mehreren Segmenten ein gemeinsames Getriebeelement zugeordnet, über das im wesentlichen gleich große Kräfte zwischen den Segmenten und einem gemeinsamen Betätigungs-, Ansteuerungs- und/oder Abstützelement übertragbar sind. Das Getriebeelement setzt dabei bevorzugt eine vorgebbare Kenngröße, beispielsweise ein Moment bzw. eine Gesamt-Stützkraft in weitgehend gleiche Einzelkräfte um, wobei jede Einzelkraft auf ein zugeordnetes Segment einwirkt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist mehreren Segmenten ein im wesentlichen unelastisches Kurven-Getriebe zugeordnet, welches ein Ringelement aufweist, über das die Segmente vorzugsweise in radialer Richtung abstützbar sind. Das Ringelement ist bevorzugt drehbar um eine Rotationsachse gelagert, die weiter bevorzugt mit einer Symmetrie- und/oder Hauptachse des Hohlformteils zusammenfällt. An dem Ringelement sind beispielsweise mehrere weitgehend identische, kurvige Führungsflächen vorgesehen, die jeweils mit einem korrespondierenden Segment zusammenwirken. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Segmente an den Führungskurven in wenigstens eine Richtung mit kleinem Reibwert gleitend abstützbar sind. Ferner kann vorgesehen sein, dass hauptsächlich eine in Richtung des Verschiebewegs des zugeordneten Segments wirkende Stützkraft auf das Segment ausgeübt wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weisen mehrere, insbesondere alle Segmente eine gleiche Dicke quer zu ihrer Verschieberichtung auf, die dem zwei- bis zwanzigfachen, insbesondere dem drei- bis zehnfachen Wert der (Ausgangs-)Wandstärke des umzuformenden Hohlformteils entspricht. Auf diese Weise lassen sich in Axialrichtung des Hohlformteils besonders breite Flansche an dem Hohlformteil im Rahmen eines vergleichsweise einfachen Axialstauchvorgangs herstellen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung bilden die Segmente in einer Arbeitsposition einen elastischen und/oder mehrteiligen Dorn innerhalb des umzuformenden Hohlformteils. Auf diese Weise können in axialer Richtung breite Flansche innerhalb des Hohlformteils erzeugt werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung bilden die Segmente in einer ersten Arbeitsposition einen mehrteiligen Ring um das Hohlformteil oder in dem Hohlformteil. Ein derartiger Ring weist in einer zweiten Arbeitsposition einen gegenüber der ersten Arbeitsposition geänderten Durchmesser auf. Dabei können in beiden Arbeitspositionen insbesondere in Umfangsrichtung gewisse Abstände bzw. Spalte zwischen den Segmenten vorgesehen sein. Die Abstände bzw. deren Durchlassquerschnitte sind bevorzugt kleiner als die Berührflächen der Segmente, die mit dem Hohlformteil zusammenwirken.

Die Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst, wobei das Hohlformteil im Umformbereich von einer zweiten, in ihrer Geometrie verstellbaren Matrize außenseitig abgestützt wird. Die zweite Matrize ergänzt dabei die erste Matrize, in dem sie das Hohlformteil im Umformbereich also derart abstützt, dass während des Umformschritts eine Kraft von außen auf das Hohlformteil einwirkt. Zugleich ist die zweite Matrize nachgiebig ausgeführt, indem sie insbesondere elastisch verformbar bzw. federnd und/oder während des Umformschritts verstellbar gestaltet ist. Dem Hohlformteil wird zunächst nicht der von der zu formenden Verdickung insgesamt einzunehmende Raum, sondern ein kleinerer Raum zur Verfügung gestellt, so dass der Materialfluss beim Umformschritt gleichmäßig und sowohl nach innen als auch nach außen gerichtet wird.

Weitere Vorteile, Merkmale und vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes ergeben sich aus der anschließenden Beschreibung, den Zeichnungen sowie den Ansprüchen.

Hierzu zeigen

- Fig. 1 in einem schematischen Längsschnitt ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs,
- Fig. 2 in einem schematischen Querschnitt in Richtung der Linie II-II das Umformwerkzeug nach Fig. 1,
- Fig. 3 in einem schematischen Längsschnitt ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs mit einer zweiten Matrize,
- Fig. 4a und 4b in schematisierten Längsansichten die Segmente der zweiten Matrize gemäß Fig. 3 in zwei Arbeitspositionen,
- Fig. 5a und 5b in schematisierten Längsansichten ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs in zwei Arbeitspositionen,
- Fig. 6a und 6b jeweils in einer Längsansicht und einem teilweisen Längsschnitt ein erfindungsgemäß umgeformtes Hohlformteil,
- Fig. 7 in einer Prinzipskizze eine Gegenüberstellung von erfindungsgemäß umgeformtem Hohlformteil und einer fertigen Getriebewelle sowie
- Fig. 8 in einem schematischen Längsschnitt ein viertes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs.

Ein erfindungsgemäßes Umformwerkzeug zum Umformen eines insbesondere metallischen Hohlformteils 1 mit vorzugsweise kreiszylindrischer Mantelfläche umfasst in einem ersten Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 1 und 2 eine erste Matrize 2a, 2b, wobei die Matrize 2a, 2b quer zu einer Hauptachse 4 des Werkzeugs derart geteilt ist, dass sich zwei unabhängige Matrizenteile 2a, 2b ergeben. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Matrizenteile 2a, 2b ihrerseits nochmals jeweils in axialer Richtung geteilt ausgeführt. Die Matrize umfasst also insbesondere ein erstes ringförmiges Matrizenteil 2a und ein zweites ringförmiges Matrizenteil 2b, in die das Hohlformteil 1 vorzugsweise passgenau eingesetzt wird und die zunächst voneinander beabstandet positioniert sind. Zwischen den Matrizenteilen ist ein Umformbereich U gebildet, der von den Matrizenteilen 2a, 2b nicht abgestützt ist.

Zwischen dem ersten Matrizenteil 2a und dem zweiten Matrizenteil 2b ist eine zweite in ihrer Geometrie verstellbare bzw. veränderbare Matrize 3 angeordnet, die das Hohlformteil 1 in dem Umformbereich U bevorzugt anfänglich mit einem gewissen Abstand umgreift. Die zweite

Matrize 3 ist in Richtung einer oder mehrerer parallel zur Hauptachse 4 des Hohlformteils 1 orientierter Ebenen und/oder in Richtung einer oder mehrerer die Hauptachse 4 des Hohlformteils enthaltender Ebenen E1, E2 in vier Segmente 3a, 3b, 3c, 3d unterteilt (vgl. Fig. 2). Die Segmente sind in nicht näher dargestellter Weise an einem oder mehreren Trägern beweglich, insbesondere federnd und/oder verstellbar gelagert. Die Segmente bilden gemeinsam einen mehrteiligen kreiszyklischen Ring. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel weist wenigstens ein Segment eine innenseitig von der Kreiszyklischerform abweichende Geometrie auf.

In einem weiteren modifizierten Ausführungsbeispiel ist die zweite Matrize 3 als elastisch verformbarer, geschlossener, das Hohlformteil 1 umschließender Ring, insbesondere als Federband oder als hydraulischer Druckschlauch ausgeführt.

In einem ersten Verfahrensschritt des erfindungsgemäßen Umformverfahrens wird das Hohlformteil 1 in die Matrizenanteile 2a, 2b eingesetzt. Matrize 2a, 2b und Hohlformteil 1 werden derart positioniert, dass die erste Matrize 2a, 2b das Hohlformteil 1 in einem Stützbereich S entlang seiner Mantelfläche 1' ringförmig umschließt und abstützt (vgl. Fig. 1). Innenseitig kann das Hohlformteil über einen nicht näher dargestellten Dorn abgestützt sein. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel kann das Hohlformteil 1 in einem vorgeschalteten Verfahrensschritt über Raumtemperatur hinaus (theoretisch bis nahe an die Solidustemperatur des Werkstoffs) erwärmt werden und in warmem Zustand den nachfolgenden Verfahrensschritten unterworfen werden.

In einem zweiten Verfahrensschritt (Umformschritt) wird das Hohlformteil 1 mit Hilfe einer nicht näher dargestellten Pressvorrichtung in Richtung seiner Hauptachse 4 derart gestaucht, dass das Hohlformteil 1 in dem von der ersten Matrize 2a nicht abgestützten Umformbereich U plastisch deformiert wird, wobei das Hohlformteil im Umformbereich U von der zweiten Matrize 3 zumindest nach einer gewissen Umformbewegung außenseitig abgestützt wird. Dabei kann Material des Hohlformteils 1 in radialer Richtung nach außen und/oder nach innen fließen, wobei der Materialfluss mittels der zweiten Matrize 3 und ggf. mittels eines Dornes steuerbar ist. Die genannte Umformbewegung ist insbesondere dann beendet, wenn das Material des Hohlformteils den zur Verfügung gestellten Freiraum innerhalb der Matrizen 2, 3 und ggf. um den Dorn vollständig ausgefüllt hat.

Anschließend wird die zweite Matrize 3 während des Umformschritts in einer Richtung quer zur Hauptachse des Hohlformteils 1 bewegt (Pfeil 5); insbesondere wird sie kontinuierlich und/oder stufenweise in radialer Richtung geöffnet. Letzteres ist in Fig. 1 mittels gestrichelter Linien und in Fig. 2 mit Pfeilen 7 schematisch dargestellt.

Während des Umformvorganges, in dem Material des Hohlformteils 1 weiter nach außen fließt, kann einer kontinuierlichen und/oder stufenweisen Öffnungsbewegung der zweiten Matrize 3 eine oszillierende Bewegung einzelner Segmente 3a, 3b, 3c, 3d der zweiten Matrize überlagert sein. Bevorzugt wird die zweite Matrize 3 während des Umformvorgangs oder während eines zeitlichen Teils des Umformvorgangs mit einer vorbestimmten Kraft und/oder einem vorbestimmten Kraftverlauf gegen das Hohlformteil 1 gedrückt. Alternativ oder ergänzend wird die zweite Matrize 3 während des Umformvorgangs oder eines Teils des Umformvorgangs entlang eines vorbestimmten Weges und/oder mit einem vorbestimmten Geschwindigkeitsverlauf bevorzugt in radialer Richtung bewegt. Damit lässt sich dem fließenden Material sukzessive mehr Raum zur Verfügung stellen, den dieses faltenfrei einnehmen kann. Optional werden die zweite Matrize 3 und/oder das Hohlformteil 1 und/oder einzelne Segmente während des Umformschritts um die Hauptachse 4 des Hohlformteils gedreht; dies erfolgt bevorzugt bei einer vollständig kreiszylindrischen und rotationssymmetrischen Werkstückgestaltung. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel lassen sich einzelne Matrizenanteile zusätzlich um eine (bzw. mehrere verschiedene) parallel zur Hauptachse 4, jedoch von dieser beabstandet angeordneten Achse(n) drehen. Damit lassen sich in jeder Arbeitsposition besonders kleine radiale Spalte zwischen den Segmenten erzielen.

In einer bevorzugten Variante werden das erste Matrizenanteil 2a und das zweite Matrizenanteil 2b der ersten Matrize 2 während des Umformvorganges in Richtung der Pfeile 6 aufeinander zu bewegt, wodurch ein Materialfluss nach außen unterstützt wird. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel werden das erste Matrizenanteil 2a und das zweite Matrizenanteil 2b der ersten Matrize 2 während des Umformvorganges entgegen der Richtung der Pfeile 6 auseinander gefahren, so dass ein Materialfluss in axialer Richtung ermöglicht wird. In allen Fällen lässt sich einer kontinuierlichen Bewegung des ersten Matrizenanteils 2a und des zweiten Matrizenanteils 2b eine (ggf. oszillierende) Axialbewegung der Matrizenanteile und/oder des Hohlformteils 1 überlagern. In einem weiteren modifizierten Ausführungsbeispiel wird der radialen und/oder

axialen Bewegung der Matrizenteile eine (ggf. oszillierende) Rotationsbewegung bzw. eine Bewegung in Umfangsrichtung überlagert.

Ein zweites Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 3 und Fig. 4a, 4b entspricht im wesentlichen demjenigen gemäß den Fig. 1 und 2, weshalb auf die vorstehende Beschreibung vollumfänglich Bezug genommen werden kann und gleichwirkende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

Das Umformwerkzeug umfasst im zweiten Ausführungsbeispiel wiederum eine erste Matrize 2a, 2b, die wiederum ein erstes ringförmiges Matrizenteil 2a und ein zweites ringförmiges Matrizenteil 2b, in die das Hohlformteil 1 eingesetzt wird. Zwischen den Matrizenteilen ist ein Umformbereich U gebildet, der von den Matrizenteilen 2a, 2b nicht abgestützt ist. Zwischen dem ersten Matrizenteil 2a und dem zweiten Matrizenteil 2b ist eine zweite in ihrer Geometrie verstellbare Matrize 3 angeordnet, die das Hohlformteil 1 in dem Umformbereich U umgreift. Die zweite Matrize 3 ist in Richtung dreier die Hauptachse 4 des Hohlformteils 1 enthaltender Ebenen E1, E2, E3 in sechs Segmente 3a - 3f unterteilt (vgl. Fig. 4a, 4b). Die Segmente sind über mechanische Schraubenfedern 10 an einem Träger 9 federnd gelagert.

Die Segmente 3a - 3f bilden gemeinsam einen mehrteiligen näherungsweise kreiszylindrischen Ring, der in einer ersten Arbeitsposition gemäß Fig. 4a das Hohlformteil 1 vollständig, d.h. ohne wesentliche Zwischenräume umgreift. Das Hohlformteil 1 wird während eines Umformschritts bzw. während mehrerer Umformschritte von einer dritten Matrize in Form eines in das Hohlformteil eingreifenden, zylindrischen Dorns 8a, 8b innenseitig abgestützt.

Wie schon mit Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und 2 beschrieben, wird das Hohlformteil in einem Umformschritt einem Axialpressvorgang unterworfen. Dabei wird das Hohlformteil 1 mit Hilfe einer Pressvorrichtung 11 in Richtung seiner Hauptachse 4 derart gestaucht, dass das Hohlformteil 1 in dem von der ersten Matrize 2a nicht abgestützten Umformbereich U plastisch deformiert wird, wobei das Hohlformteil im Umformbereich U von der zweiten Matrize 3 außenseitig mit einer durch die Federn 10 definierten Kraft abgestützt wird. Dabei kann Material des Hohlformteils 1 in radialer Richtung nach außen fließen, wobei der Materialfluss mittels der zweiten Matrize 3 voreingestellt steuerbar ist. In bevorzugter Weise wird mittels der Federn 10 eine Flächenbelastung von 10 N/mm^2 bis 100 N/mm^2 zwischen dem

Hohlformteil und den das Hohlformteil berührenden Kontaktflächen der Segmente 3a - 3f eingestellt. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel werden als Flächenbelastungen zwischen den Segmenten und dem Hohlformteil ca. 10 % bis 30 % der Fließspannung des Werkstoffs des Hohlformteils eingestellt. Die Federkennlinien können linear, aber auch progressiv oder degressiv gewählt werden.

Im Rahmen dieses Umformvorgangs werden die Segmente 3a - 3f der zweiten Matrize 3 in unterschiedlichen Richtungen quer zur Hauptachse des Hohlformteils 1 bewegt (Pfeile 5). Jedem Segment ist dabei ein eigener Bewegungsweg in radialer Richtung zugeordnet, wobei sich die Geraden der Bewegungswege in einem Punkt M auf der Hauptachse 4 schneiden. Somit kann die Matrize 3 wiederum kontinuierlich, stufenweise oder oszillierend in radialer Richtung geöffnet werden. In Fig. 4b ist eine zweite Arbeitsposition der Segmente 3a - 3f dargestellt, die bevorzugt nach einem (ersten) Umformschritt eingenommen wird und in der die zweite Matrize zumindest annähernd geöffnet ist.

In einem modifizierten Ausführungsbeispiel lässt sich ein verstellbarer und/oder elastisch deformierbarer Dorn 8a, 8b vorsehen. Damit lassen sich unter Ausnutzung des oben geschilderten Prinzips auf analoge Weise Innenbunde herstellen oder innenseitige Ausnehmungen erzeugen.

Die vorstehend beschriebenen Verfahrensschritte und -merkmale lassen sich nahezu beliebig kombinieren, wobei sich jeweils ein Fließpressverfahren ergibt, das eine Ausbildung eines besonders breiten, zugleich sehr festen und nachbearbeitbaren Flansches an einem metallischen Hohlformteil ermöglicht. Mögliche Ergebnisse des erfindungsgemäßen Umformverfahrens sind den Fig. 6a und 6b zu entnehmen. Eine Bildung einer Innenfalte wird vermieden, so dass dynamisch belastbare Hohlteile (z.B. Zahnradwellen für Getriebe und dergleichen) mit geringer Wandstärke und breitem Flansch aus dem erformten Hohlformteil herstellbar sind. Dazu ist in einem sich an die beschriebenen Umformschritte anschließenden Verfahren beispielsweise eine Spanabhebende Bearbeitung vorgesehen. Ein mögliches Endprodukt in Form einer Getriebewelle ist schematisch in Fig. 7 dargestellt. Aus Fig. 7 ist ersichtlich, dass eine (axiale) Breite d des Flansches größer ist als die dreifache Ausgangswandstärke t des Hohlformteils.

In den Fig. 5a und 5b ist ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs in zwei unterschiedlichen Arbeitspositionen dargestellt. Der Aufbau des Umformwerkzeugs entspricht im Prinzip den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen, so dass wiederum für gleichwirkende Bauteile gleiche Bezugszeichen verwendet werden und im übrigen zu einer möglichen Ausführung der Vorrichtung und des Umformverfahrens vollumfänglich auf die vorigen Ausführungsbeispiele Bezug genommen werden kann.

Das Umformwerkzeug umfasst im dritten Ausführungsbeispiel wiederum eine erste Matrize, in die das Hohlformteil 1 eingesetzt wird. Innerhalb der ersten Matrize ist ein Umformbereich gebildet, der von der ersten Matrize nicht abgestützt ist. In diesem Umformbereich ist wiederum eine zweite in ihrer Geometrie verstellbare Matrize 3 angeordnet, die das Hohlformteil 1 in dem Umformbereich U umgreift. Die zweite Matrize 3 umfasst vier Segmente 3a - 3d, die innerhalb einer Führungseinrichtung 12 in radialer Richtung linear verschieblich gelagert und mit einem Getriebe 13 gekoppelt sind.

Die Segmente 3a - 3d bilden gemeinsam mit der Führungseinrichtung einen mehrteiligen Ring, der in einer ersten Arbeitsposition gemäß Fig. 5a das Hohlformteil 1 umgreift. Die Dicke der Segmente in Pressrichtung entspricht bevorzugt im wesentlichen der Breite des zu erzeugenden Flansches. Die Segmente 3a - 3d passen sich im übrigen auf der inneren Seite jeweils durch eine konkave Zylinderfläche an das Hohlformteil 1 an, wobei der Radius der konkaven Zylinderflächen bevorzugt dem außenseitigen Radius des fertig geformten Hohlformteils entspricht. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel weisen die Segmente 3a - 3d im Bereich ihrer inneren, konkaven Zylinderflächen seitliche Fortsätze auf. Die seitlichen Fortsätze sind bevorzugt jeweils einstückig mit dem zugehörigen Segment ausgeführt und erstrecken sich bevorzugt in Richtung wenigstens eines benachbarten Segments. Bevorzugt greift jeder seitliche Fortsatz zwischen die innere, konkave Zylinderfläche des benachbarten Segments und die Außenoberfläche des Hohlformteils ein. Somit ergibt sich quasi eine Überlappung der das Hohlformteil berührenden Flächen der Segmente, so dass auch bei einem radialen Auseinanderfahren der Segmente die Spalte gemäß Fig. 4b im Bereich der inneren, konkaven Zylinderflächen vermieden bzw. überbrückt werden. Ähnliches kann auch mit ineinandergreifenden Segmenten mit tropfenförmigem Querschnitt erreicht werden, die in der Art einer Fotoblende betätigt werden.

Das Hohlformteil 1 wird während eines Umformschritts bevorzugt von einer dritten Matrize in Form eines Dorns innenseitig abgestützt.

Das Getriebe 13 umfasst im wesentlichen vier radial geführte Kappenabschnitte 3a', 3b', 3c', 3d', die einerseits mit den Segmenten 3a - 3d verbunden sind und an der radial äußeren Seite jeweils eine konvexe Zylinderfläche aufweisen. Die Kappenabschnitte 3a' - 3d' stützen sich mit ihren konvexen Zylinderflächen in einem Ring 14 jeweils auf einer zugeordneten zylindrischen Führungsfläche 14a, 14b, 14c, 14d ab. Die Mittelpunkte Ma, Mb, Mc, Md der konvexen Zylinderflächen liegen dabei bevorzugt auf den radialen Verschiebevektoren der Segmente 3a - 3d.

Der Ring 14 ist drehbar gelagert um den Schnittpunkt M der radialen Verschiebevektoren der Segmente 3a - 3d, wobei der Schnittpunkt M der Verschiebevektoren wiederum bevorzugt auf der Hauptachse 4 des Hohlformteils liegt. Die Mittelpunkte Xa, Xb, Xc, Xd der zylindrischen Führungsflächen 14a - 14d liegen nicht auf den radialen Verschiebevektoren der jeweils zugeordneten Segmente 3a - 3d, sondern mit jeweils identischem Abstand dazu. Die Kappenabschnitte 3a' - 3d' und der Ring kontaktieren einander deshalb jeweils versetzt um eine Distanz Y im Bereich einer Kontaktlinie N (in Fig. 5a beispielhaft eingezeichnet für Segment 3b, Kappenabschnitt 3b' und zugeordneter Führungsfläche 14b).

Schließlich ist an dem Ring 14 ein Kraftgebendes Element 15 zugeordnet, das in den Fig. 5a und 5b rein schematisch dargestellt ist. Das Kraftgebende Element 15 weist eine (passive) mechanische, pneumatische oder hydraulische Feder 19 auf, die über einen Hebelarm 20 mit dem Ring 14 verbunden ist. Anstelle der passiven Feder 19 kann jedoch auch ein ansteuerbarer Hydraulikzylinder vorgesehen sein, der als Antriebs- bzw. Bremsaggregat dient zur gezielten Verstellung des Rings. Dabei kann eine Verstellung des Rings 14 über eine Einstellung der Kraft bzw. des Drehmoments und/oder über eine Einstellung von Weg bzw. Drehwinkel und/oder Geschwindigkeit bzw. Winkelgeschwindigkeit und/oder Beschleunigungen bzw. Winkelbeschleunigungen erfolgen. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel kommt als Kraftgebendes Element 15 bzw. anstelle der Feder 19 ein elektrischer Servomotor zum Einsatz.

Um möglichst geringe Getriebebelastungen zu erhalten, ist der Reibbeiwert zwischen den Kappenabschnitten 3a' - 3d' und den Führungsflächen möglichst niedrig gewählt, nämlich ca. 0,05 bis 0,25 (bevorzugt jedoch unter 0,15). Als Werkzeugwerkstoffe des Getriebes sind

Einsatzstähle, Kugellagerstähle (Typ 100Cr6) und alle Arten von Kalt- und Schnellarbeitsstählen vorgesehen. Die Oberflächen-Härte dieser Konstruktionselemente liegt bevorzugt oberhalb von 60 HRC. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel sind zwischen gegeneinander gleitenden Flächen Rollen zwischengeschaltet.

Durch ein Plastifizieren des Hohlformteils 1, welches im Zuge des erfindungsgemäßen Umformverfahrens eine lokale radiale Ausdehnung des Hohlformteils 1 im Umformbereich bewirkt, ergibt sich nun eine Radialkraft F auf die konkaven Innenflächen der Segmente 3a - 3d. Bei einer resultierenden radialen Verschiebung der Segmente 3a - 3d ergibt sich ein auf den Ring wirkendes Drehmoment. Dieses ergibt sich aufgrund des Abstands Y zwischen der jeweiligen Kontaktlinie N und dem Bewegungsweg des jeweiligen Segments (z.B. hier Segment 3b).

Wenn der Abstand Y ausreichend groß und/oder die Reibung zwischen Kappenabschnitten 3a' - 3d' und den Führungsflächen 14a - 14d ausreichend klein ist, wird eine Selbsthemmung des Getriebes 13 vermieden. In diesem Fall ergibt sich während des Stauchprozesses ohne Zufuhr weiterer Antriebsenergie eine radiale Öffnungsbewegung der Segmente infolge der Formänderung des Hohlformteils 1. Das Getriebe 13 setzt die Öffnungsbewegung der Segmente 3a - 3d um in eine Drehbewegung des Ringes um die Rotationsachse M . Dieser Drehung wirkt nun das Kraftgebende Element 15 entgegen.

Somit steuert das Kraftgebende Element 15 die Radialkräfte auf die Segmente 3a - 3d bevorzugt derart, dass diese mit 10% bis 30% der Fließspannung des umzuformenden Werkstoffs gegen das Hohlformteil drücken. Knicken oder Beulen des Hohlformteils 1 wird so verhindert.

Ein viertes Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 entspricht dem Prinzip nach den vorherigen Ausführungsbeispielen, weshalb auf die vorstehende Beschreibung vollumfänglich Bezug genommen werden kann und gleichwirkende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

Das Umformwerkzeug umfasst im vierten Ausführungsbeispiel wiederum eine erste Matrize 2a, 2b, die wiederum ein erstes ringförmiges Matrizenteil 2a und ein zweites ringförmiges Matrizenteil 2b, in die das Hohlformteil 1 eingesetzt wird. Zwischen den Matrizenteilen ist ein Umformbereich U gebildet, der von den Matrizenteilen 2a, 2b nicht abgestützt ist. Zwischen dem ersten Matrizenteil 2a und dem zweiten Matrizenteil 2b ist eine zweite verstellbare Matrize 3 ange-

ordnet, die das Hohlformteil 1 in dem Umformbereich U umgreift. Die zweite Matrize 3 ist in mehrere Segmente 3a, 3b unterteilt, wobei die Segmente 3a, 3b an einem gemeinsamen, parallel zur Hauptachse 4 verschieblichen Ring 14 mit einer trichterförmigen Gleitfläche 14e abgestützt sind. Dazu weisen die Segmente korrespondierende kegelabschnittsförmige Außenflächen auf. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel sind anstelle des Rings 14 mehrere einzelne Keilelemente mit ebenen Keilflächen vorgesehen, die wiederum in Richtung der Hauptachse 4 verschieblich gelagert sind. In einem weiteren modifizierten Ausführungsbeispiel ist ein Ring mit mehreren innenseitigen ebenen Gleitflächen vorgesehen.

Der Ring 14 ist optional um die Hauptachse 4 drehbar gelagert, er ist auch und gerade in diesem Fall in axialer Richtung unterteilt. Der Ring 14 oder ein ringförmiger Teil desselben bildet eine mehr oder weniger steife Einheit mit mehreren Hydraulik-Stößeln 16, die wiederum in Hydraulikzylindern 17 geführt sind (Pfeil 18). Die Hydraulik-Stößel 16 sind samt den Hydraulikzylindern 17 Bestandteile einer gemeinsamen Abstütz-, Betätigungs-, und/oder Ansteuerungseinheit, wobei mehrere Hydraulikzylinder bevorzugt rotationssymmetrisch um die Hauptachse 4 des Systems herum angeordnet sind. Ergänzend oder anstelle einer hydraulischen Antriebseinheit sind in einem modifizierten Ausführungsbeispiel eine oder mehrere Hydraulikfedern vorgesehen (analog zum Kraftgebenden Element 15 im dritten Ausführungsbeispiel), die in Richtung des Pfeils 18 auf den Ring 14 wirken

Schließlich ist den Hydraulikzylindern optional ein aktiver Antrieb in Form einer Hydraulikpumpe samt Flüssigkeitskreislauf oder eine passive mechanische, pneumatische oder hydraulische Feder zugeordnet. Insbesondere der Antrieb dient zur gezielten Verstellung des Rings 14. Dabei kann eine Verstellung des Rings 14 über eine Einstellung der Kraft und/oder des Wegs und/oder der Geschwindigkeit und/oder der Beschleunigungen der Hydraulik-Stößel erfolgen.

Um möglichst geringe Getriebebelastungen zu erhalten, ist der Reibbeiwert zwischen den Segmenten 3a, 3b und den Führungsflächen möglichst gering gewählt, nämlich ca. 0,05 bis 0,15. Als Werkzeugwerkstoffe des Getriebes sind Einsatzstähle, Kugellagerstähle (Typ 100Cr6) und alle Arten von Kalt- und Schnellarbeitsstählen vorgesehen. Die Oberflächen-Härte dieser Konstruktionselemente liegt bevorzugt oberhalb von 60 HRC. Optional kann auch eine aktive oder passive Schmierung der Gleitflächen zwischen den Segmenten 3a, 3b und dem Ring 14 mit Öl, Fett oder Reibungsvermindernden Oberflächenbeschichtungen vorgesehen sein.

Das Hohlformteil 1 wird während eines Umformschritts bzw. während mehrerer Umformschritte von einer dritten Matrize in Form eines in das Hohlformteil eingreifenden, zylindrischen Dorns 8a, 8b innenseitig abgestützt.

Wie schon mit Bezug auf die vorher geschilderten Ausführungsbeispiele beschrieben, wird das Hohlformteil in einem Umformschritt einem Axialpressvorgang unterworfen. Dabei wird das Hohlformteil 1 mit Hilfe einer Pressvorrichtung 11 in Richtung seiner Hauptachse 4 derart gestaucht, dass das Hohlformteil 1 in dem von der ersten Matrize 2a nicht abgestützten Umformbereich U plastisch deformiert wird, wobei das Hohlformteil im Umformbereich U von der zweiten Matrize 3 außenseitig abgestützt wird.

Im Rahmen dieses Umformvorgangs werden die Segmente 3a, 3b der zweiten Matrize 3 in unterschiedlichen Richtungen quer zur Hauptachse des Hohlformteils 1 bewegt (Pfeile 5). Jedem Segment ist dabei ein eigener Bewegungsweg in radialer Richtung zugeordnet, wobei sich die Geraden der Bewegungswege in einem Punkt M auf der Hauptachse 4 schneiden. Somit kann die Matrize 3 wiederum kontinuierlich, stufenweise oder oszillierend in radialer Richtung geöffnet werden.

Das erfindungsgemäße Umformwerkzeug erlaubt die Anordnung von wenigen ($2 < n < 5$), aber auch von vielen ($n > 5$) Segmenten bei gleichmäßiger Belastung auf kleinstem Raum, da die Wirkung eines einzigen Kraftelementes mechanisch über ein Kurvengetriebe auf n Segmente übertragen und über die Geometrie der Anordnung verstärkt wird. Die Lastverstärkung ermöglicht eine sehr kleine Dimensionierung des Kraftgebenden Elements 15 z.B. als Hydraulikzylinder, der für ein Prototyp-Getriebeteil nach Fig. 6a, Fig. 6b eine Kraft von 8 kN aufwies. Je mehr Segmente, umso geringer sind bei radialem Öffnen die Spalte, in die beim Stauchen Werkstoff einfließt und die als einen axialsymmetrischen, unrunder Stauchbund bewirken (Fig. 6a, Fig. 6b). Ein Stauchverfahren mit segmentierter Matrize erfordert eine besondere Gleichmäßigkeit der Stützlast, da bei asymmetrischer Last ein Biegen des Stauchteiles zu der Seite mit geringer Stützwirkung und damit die Eulersche Knickung eingeleitet wird.

Das Zeitverhalten eines mechanisch nahezu starren Kurvengetriebes ist im wesentlichen verzögerungsfrei. Das Zeitverhalten eines Hydrauliksystems mit kleinen Ölmengen (Steuerkraft

ist wegen des Mechanismus klein) ist quasi ideal. Daher ist ein weiterer Vorteil darin zusehen, dass durch sehr schnelles Verändern des Kraft-Zeitverlaufes auf der Hydraulikseite das Abstützverhalten von n Stützsegmenten gleichmäßig auch bei sehr kleinen Umformzeiten simultan mit der Umformung zu beeinflussen ist. Das System kann als passives Ölverdrängersystem mit kontrolliertem Gegendruck oder auch aktiv über eine Pumpe und damit dem Stofffluss definiert voreilend angetrieben werden.

Hieraus resultieren zahlreiche weitere Neuerungen, die das neue Werkzeugsystem zumindest optional bietet:

1. Die Ausbildung der Wandstärke bei Rohrstauchprozessen kann über die Höhe und den Zeitverlauf der Stützkraft gesteuert werden. Das System ermöglicht damit das Führen eines flexiblen Stauchprozesses, bei dem über ein Steuerungsprogramm und nicht über Werkzeughardware die Durchmessergeometrie eines Stauchteiles in weitem Rahmen verändert werden kann (Fig. 6b)
2. Der Prozess kann bei sich ändernden knickrelevanten Parametern wie Zunahme der Wand-Stärke und abnehmender Werkstofftemperatur im Verlauf der Stauchung durch Veränderung der Stützkraft geregelt werden beispielsweise bzgl. des Faserverlaufes im Bund
3. Auf den bauteilseitigen Segmentflächen können Vertiefungen eingearbeitet sein, die während des Stauchens zu Hinterschnitten führen. Damit wird das Bauteil beim Öffnen der Presse immer formschlüssig und reproduzierbar auf der Maschinenseite festgehalten, auf der die Segmentmatrize aufgebaut ist. Vor dem Auswerfen aus dieser Seite kann durch aktives Öffnen der Segmente über Pumpenantrieb der Hinterschnitt freigegeben werden.
4. Wegen der sehr schnellen Zeitcharakteristik ist das System auch auf schnell laufenden mechanisch angetriebenen Maschinen einsetzbar, was für den wirtschaftlichen Einsatz bei der Warmumformung von sehr großem Vorteil ist (Wärmeübergang und damit Aufheizung der Werkzeuge nimmt mit der Druckberührzeit extrem ab)
5. Das System baut sehr platz sparend, wenn bevorzugt nur ein Kraftelement integriert und angesteuert wird. Damit ist es als Zusatzsystem in den heute vorhandenen Maschinen, die stets mit sehr geringem Platzangebot im Arbeitsraum gekennzeichnet sind, nachrüstbar.
6. Wegen des geringen System-Platzbedarfes kann das System als schwimmende Matrize betrieben werden, mit dem auf einer einfachwirkenden Presse eine beidseitige Stauchbewegung entsprechend dem Prinzip in Fig 3 auf das Pressteil bewirkt werden kann.

Patentansprüche

1.) Umformwerkzeug mit einer ersten Matrize (2a, 2b), der eine zweite verstellbare Matrize (3) zugeordnet ist, die in mehrere bewegliche, insbesondere in unterschiedliche Richtungen verschieblich gelagerte Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) unterteilt ist, die

- ein umzuformendes Hohlformteil (1) während einer plastischen Umformung desselben an mehreren Seiten, insbesondere in radialer Richtung abstützen und die
- insbesondere während einer plastischen Umformung des Hohlformteils insbesondere in radialer Richtung verstellbar sind.

2.) Umformwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) jeweils entlang einer zugeordneten Geraden (Verschieberichtung) translatorisch verschieblich gelagert sind, wobei die jeweils zugeordneten Geraden mehrerer Segmente in einer gemeinsamen, insbesondere senkrecht zu einer Hauptachse des umzuformenden Hohlformteils orientierten Ebene angeordnet sind.

3.) Umformwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehreren Segmenten (3a, 3b, 3c, 3d) ein gemeinsames Abstütz-, Betätigungs- und/oder Ansteuerungselement, insbesondere ein gemeinsames Antriebselement zugeordnet ist.

4.) Umformwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mehreren Segmenten (3a, 3b, 3c, 3d) ein gemeinsames Getriebeelement zugeordnet ist, über das im wesentlichen gleich große Kräfte zwischen den Segmenten und einem gemeinsamen Abstütz-, Betätigungs-, und/oder Ansteuerungselement übertragbar sind.

- 5.) Umformwerkzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass mehreren Segmenten (3a, 3b, 3c, 3d) ein im wesentlichen unelastisches Kurven-Getriebe zugeordnet ist, welches ein Ringelement aufweist, über das die Segmente vorzugsweise in radialer Richtung abstützbar sind.
- 6.) Umformwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere, insbesondere alle Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) eine gleiche Dicke quer zu ihrer Verschieberichtung aufweisen, die dem zwei- bis zwanzigfachen, insbesondere dem drei- bis zehnfachen Wert der (Ausgangs-)Wandstärke des umzuformenden Hohlformteils (1) entspricht.
- 7.) Umformwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) in einer Arbeitsposition einen elastischen und/oder mehrteiligen Dorn innerhalb des umzuformenden Hohlformteils (1) bilden.
- 8.) Umformwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) in einer ersten Arbeitsposition einen mehrteiligen Ring um das Hohlformteil oder in dem Hohlformteil bilden und dass
 - der mehrteilige Ring in einer zweiten Arbeitsposition einen gegenüber der ersten Arbeitsposition geänderten Durchmesser aufweist.
- 9.) Verfahren zum Umformen eines Hohlformteils, insbesondere zur Anwendung mittels eines Umformwerkzeugs nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
- in einem ersten Verfahrensschritt ein Hohlformteil (1) in eine erste Matrize (2) eingesetzt wird, die das Hohlformteil in einem Stützbereich entlang seiner Mantelfläche ringförmig umschließt und abstützt, und bei dem
 - in einem zweiten Verfahrensschritt (Umformschritt) das Hohlformteil in Richtung seiner Hauptachse derart gestaucht wird, dass
 - das Hohlformteil (1) in einem von der ersten Matrize (2) nicht abgestützten Umformbereich (U) plastisch umgeformt wird, wobei
 - das Hohlformteil im Umformbereich von einer zweiten, in ihrer Geometrie verstellbaren bzw. veränderbaren Matrize (3) außenseitig abgestützt wird.

- 10.) Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Matrize (3) während des Umformschritts in einer Richtung quer zur Hauptachse (4) des Hohlformteils bewegt wird, insbesondere kontinuierlich und/oder stufenweise in radialer Richtung geöffnet wird.
- 11.) Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Umformschritts einer kontinuierlichen und/oder stufenweisen Öffnungsbewegung der zweiten Matrize (3) eine oszillierende Bewegung der zweiten Matrize (3) überlagert ist.
- 12.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Matrize (3) während des Umformschritts mit einer vorbestimmten Kraft und/oder einem vorbestimmten Kraftverlauf gegen das Hohlformteil (1) gedrückt wird.
- 13.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Matrize (3) während des Umformschritts entlang eines vorbestimmten Weges und/oder mit einem vorbestimmten Geschwindigkeitsverlauf bewegt wird.
- 14.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Matrize (3) und/oder das Hohlformteil (1) während des Umformschritts um die Hauptachse (4) des Hohlformteils gedreht werden.
- 15.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Matrize (3) in Richtung einer oder mehrerer parallel zur Hauptachse (4) des Hohlformteils (1) orientierter Ebenen und/oder in Richtung einer oder mehrerer die Hauptachse (4) des Hohlformteils enthaltender Ebenen in Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) unterteilt ist.
- 16.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Segmente (3a, 3b, 3c, 3d) der zweiten Matrize (3) während des Umformschritts über ein gemeinsames Getriebeelement mit im wesentlichen gleich großen Kräften beaufschlagt werden.

17.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Matrize (2) mehrteilig ausgeführt ist, wobei ein erstes Matrizenstück (2a) und ein zweites Matrizenstück (2b) im ersten Verfahrensschritt voneinander beabstandet positioniert sind und wobei das erste Matrizenstück (2a) und das zweite Matrizenstück (2b) während des Umformschritts aufeinander zu bewegt werden, insbesondere kontinuierlich zueinander gefahren werden.

18.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Matrize (2) mehrteilig ausgeführt ist, wobei ein erstes Matrizenstück (2a) und ein zweites Matrizenstück (2b) im ersten Verfahrensschritt voneinander beabstandet positioniert sind und wobei das erste Matrizenstück (2a) und das zweite Matrizenstück (2b) während des Umformschritts voneinander entfernt werden, insbesondere kontinuierlich auseinander gefahren werden.

19.) Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass einer kontinuierlichen Bewegung des ersten Matrizenstücks (2a) und des zweiten Matrizenstücks (2b) eine oszillierende Bewegung der Matrizenstücke und/oder des Hohlformteils (1) überlagert ist.

20.) Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlformteil (1) während des Umformschritts von einer dritten Matrize in Form eines in das Hohlformteil eingreifenden, insbesondere verstellbaren und/oder elastisch deformierbaren Dorns innenseitig abgestützt wird.

21.) Hohlteil, insbesondere Getriebe-, Motor- und/oder Antriebswelle, dadurch gekennzeichnet, dass es unter Zuhilfenahme eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 9 bis 20 aus einem Hohlformteil hergestellt wird.

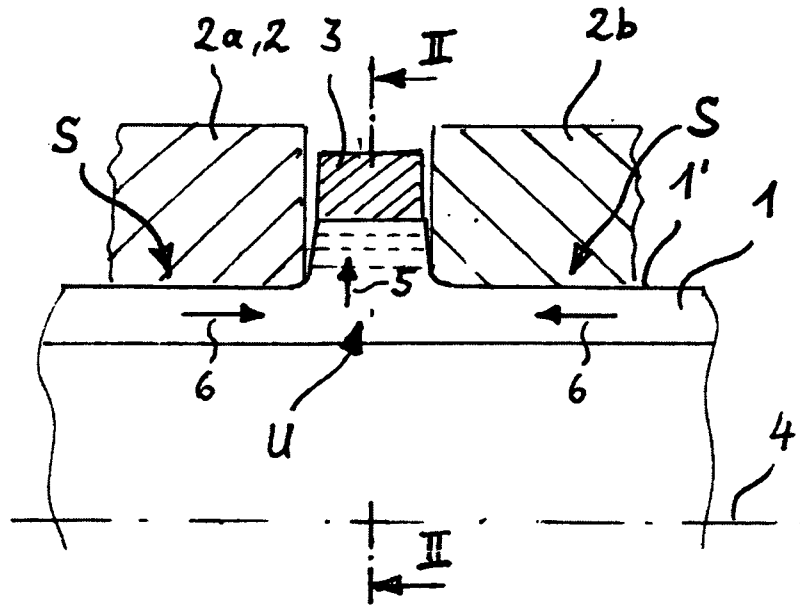


Fig. 1

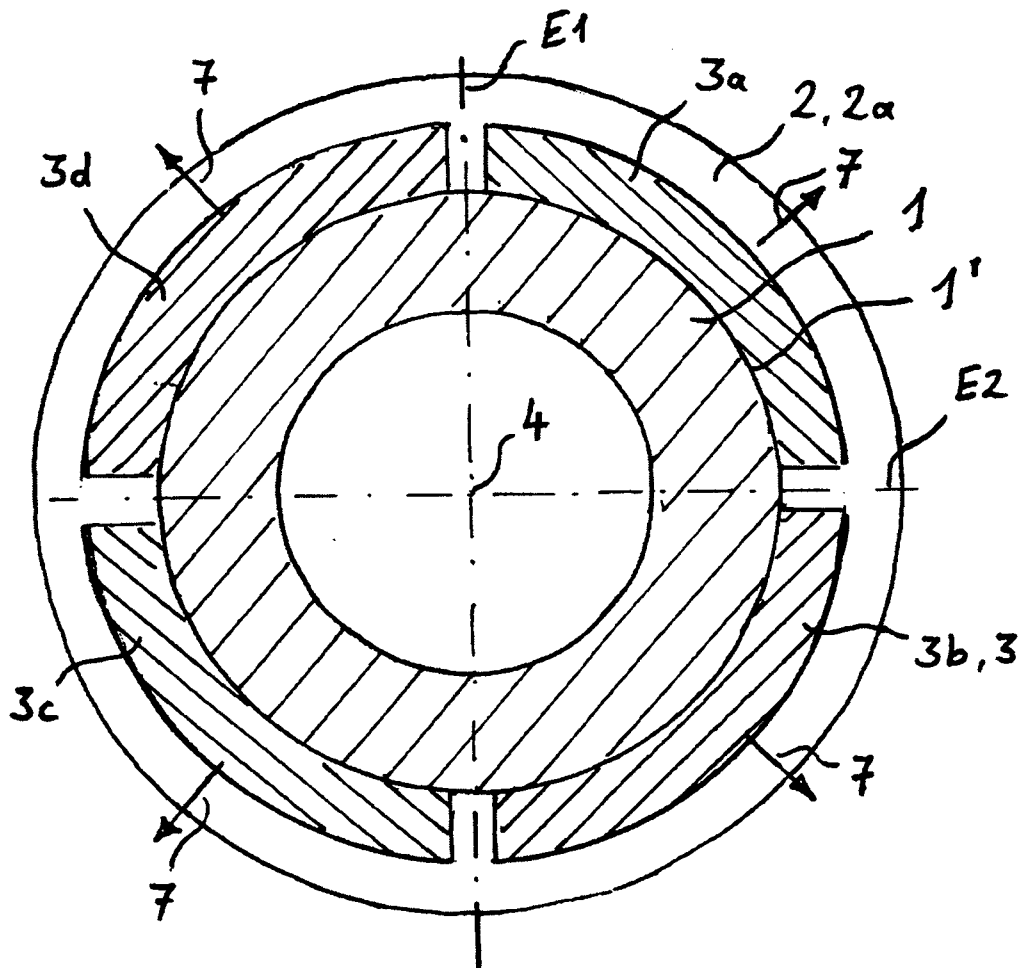


Fig. 2

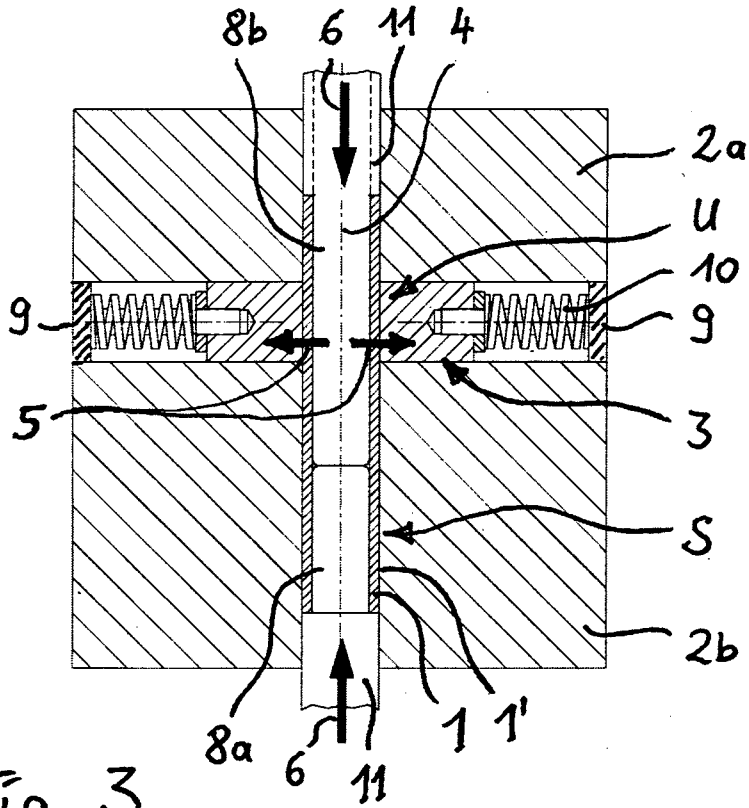


Fig. 3

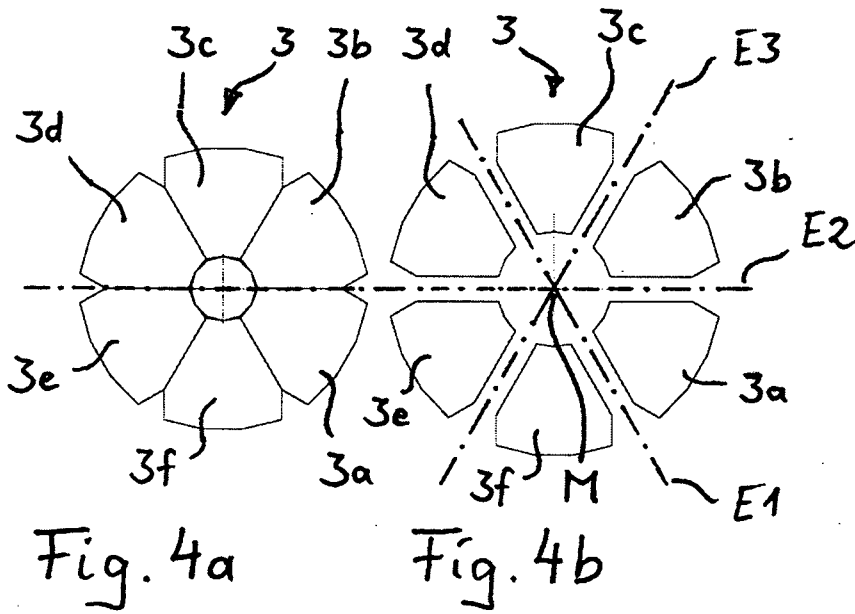


Fig. 4a

Fig. 4b

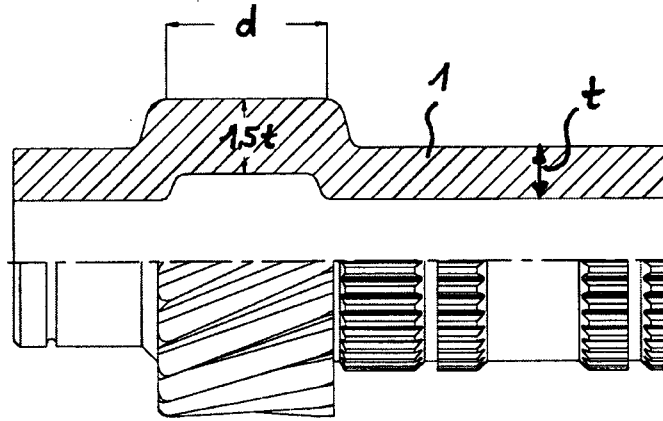


Fig. 7

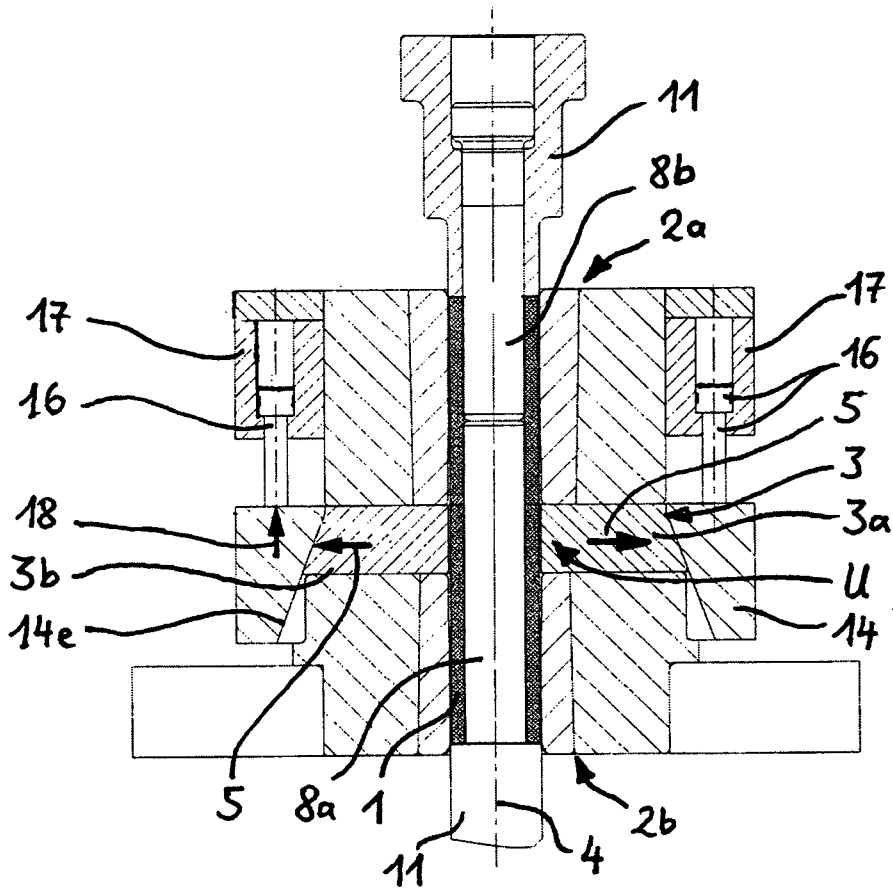


Fig. 8