

(19)



(11)

EP 4 046 725 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.08.2022 Patentblatt 2022/34

(21) Anmeldenummer: **22156995.7**

(22) Anmeldetag: **16.02.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21K 21/16 (2006.01) **B21K 21/12** (2006.01)
B21C 5/00 (2006.01) **B21D 22/14** (2006.01)
B21D 41/04 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21K 21/16; B21C 5/003; B21D 22/14;
B21D 41/04; B21K 21/12

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

(30) Priorität: **17.02.2021 DE 102021103689**

(71) Anmelder: **GFU - Maschinenbau GmbH**
Gesellschaft für
Umformung und Maschinenbau
54634 Bitburg (DE)

(72) Erfinder: **Roderich, Michael**
54675 Nusbaum (DE)

(74) Vertreter: **Kuhnen & Wacker**
Patent- und Rechtsanwaltsbüro PartG mbB
Prinz-Ludwig-Straße 40A
85354 Freising (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER STUFENFÖRMIGEN QUERSCHNITTSVERJÜNGUNG AN EINEM EINTEILIGEN, ROHRFÖRMIGEN WERKSTÜCK AUS METALL, DAMIT HERGESTELLTES EINTEILIGES, ROHRFÖRMIGES WERKSTÜCK UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

(57) ein Spannwerkzeug (SW) zum räumlichen Fixieren des rohrförmigen Werkstücks (W), vorzugsweise eine Klemme oder Spannbacke oder ein mehrsegmentiges Spannsystem.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer stufenförmigen Querschnittsverjüngung an einem einteiligen, rohrförmigen Werkstück (W) aus Metall, wobei ein Umformbereich (U) des Werkstücks

(W) nach einer Querschnittsreduzierung und Erwärmung im Umformbereich (U) unter Ausbildung einer Schulter (S) umgeformt wird, wobei eine Wendepunktangente der Schulter (S) mit der Mittelachse (MW) des Werkstücks (W) einen rechten oder nahezu rechten Winkel einbeschließt. Die Erfindung betrifft ebenfalls das damit hergestellte, umgeformte Werkstück (W) und die hierzu erforderliche Vorrichtung.

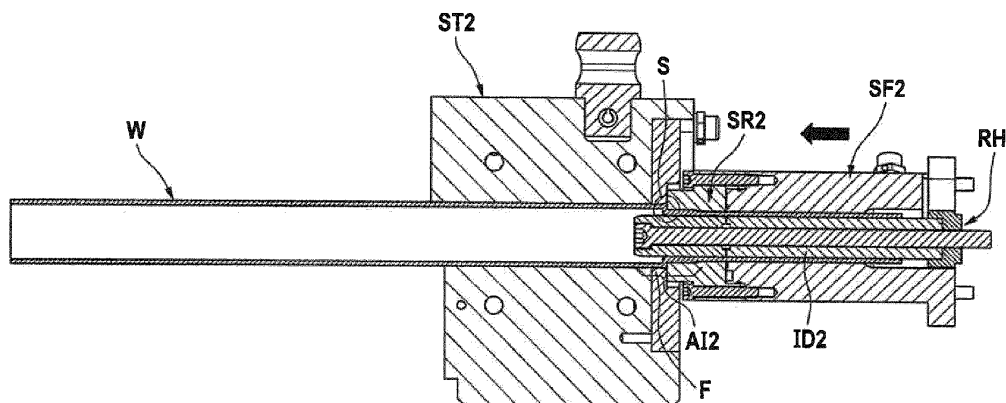


Fig. 6a

EP 4 046 725 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer stufenförmigen Querschnittsverjüngung an einem einteiligen, rohrförmigen Werkstück aus Metall nach Anspruch 1, ein damit hergestelltes einteiliges, rohrförmiges Werkstück nach Anspruch 8 und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 9. Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise dazu genutzt werden, folgende, einteilige Bauteile aus rohrförmigen Werkstücken herzustellen, ist jedoch nicht hierauf beschränkt: Rotorwellen, Antriebswellen, Wellenzapfen, Stabilisatoren, Wellen sämtlicher Art, die einen steilen Übergang im Bereich der Querschnittsverjüngung aufweisen, Gerüststützen, Gerüstrahmen für die Bauindustrie und Spurstangen.

Hintergrund und Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Umformverfahren für rohrförmige Werkstücke bekannt, bei denen das rohrförmige Werkstück aufgrund des Umformprozesses eine signifikante Verringerung der Wanddicke im Bereich der stufenförmigen Querschnittsverjüngung erfährt. Mit der Verringerung der Wanddicke im Umformbereich geht zwangsweise eine Verringerung der mechanischen Stabilität des umgeformten Werkstücks einher.

[0003] Denselben Nachteil der verringerten mechanischen Stabilität weisen mehrteilige Werkstücke mit einer stufenförmigen Querschnittsverjüngung auf, welche beispielsweise durch Schweißen, Fügen oder andere Verbindungstechniken zusammengefügt werden.

[0004] Für eine Reihe von Anwendungen ist es auf diesem technischen Gebiet besonders vorteilhaft, wenn die stufenförmige Querschnittsverjüngung als eine in etwa rechtwinklige Anschlagkante ausgebildet ist. Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2012 110 792 A1 derselben Anmelderin ist hierzu ein Verfahren bekannt, mit dem rechtwinklig ausgebildete stufenförmige Übergänge erzeugt werden können. Dabei kann eine Verringerung der Wanddicke im Übergangsbereich vermieden werden. Zur Vermeidung einer lokalen Schwächung der Wanddicke sieht das bekannte Verfahren vor dem Ausbilden des stufenförmigen Übergangs zwingend einen vorgeschalteten axialen Stauchschritt vor, um die Wanddicke des Werkstücks in einem Umformungsbereich zu vergrößern.

Aufgabe der Erfindung

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Umformverfahren zur Herstellung einer Querschnittsverjüngung an einem rohrförmigen Werkstück anzugeben, mit dem eine rechtwinklig oder nahezu rechtwinklig ausgebildete Schulter (stufenförmiger Übergang)

erzeugt werden kann, die hochbelastbar ist und insbesondere einer Wechselbiegebeanspruchung und Torsionsbelastung standhält. Dabei soll das Verfahren jedoch ohne einen zusätzlichen Stauchschritt vor Ausbildung der Schulter auskommen, bei dem die Wanddicke des rohrförmigen Werkstücks im Umformbereich vor der Ausbildung der Schulter durch axiale Stauchung um wenigstens 30 %, vorzugsweise wenigstens 20 %, zunimmt. Des Weiteren sollen das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte geformte Werkstück und eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Vorrichtung bereitgestellt werden.

Definitionen

[0006] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfasst der Begriff "rohrförmiges Werkstück" jede Gestalt eines länglichen Hohlkörpers, vorzugsweise eines Rohrs, dessen Länge größer als sein Außendurchmesser ist. Dabei ist die Querschnittsgestalt des rohrförmigen Werkstücks nicht auf einen Kreis beschränkt, sondern kann auch elliptisch oder kreisähnlich sein.

[0007] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung bedeutet der Begriff "einteilig" in Bezug auf das rohrförmige Werkstück, dass dieses allenfalls eine Längsschweißnaht, ansonsten jedoch keine Schweißnaht und keine Fügenaht aufweist. Vorzugsweise bedeutet der Begriff "einteilig" erfindungsgemäß, dass das rohrförmige Werkstück keine Schweißnaht und keine Fügenaht aufweist.

[0008] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfassen die Begriffe "Reduzieren des Querschnitts" oder "Verjüngen des Querschnitts" eines rohrförmigen Werkstücks ein wenigstens abschnittsweises Verringern des Durchmessers des rohrförmigen Werkstücks verstanden. Entsprechend wird erfindungsgemäß unter "Querschnittsverjüngung" ein Übergang von einem Abschnitt des rohrförmigen Werkstücks mit größerem Durchmesser zu einem Abschnitt desselben mit kleinerem Durchmesser verstanden. Erfindungsgemäß wird ein Abschnitt des rohrförmigen Werkstücks, der nach dem erfindungsgemäßen Umformen einen kleineren Durchmesser und den Übergang zu einem Abschnitt des rohrförmigen Werkstücks mit einem größeren Durchmesser (= ursprünglicher Durchmesser des Werkstücks im selben Bereich vor dem Umformen) aufweist, als "Umformbereich" bezeichnet. Der Abschnitt des rohrförmigen Werkstücks, welcher der Übergang vom Abschnitt des rohrförmigen Werkstücks mit dem kleineren Durchmesser zum Abschnitt des rohrförmigen Werkstücks mit größerem Durchmesser ist, wird erfindungsgemäß als "Übergangsbereich" bezeichnet. Definitionsgemäß ist der Übergangsbereich ein Teil des Umformbereichs. Anders ausgedrückt ist der Umformbereich ein zusammenhängender Abschnitt des rohrförmigen Werkstücks, der durch das erfindungsgemäße Umformen einen verringerten Durchmesser im Vergleich dem Zustand vor dem Umformen bzw. im Vergleich zum ursprünglichen Durch-

messer des Werkstücks im selben Bereich aufweist.

[0009] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfasst der Begriff "Metall" ein zu den Metallen gehörendes Element, wie beispielsweise Eisen oder Nichteisenmetalle, wie bspw. Kupfer, Legierungen aus zwei oder mehr Metallen, wie beispielsweise Edelstahl, oder sonstige Legierungen mit einem Metallgehalt von > 90 %, wie beispielsweise Stahl. Die Definition des Begriffs "Metall" schließt erfindungsgemäß auch ein Element oder eine Legierung mit ein, welche einen Anteil an technisch unvermeidbaren Verunreinigungen aufweist.

[0010] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung bedeuten Begriffe wie "etwa" oder "nahezu" in Bezug auf einen zahlenmäßig definierbaren oder definierten Parametern eine Abweichung von höchstens 5 %, vorzugsweise höchstens 3 %, von angegebenen Zahlenwert. Bei Winkeln bedeuten die Begriffe "etwa" oder "nahezu" eine Abweichung von höchstens 3 °, vorzugsweise höchstens 2 °, insbesondere höchstens 1 °, von angegebenen Winkel.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Die vorstehend beschriebene Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. So wird erfindungsgemäß ein Verfahren zum Herstellen einer stufenförmigen Querschnittsverjüngung an einem einteiligen, rohrförmigen Werkstück W aus Metall bereitgestellt, welches wenigstens die nachfolgenden Schritte aufweist:

(a) Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks W in einem Umformbereich U desselben mittels eines ersten Umformwerkzeugs UW1, wodurch ein Übergangsbereich T im Umformbereich U entsteht;

(b) Erwärmen des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U oder in einem Teil desselben, der den Übergangsbereich T umfasst, auf eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.450 °C, vorzugsweise 1.000 bis 1.450 °C;

(c) Umformen des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T derart, dass das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T eine Schulter S ausbildet, wobei eine am Wendepunkt der Schulter S anliegende Tangente WT mit einer Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einen Winkel α von 45 bis < 90 °, vorzugsweise 65 bis 75 °, einschließt;

wobei während des Umformens das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.450 °C, vorzugsweise 1.000 bis 1.450 °C, aufweist;

wobei das Umformen unter Verwendung eines

ersten Stauchtopfs ST1, eines ersten Stauchrings SR1, einer ersten Stauchführung SF1 und eines ersten Innendorns ID1 erfolgt;

wobei der erste Stauchtopf ST1, der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks W, vorzugsweise jeweils koaxial zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W, angeordnet sind;

wobei der erste Stauchtopf ST1, der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 in dieser Reihenfolge zu einem Ende E des rohrförmigen Werkstücks W hin angeordnet sind;

wobei der erste Innendorn ID1 im Inneren des rohrförmigen Werkstücks W angeordnet ist;

wobei ein Außendurchmesser des ersten Innendorns ID1 wenigstens in einem während des Umformens zum Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W gegenüberliegend angeordneten Abschnitt A11 des ersten Innendorns ID1 zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Reduzieren gemäß Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt;

wobei ein Innendurchmesser des ersten Stauchtopfs ST1 zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W vor dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) beträgt;

wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchführung SF1 zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt;

wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchrings SR1 zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt;

wobei der erste Stauchring SR1 eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, während des Umformens im Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W die

Schulter S auszubilden, wobei die am Wendepunkt der Schulter S anliegende Tangente WT mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einem Winkel α von 45 bis $< 90^\circ$, vorzugsweise 65 bis 75° , einschließt;

wobei während des Umformens der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 und/oder der erste Stauchtopf ST1 parallel zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W derart bewegt werden, dass sich der Abstand zwischen dem ersten Stauchring SR1 und dem ersten Stauchtopf ST1 verringert; und

wobei während des Umformens der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 nicht relativ zueinander bewegbar sind.

[0012] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird ein einteiliges, umgeformtes Werkstück mit einer steilen Schulter erzielt. Dabei lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine große Vielfalt von rohrförmigen Werkstücken unterschiedlicher Durchmesser und Längen umformen. So können beispielsweise rohrförmige Werkstücke mit einer Länge von 150 bis 4.200 mm erfindungsgemäß verarbeitet werden. Zudem ist nach dem erfindungsgemäßen Verfahren die Position der Schulter entlang der Rohrlänge weitgehend frei wählbar, was die hohe Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens unterstreicht.

[0013] Da das Werkstück einteilig ist, weist es eine gegenüber mehrteiligen Werkstücken erhöhte mechanische Stabilität und Festigkeit auf. Das erfindungsgemäße umgeformte Werkstück weist nämlich aufgrund der fehlenden Schweiß- oder Fügenaht (das Werkstück kann allenfalls eine Längsschweißnaht aufweisen) einen homogenen Faserverlauf auf, welcher zu einer höheren internen Materialstabilität führt.

[0014] Erfindungsgemäß können aufgrund der Einteiligkeit des Werkstücks und der zur Wandverdickung nicht erforderlichen, vorgeschalteten axialen Anstauchung Werkstücke mit grundsätzlich dünneren Wanddicken verwendet werden, wodurch eine Leichtbauweise der erfindungsgemäßen, rohrförmigen Werkstücke realisiert werden kann. Hiermit geht eine entsprechende Material- und Gewichtseinsparung einher, was sowohl dem Herstellungsprozess, als auch der späteren Verwendung des Werkstücks zugutekommt.

[0015] Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, dass durch das Zusammenwirken des ersten Stauchtopfs ST1, des ersten Stauchrings SR1, der ersten Stauchführung SF1 und des ersten Innendorns ID1 während des Umformens des rohrförmigen Werkstücks W im Schritt (c) eine Umformung (Ausbilden der Schulter S im Übergangsbereich T) und eine Stauchung des Werkstücks W im Übergangsbereich T in einem einzigen Schritt erzielt wird. Dabei wird der Materialfluss gezielt gelenkt, um eine gewünschte Kontur-

gebung und Wandverdickung des Werkstücks im Übergangsbereich beim Umformen zu erzielen. So verhindern der erste Stauchtopf ST1, der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 durch deren vorgegebene Innendurchmesser ein unkontrolliertes Aufbauen oder Abfließen des Materials des Werkstücks nach außen. Darüber hinaus verhindert das Vorhandensein des Innendorns mit seinem vorgegebenen Außendurchmesser im Innern des Werkstücks während des Schritts (c) ein unkontrolliertes Einbrechen oder Abfließen des Materials des Werkstücks nach innen. Dabei sind gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren der Innendurchmesser des ersten Stauchtopfs ST1, der ersten Stauchführung SF1 und vor allem der ersten Stauchrings SR1 jeweils derart gewählt, dass bei der Durchführung des Schritts (c) im Übergangsbereich T, vorzugsweise im Umformbereich U, ein Vergrößern der Wanddicke auf das 1,01- bis 1,6-Fache der Wanddicke des rohrförmigen Werkstücks an jeweils derselben Stelle des Werkstücks vor dem Umformen des Werkstücks W (= ursprüngliche Wanddicke des Werkstücks W) erzielt werden kann. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn ein weiterer Umformschritt (vgl. nachfolgend beschriebener Schritt (d)) vorgesehen ist, bei dem die im Schritt (c) erzeugte Schulter bis zu einem Tangentenwinkel von 90° steil gestellt wird, weil durch das vorstehend beschriebene Vergrößern der Wanddicke in Schritt (c), in Schritt (d) eine steile Schulter mit einer Wanddicke erhalten wird, die dem 1,01- bis 1,6-Fachen der Wanddicke des rohrförmigen Werkstücks an jeweils derselben Stelle des Werkstücks vor dem Umformen in Schritt (c) entspricht.

[0016] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich und bevorzugt, dass das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T nach dem Umformen gemäß Schritt (c) eine Wanddicke aufweist, die gegenüber der Wanddicke des Werkstücks W an derselben Stelle vor der Querschnittsreduzierung gemäß Schritt (a) (d.h., bevor die Querschnittsreduzierung durchgeführt wurde) nicht verringert oder sogar vergrößert ist. Hierdurch wird eine noch bessere mechanische Stabilität des umgeformten Werkstücks im Übergangsbereich erzielt. Noch bevorzugter ist, wenn das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T nach dem Umformen gemäß Schritt (c) eine Wanddicke aufweist, die 100 bis 160 %, insbesondere 101 bis 150 %, der Wanddicke des Werkstücks W an jeweils derselben Stelle vor der Querschnittsreduzierung gemäß Schritt (a) beträgt.

[0017] Damit ist es erfindungsgemäß erstmals möglich, eine stufenförmige Querschnittsverjüngung an einem einteiligen rohrförmigen Werkstück aus Metall auszubilden, welche eine rechtwinklige oder nahezu rechtwinklige Schulter im Übergangsbereich aufweist, ohne dass die Wanddicke im Übergangsbereich gegenüber der ursprünglichen Wanddicke des Werkstücks signifikant verringert wäre und ohne dass ein dem Umformen vorgelagerter Schritt zum axialen Stauchen des Werkstücks erforderlich wäre.

[0018] Damit erledigt der Schritt (c) des erfindungsge-

mäßigen Verfahrens mehrere Aufgaben zugleich in einem Schritt: so wird einerseits die Schulter S mit einem Tangentenwinkel (α) von 45 bis $< 90^\circ$ aus der Querschnittsverjüngung im Übergangsbereich geformt, während andererseits gewissermaßen eine Materialreserve im Übergangsbereich angelegt wird, die in einem weiteren, optionalen Umformschritt (vgl. nachfolgend beschriebener Schritt (d)) eine Steilstellung der Schulter erlaubt, ohne dass es zu einer weiteren signifikanten Änderung der Wanddicke des Werkstücks im Übergangsbereich, also weder zu einem Andicken, noch zu einem Ausdünnen der Wand des Werkstücks im Übergangsbereich im Vergleich zu der ursprünglichen Wanddicke kommt.

[0019] Da im ersten Umformschritt (Schritt (c)) die Schulter S nur bis zu einem Tangentenwinkel von $< 90^\circ$, vorzugsweise bis 80° , und nicht ein voller rechter Winkel ausgebildet wird, eine Rissbildung am Stufenansatz auf der Innenseite des Werkstücks im Übergangsbereich T, wie nachfolgend noch näher ausgeführt, wirksam vermieden.

[0020] Das Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks im Schritt (a) kann erfindungsgemäß durch Einziehen, Kneten oder ähnlich dem Fachmann bekannte Verfahrenstechniken der plastischen Metallumformung bewerkstelligt werden. Bevorzugt ist das Reduzieren des Querschnitts durch Einziehen (Axialumformen), weil hierbei kein Erwärmen des Werkstücks erforderlich ist.

[0021] Daher kann bei Schritt (a) des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen sein, dass ein Erwärmen des Umformbereichs U, vorzugsweise des rohrförmigen Werkstücks W, auf 80°C oder mehr, vorzugsweise auf 40°C oder mehr, vor und während des Reduzierens unterbleibt.

[0022] Hierdurch werden ein eigener, für das Erwärmen erforderlicher Verfahrensschritt und die dazu erforderliche Energie eingespart, wodurch sich das erfindungsgemäße Verfahren verkürzt und kostengünstiger wird.

[0023] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren kann das Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) in einem oder mehreren Teilschritten oder Hüben erfolgen. So kann erfindungsgemäß nach dem vorstehend beschriebenen, ersten Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks ein weiteres Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U des rohrförmigen Werkstücks W in Schritt (a) vorgesehen sein. Dies kann vor allem dann vorgesehen sein, wenn eine Stufe S mit verhältnismäßig großer Abmessung in Radialrichtung erzeugt werden soll (weiteres Reduzieren im Übergangsbereich), oder wenn das Werkstück zwei oder mehr Stufen an verschiedenen Stellen im Umformbereich aufweisen soll (Erzeugung mehrerer Stufensprünge). Nach der Erfahrung der Erfindergelängt mit einem einzelnen Reduzierschritt bzw. -hub eine Verkleinerung des Werkstückdurchmessers von etwa 20 bis 35 %. Wird ein höherer Reduktionsgrad angestrebt, können entsprechend ein weiterer Hub oder meh-

rere weitere Hübe zur Querschnittsverkleinerung durchgeführt werden. Für das weitere Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks kann ein zweites Umformwerkzeug UW2 oder können mehrere weitere Umformwerkzeuge eingesetzt werden. Für das weitere Reduzieren gilt das vorstehend für das erste Reduzieren Offenbarte bezüglich der einsetzbaren Verfahrenstechnik und der Möglichkeit des Unterbleibens einer Erwärmung des Werkstücks analog.

[0024] Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist der Übergangsbereich T ein Teil des Umformbereichs U und bildet den Übergang vom ursprünglichen, nicht reduzierten Querschnitt des rohrförmigen Werkstücks W an einem Ende des Übergangsbereichs T zu einem Abschnitt des Umformbereichs U mit reduziertem Querschnitt bzw. Durchmesser an seinem anderen Ende.

[0025] Das Erwärmen in Schritt (b) ist im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlich, da ansonsten in Schritt (c) und ggf. in weiteren Schritten die Stufe S nicht so scharfkantig wie angestrebt ausgebildet werden kann und/oder eine Rissbildung im Übergangsbereich T zu befürchten ist. Die Erfinder haben bei kalter Umformung unterhalb des in Schritt (b) angegebenen Temperaturbereichs, insbesondere unter 700°C , eine sogenannte Flitterbildung bzw. einen Abrieb an der Oberfläche im Übergangsbereich T beobachtet. Andererseits ist ein Erwärmen des Werkstücks oder des Übergangsbereichs desselben auf eine Temperatur von über 1.450°C schädlich, da das Werkstück nahezu zu schmelzen beginnt und kritische Gefügeveränderungen (Grobkorn) auftreten können bzw. ein definiertes Umformen nicht mehr möglich ist.

[0026] Vor dem Umformen des rohrförmigen Werkstücks W in Schritt (c) (und damit auch vor den und während der Schritte (a) und (b)) kann ein axiales Stauchen des rohrförmigen Werkstücks W, wobei die Wanddicke des rohrförmigen Werkstücks W in wenigstens einem Abschnitt des Umformbereichs U um wenigstens 30 %, vorzugsweise wenigstens 20 % zunimmt, unterbleiben. Hierdurch werden die Verfahrensschritte des Anstau-chens und ggf. des hierzu erforderlichen, lokalen Erwär-mens des Werkstücks gegenüber den herkömmlichen Verfahren eingespart, wodurch das Verfahren zeitlich kürzer und energie- und kostengünstiger durchzuführen ist.

[0027] Erfindungsgemäß weist der erste Stauchring SR1 eine Kontur der inneren Umfangsfläche auf, welche vorzugsweise eine rotationssymmetrische Stauchkante aufweist, deren Tangente mit der Hubrichtung bzw. mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W während des Umformens in Schritt (c) einem Winkel von 45 bis $< 90^\circ$, vorzugsweise 65 bis 75° , einschließt.

[0028] Der erste Stauchtopf ST1, der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 können jeweils einteilig, zweiteilig, dreiteilig oder aus noch mehr Teilen ausgebildet sein. So kann der erste Stauchtopf ST1 einteilig ausgebildet sein. Vorzugsweise ist der erste Stauchtopf ST1 jedoch zwei- oder mehrteilig ausgebil-

det, was das Anbringen des Werkzeugs an das umzuformende Werkstück vereinfacht.

[0029] Der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 können jeweils zwei- oder mehrteilig ausgebildet, was einen Austausch des jeweiligen Teils erleichtert. Der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 können jedoch auch einteilig ausgebildet oder fest miteinander verbunden sein, was eine synchrone Bewegung während des Umformhubs erleichtert.

[0030] Das Umformen in Schritt (c) kann vorzugsweise durchgeführt werden, indem der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 parallel zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W in Richtung des ersten Stauchtopfs ST1 bewegt werden. Umgekehrt ist es möglich, dass der erste Stauchtopf ST1 parallel zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W in Richtung des ersten Stauchrings SR1 bewegt wird. In einer weiteren, alternativen Ausführungsform können sowohl der erste Stauchring SR1 (zusammen mit der ersten Stauchführung SF1), als auch der erste Stauchtopf ST1 aufeinander zubewegt werden.

[0031] Das Umformen in Schritt (c) kann vorzugsweise durchgeführt werden, bis der erste Stauchring SR1 den ersten Stauchtopf ST1 berührt. Das Umformen in Schritt (c) kann insbesondere durchgeführt werden, bis eine dem ersten Stauchtopf ST1 gegenüberliegende Stirnseite des ersten Stauchrings SR1 eine dem ersten Stauchring SR1 gegenüberliegende Stirnseite des ersten Stauchtopfs ST1 berührt. Mithilfe des definierten Endpunkts des Umformhubs wird die Einstellung einer definierten, vorbestimmten Wanddicke des rohrförmigen Werkstücks im Bereich der Schulter auf eine konstruktiv einfache Weise erleichtert. Hierzu kann der Endpunkt des Umformhubs in Bezug auf den ersten Stauchtopf ST1 und/oder den ersten Stauchring SR1 jedoch auch auf eine andere Weise als die beiden vorstehend beschriebenen Weisen festgelegt oder bestimmt werden.

[0032] Vorzugsweise weist der erste Stauchtopf ST1 an seinem, dem Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W gegenüberliegend angeordneten Endabschnitt STE1 eine konusförmige Freimachung in Gestalt einer rotationssymmetrischen Aussparung auf, die zur Aufnahme einer Menge des Metalls des rohrförmigen Werkstücks W während des Umformens gemäß Schritt (c) dienen kann. Das Vorsehen einer derartigen Ausgestaltung erlaubt es vorteilhaft, einen Teil des Metalls des rohrförmigen Werkstücks W während des Umformens in Schritt (c) zu speichern, welches dann in einem späteren Umformschritt, insbesondere bei der finalen Ausbildung der Gestalt der Schulter S in Schritt (d) oder bei einem optionalen Rollierschritt, vorteilhaft zur Stärkung der Wanddicke des röhrenförmigen Werkstücks W im Bereich der Schulter S genutzt werden kann.

[0033] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0034] So kann das erfindungsgemäße Verfahren ferner den Schritt aufweisen:

(d) weiteres Umformen des aus Schritt (c) erhaltenen, rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T derart, dass die am Wendepunkt der Schulter S anliegende Tangente WT mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einen Winkel β von 80 bis 90 °, vorzugsweise 85 bis 90 °, vorzugsweise 87 bis 90 °, einschließt;

wobei während des weiteren Umformens das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T eine Temperatur im Bereich von 500 bis 1.000 °C aufweist;

wobei das Umformen unter Verwendung eines zweiten Stauchtopfs ST2, eines zweiten Stauchrings SR2, einer zweiten Stauchführung SF2 und eines zweiten Innendorns ID2 erfolgt;

wobei der zweite Stauchtopf ST2, der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks W, vorzugsweise jeweils koaxial zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W, angeordnet sind;

wobei der zweite Stauchtopf ST2, der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 in dieser Reihenfolge zum Ende E des rohrförmigen Werkstücks W hin angeordnet sind;

wobei der zweite Innendorn ID2 im Inneren des rohrförmigen Werkstücks W angeordnet ist;

wobei ein Außendurchmesser des zweiten Innendorns ID2 wenigstens in einem während des weiteren Umformens zum Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W gegenüberliegend angeordneten Abschnitt AI2 des zweiten Innendorns ID2 zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Umformen gemäß Schritt (c) beträgt;

wobei der zweite Stauchtopf ST2 identisch oder baugleich mit dem ersten Stauchtopf ST1 ist;

wobei die zweite Stauchführung SF2 identisch oder baugleich mit der ersten Stauchführung SF1 ist oder wobei ein Innendurchmesser der zweiten Stauchführung SF2 zwischen 100,1 und 105 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Umformen in Schritt (c) beträgt;

wobei ein Innendurchmesser des zweiten Stauchrings SR2 zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Umformen in Schritt (c) beträgt;

wobei der zweite Stauchring SR2 eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, während des weiteren Umformens im Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W die Schulter S derart umzuformen, dass die am Wendepunkt der Schulter S anliegende Tangente WT mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einen Winkel β von 80 bis 90 °, vorzugsweise 85 bis 90 °, vorzugsweise 87 bis 90 °, einschließt;

wobei während des Umformens der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 und/oder der zweite Stauchtopf ST2 parallel zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W derart bewegt werden, dass sich der Abstand zwischen dem zweiten Stauchring SR2 und dem zweiten Stauchtopf ST2 verringert; und

wobei während des Umformens der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 nicht relativ zueinander bewegbar sind.

[0035] Der Ausbildung der Schulter S im Schritt (c) schließt sich vorzugsweise ein weiterer Umformschritt (Schritt (d)) an, durch welchen die Schulter S noch steiler, vorzugsweise zu etwa oder genau einem rechten Winkel, aufgestellt wird. Die Vorteile der zweistufigen Schulterausbildung in den Schritten (c) und (d) sind, dass einerseits auch bei schwerer umformbaren Metallen eine sehr steile bis rechtwinklige Schulter S herstellen lässt. Andererseits lässt sich erfindungsgemäß eine Rissbildung am Stufenansatz auf der Innenseite des Metalls im Übergangsbereich T, die je nach Zusammensetzung, Vorbehandlung und Eigenschaften des Metalls bei der Ausbildung einer steilen Schulter in einem Umformschritt auftreten können, wirksam vermieden.

[0036] Für das weitere Umformen gemäß Schritt (d) kann die noch vorhandene Restwärme des aus Schritt (c) erhaltenen, rohrförmigen Werkstücks W ausgenutzt werden, solange die Temperatur des Metalls im Übergangsbereich T zwischen 500 bis 1.000 °C ist. Dies bedeutet, dass, wenn sich der Schritt (d) unmittelbar oder nur mit kurzer zeitlicher Verzögerung an den Schritt (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens anschließt, kann ein zusätzliches Erwärmen des rohrförmigen Werkstücks W unterbleiben. Durch Vermeidung eines weiteren Erwärmungsschritts wird das erfindungsgemäße Verfahren vereinfacht und energiesparender. Folglich kann zwischen den Schritten (c) und (d) und während des Schritts (d) ein Erwärmen des rohrförmigen Werkstücks W, vorzugsweise des Übergangsbereichs T, unterbleiben.

[0037] Erfindungsgemäß weist der zweite Stauchring SR2 eine Kontur der inneren Umfangsfläche auf, welche vorzugsweise eine rotationssymmetrische Stauchkante aufweist, deren Tangente mit der Hubrichtung bzw. mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W während des Umformens in Schritt (d) einem Winkel von

80 bis 90 °, vorzugsweise 85 bis 90 °, vorzugsweise 87 bis 90 °, einschließt.

[0038] Erfindungsgemäß kann mit Bezug auf den Schritt (d) und/oder auf die erfindungsgemäße Vorrichtung der zweite Innendorn ID2 vorzugsweise einen Außendurchmesser aufweisen, welcher 90 bis 100 % des Außendurchmessers des ersten Innendorns ID1 entspricht.

[0039] In dem beim erfindungsgemäßen Verfahren eine rechtwinklige oder nahezu rechtwinklige Schulter am rohrförmigen Werkstück erzeugt werden kann, ist es möglich, eine breite Stirnfläche, wie beispielsweise eine breite Ausstellungsfläche, bei einer Gerüststütze, im Übergangsbereich zu schaffen.

[0040] Des Weiteren kann das erfindungsgemäße Verfahren ferner den Schritt aufweisen:

(e) vor Schritt (b), Kürzen des rohrförmigen Werkstücks W vom Ende E durch Materialabtrag derart, dass eine axiale Länge L des Umformbereichs U auf eine vorgegebene Länge, vorzugsweise $\pm 0,5$ mm, eingestellt wird.

[0041] Das Kürzen des rohrförmigen Werkstücks W gemäß Anspruch 3 (Schritt (e)) ermöglicht bei der Verarbeitung von rohrförmigen Werkstücken mit einer variablen Rohrlänge oder von Nahtlosrohren bzw. nicht gezogenen Rohren mit ungleichmäßigen Wanddicken eine exakte Positionierung der Schulter S vom Ende des Werkstücks her. Werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch hochpräzise rohrförmige Werkstücke mit einer genauen, konstanten Rohrlänge verarbeitet, sog. Präzisionsrohre, ist die Durchführung des Schritts (e) nicht erforderlich und kann daher eingespart werden.

[0042] Des Weiteren kann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren während des Umformens in Schritt (c) und/oder in Schritt (d) das rohrförmige Werkstück W von seinem Ende E her in Richtung des Übergangsbereichs T oder in axialer Richtung zum Übergangsbereichs T nachgeschoben werden. Dabei kann das Nachschieben vorzugsweise mittels eines ersten Rohranschlags RA1 (in Schritt (c)) und/oder eines zweiten Rohranschlags RA2 (in Schritt (d)) erfolgen, wobei der erste Rohranschlag RA1 vorzugsweise am ersten Innendorn ID1 und der zweite Rohranschlag RA2 vorzugsweise am zweiten Innendorn ID2 befestigt ist.

[0043] Das Nachschieben des rohrförmigen Werkstücks W von seinem Ende E her in Richtung des Übergangsbereichs T oder in axialer Richtung zum Übergangsbereichs T gemäß den Ansprüchen 4 und 5 trägt jeweils vorteilhaft dazu bei, ein Ausdünnen der Wand, also ein Verringern der Wanddicke, des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T, genauer gesagt, im Bereich der Schulter S, noch besser zu verhindern.

[0044] Des Weiteren kann das erfindungsgemäße Verfahren ferner wenigstens einen der Schritte aufweisen:

(f) nach Schritt (c) oder (d), Einstellen einer Temperatur des rohrförmigen Werkstücks W im Über-

gangsbereich T oder in einem Teil des Übergangsbereichs T auf eine Temperatur im Bereich von 350 bis 1.450 °C; und/oder

(g) konturgebendes Umformen des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T mittels wenigstens einer Rollierrolle RR;

[0045] Dem konturgebenden Umformen des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T in Schritt (g) geht vorzugsweise, aber nicht obligatorisch ein Einstellen der Temperatur des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T oder in einem Teil desselben auf eine Temperatur zwischen 350 bis 1.450 °C voraus. Hierdurch wird im Gegensatz zu einem konturgebenden Umformen des kalten Werkstücks das Ausbilden von Abschabungen, den sog. Pittings, an der Mantelfläche des Werkstücks W im Übergangsbereich T vermieden.

[0046] Durch das konturgebende Umformen gemäß Schritt (g) kann dem Werkstück W im Übergangsbereich seine endgültige Gestalt der Mantelfläche im Bereich der Schulter S gegeben werden. Dabei kann nach außen getragenes bzw. geflossenes Metall wieder radial einwärts zur Ausgestaltung einer scharfkantigen, vorzugsweise rechtwinkligen Schulter S mit ausreichend großer Wanddicke transportiert werden.

[0047] Des Weiteren kann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren das rohrförmige Werkstück W wenigstens während der Durchführung eines, mehrerer oder aller Schritte des Verfahrens durch ein Spannwerkzeug räumlich fixiert werden bzw. sein, vorzugsweise radial geklemmt und axial gehalten werden bzw. sein. Hierdurch werden die Ausführung präziser Umformhübe und die automatisierte Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens erleichtert.

[0048] Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt unter Verwendung bzw. Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wie nachfolgend beschrieben, durchgeführt.

[0049] Die vorstehend definierte Aufgabe wird erfindungsgemäß ferner durch das durch das erfindungsgemäße Verfahren erhaltene Verfahrenserzeugnis gelöst.

[0050] So wird ein einteiliges, rohrförmiges Werkstück W aus Metall beansprucht, dass mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 hergestellt wurden ist bzw. herstellbar ist.

[0051] Das rohrförmige Werkstück W weist im Übergangsbereich T eine Schulter S auf, wobei eine am Wendepunkt der Schulter S anliegende Tangente WT mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einen Winkel von 45 bis 90 °, vorzugsweise 85 bis 90 °, vorzugsweise 87 bis 90 °, insbesondere 89 bis 90 °, einschließt. Vorzugsweise weist das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T, vorzugsweise im Umformbereich U, eine Wanddicke auf, die zwischen 101 und 160 %, vorzugsweise zwischen 101 und 150 %, der Wanddicke des Werkstücks an jeweils derselben Stelle vor dem Ausbilden der Schulter S, insbesondere vor dem

Umformen gemäß Schritt (c), beträgt und/oder die zwischen 101 und 160 %, vorzugsweise zwischen 101 und 150 %, der Wanddicke des Werkstücks W an einer Stelle des Werkstücks W außerhalb des Umformbereichs U (vorzugsweise außerhalb aller Umformbereiche des Werkstücks W, falls mehrere vorhanden sind) beträgt.

[0052] Noch bevorzugter weist das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T, vorzugsweise im Umformbereich U, eine Wanddicke auf, die gegenüber der Wanddicke des Werkstücks W an derselben Stelle vor der Querschnittsreduzierung gemäß Schritt (a) (d.h., bevor die Querschnittsreduzierung durchgeführt wurde), und/oder die gegenüber der Wanddicke des Werkstücks W an einer Stelle des Werkstücks W außerhalb des Umformbereichs U (vorzugsweise außerhalb aller Umformbereiche des Werkstücks W, falls mehrere vorhanden sind) nicht verringert oder sogar vergrößert ist. Hierdurch wird eine noch bessere mechanische Stabilität des umgeformten Werkstücks im Übergangsbereich erzielt. Noch bevorzugter ist, wenn das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T, vorzugsweise im Umformbereich U, eine Wanddicke aufweist, die zwischen 101 und 160 %, insbesondere zwischen 101 und 150 %, der Wanddicke des Werkstücks W an jeweils derselben Stelle vor der Querschnittsreduzierung gemäß Schritt (a), und/oder die zwischen 101 und 160 %, insbesondere zwischen 101 und 150 %, der Wanddicke des Werkstücks W an einer Stelle des Werkstücks W außerhalb des Umformbereichs U (vorzugsweise außerhalb aller Umformbereiche des Werkstücks W, falls mehrere vorhanden sind) beträgt.

[0053] Die vorstehend definierte Aufgabe wird ferner durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Die vorstehend in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren diskutierten Vorteile und vorrichtungsbezogenen Abwandlungen gelten für die erfindungsgemäße Vorrichtung analog.

[0054] So wird eine Vorrichtung V zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgeschlagen, wobei die Vorrichtung V wenigstens aufweist:

ein erstes Umformwerkzeug UW1 zum Reduzieren des Querschnitts eines rohrförmigen Werkstücks W aus Metall in einem Umformbereich U des rohrförmigen Werkstücks W;

eine Einrichtung H1 zum Erwärmen des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U oder in einem Teil desselben, der einen Übergangsbereich T von einem nicht-reduzierten zu einem reduzierten Querschnitt des rohrförmigen Werkstücks W umfasst, auf eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.450 °C, vorzugsweise 1.000 bis 1.450 °C;

einen ersten Stauchtopf ST1, einen ersten Stauchring SR1, eine erste Stauchführung SF1 und einen

ersten Innendorn ID1;

wobei der erste Stauchtopf ST1, der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 an einer äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks W, vorzugsweise jeweils coaxial zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W, anordenbar sind;

wobei der erste Stauchtopf ST1, der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 in dieser Reihenfolge zu einem Ende E des rohrförmigen Werkstücks W hin anordenbar sind;

wobei der erste Innendorn ID1 im Inneren des rohrförmigen Werkstücks W anordenbar ist;

wobei ein Außendurchmesser des ersten Innendorns ID1 wenigstens abschnittsweise zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Reduzieren gemäß Schritt (a) des Verfahrens und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) des Verfahrens beträgt;

wobei ein Innendurchmesser des ersten Stauchtopfs ST1 zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W vor dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) des Verfahrens beträgt;

wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchführung SF1 zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) des Verfahrens und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) des Verfahrens beträgt;

wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchrings SR1 zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt;

wobei der erste Stauchring SR1 eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, im Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W die Schulter S auszubilden, wobei die am Wendepunkt der Schulter S anliegende Tangente WT mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einen Winkel (α) von 45 bis $< 90^\circ$, vorzugsweise 65 bis 75° , einschließt;

wobei der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 und/oder der erste Stauchtopf ST1 parallel zur Mittelachse MW des rohrförmigen

Werkstücks W derart beweglich gelagert sind, dass der Abstand zwischen dem ersten Stauchring SR1 und dem ersten Stauchtopf ST1 veränderbar ist; und

wobei während des Umformens gemäß Schritt (c) des Verfahrens der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 nicht relativ zueinander bewegbar sind.

[0055] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind der erste Stauchring SR1, die erste Stauchführung SF1 und der erste Innendorn ID1 jeweils relativ zum ersten Stauchtopf ST1 bewegbar. Vorzugsweise sind der erste Stauchring SR1, die erste Stauchführung SF1 und der erste Innendorn ID1 gegenüber dem ersten Stauchtopf ST1 separate Werkzeuge. Dabei kann der erste Stauchring SR1 stoff-, kraft- oder formschlüssig mit der ersten Stauchführung SF1 verbunden sein. Ferner kann der erste Innendorn ID1 relativ zum ersten Stauchring SR1 und zur ersten Stauchführung SF1 bewegbar sein.

[0056] Die erfindungsgemäße Vorrichtung V kann ferner zur Durchführung des Schritts (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens aufweisen:

einen zweiten Stauchtopf ST2, einen zweiten Stauchring SR2, eine zweite Stauchführung SF2 und einen zweiten Innendorn ID2;

wobei der zweite Stauchtopf ST2, der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks W, vorzugsweise jeweils coaxial zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W, anordenbar sind;

wobei der zweite Stauchtopf ST2, der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 in dieser Reihenfolge zum Ende E des rohrförmigen Werkstücks W hin angeordnet sind;

wobei der zweite Innendorn ID2 im Inneren des rohrförmigen Werkstücks W anordenbar ist;

wobei ein Außendurchmesser des zweiten Innendorns ID2 wenigstens abschnittsweise zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Umformen gemäß Schritt (c) beträgt;

wobei der zweite Stauchtopf ST2 identisch oder baugleich mit dem ersten Stauchtopf ST1 ist;

wobei die zweite Stauchführung SF2 identisch oder baugleich mit der ersten Stauchführung SF1 ist oder wobei ein Innendurchmesser der zweiten Stauchführung SF2 zwischen 100,1 und 105 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Umformen in Schritt (c) beträgt;

wobei ein Innendurchmesser des zweiten Stauchrings SR2 zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Umformen in Schritt (c) des Verfahrens beträgt;

wobei der zweite Stauchring SR2 eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, im Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W die Schulter S derart umzuformen, dass die am Wendepunkt der Schulter S anliegende Tangente WT mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einen Winkel β von 80 bis 90 °, vorzugsweise 85 bis 90 °, vorzugsweise 87 bis 90 °, einschließt;

wobei der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 und/oder der zweite Stauchtopf ST2 parallel zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W derart beweglich gelagert sind, dass der Abstand zwischen dem zweiten Stauchring SR2 und dem zweiten Stauchtopf ST2 veränderbar ist; und

wobei während des Umformens gemäß Schritt (d) des Verfahrens der zweite Stauchring SR2 und die zweite Stauchführung SF2 nicht relativ zueinander bewegbar sind.

[0057] Bei dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind der zweite Stauchring SR2, die zweite Stauchführung SF2 und der zweite Innendorn ID2 jeweils relativ zum zweiten Stauchtopf ST2 bewegbar. Vorzugsweise sind der zweite Stauchring SR2, die zweite Stauchführung SF2 und der zweite Innendorn ID2 gegenüber dem zweiten Stauchtopf ST2 separate Werkzeuge. Dabei kann der zweite Stauchring SR2 stoff-, kraft- oder formschlüssig mit der zweiten Stauchführung SF2 verbunden sein. Ferner kann der zweite Innendorn ID2 relativ zum zweiten Stauchring SR2 und zur zweiten Stauchführung SF2 bewegbar sein.

[0058] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann zur Durchführung der Verfahrensschritte gemäß der Ansprüche 3 bis 5 ferner eines oder mehrere der folgenden aufweisen:

eine Einrichtung zum Kürzen des rohrförmigen Werkstücks W vom Ende E durch Materialabtrag derart, dass eine axiale Länge L des Umformbereichs U auf eine vorgegebene Länge, vorzugsweise mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ mm, einstellbar ist; und/oder

einen ersten Rohranschlag RA1, welcher zum Nachschieben des rohrförmigen Werkstücks W von seinem Ende E her in Richtung des Übergangsbereichs T oder in axialer Richtung zum Übergangsbereichs

T geeignet ist; und welcher vorzugsweise am ersten Innendorn ID1 befestigt ist; und/oder

einen zweiten Rohranschlag RA2, welcher zum Nachschieben des rohrförmigen Werkstücks W von seinem Ende E her in Richtung des Übergangsbereichs T oder in axialer Richtung zum Übergangsbereichs T geeignet ist; und welcher vorzugsweise am zweiten Innendorn ID2 befestigt ist; und/oder

eine Einrichtung H2 zum Einstellen der Temperatur des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T oder in einem Teil des Übergangsbereichs T auf eine Temperatur im Bereich von 350 bis 1.450 °C; und/oder

ein Spannwerkzeug zum räumlichen Fixieren des rohrförmigen Werkstücks W, vorzugsweise eine Klemme oder Spannbacke oder ein mehrsegmentiges Spannsystem.

Weitere Offenbarung der Erfindung

[0059] Wenn nicht anders angegeben, sind die in den Patentansprüchen und in der Beschreibung wiedergegebenen Verfahrensschritte erfindungsgemäß in der angegebenen Reihenfolge durchzuführen.

[0060] Während des ein- oder mehrstufigen Reduzierens des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks W im Schritt (a) kann das Werkstück W im Umformbereich U mit einem Schmiermittel beaufschlagt werden, um die Reibung beim Reduzieren des Werkstücks W im Umformbereich U zu verringern.

[0061] Erfindungsgemäß und insbesondere betreffend den optionalen Schritt (e) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Umformbereich U als der Bereich definiert, der sich - von der Mitte des rohrförmigen Werkstücks W zu dem Ende E des rohrförmigen Werkstücks W, das näher am Umformbereich U liegt oder von diesem umfasst wird, betrachtet - vom Beginn des Übergangsbereichs T bis zum Ende E des rohrförmigen Werkstücks W erstreckt.

[0062] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die in den Schritten (c) und/oder (d) vorgenommenen Umformhübe unter Einsatz einer vom jeweiligen Umformwerkzeug auf das Werkstück einwirkenden Kraft durchgeführt. Diese Kraft beträgt vorzugsweise bei Rohrdurchmessern von 20 bis 150 mm zwischen 100 und 1000 kN (10 bis 100 Tonnen), insbesondere von 400 bis 600 kN, bei einem Ausgangsdurchmesser des rohrförmigen Werkstücks W zwischen 40 und 60 mm.

[0063] Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, insbesondere des erfindungsgemäßen Verfahrens, werden anhand der nachfolgenden Zeichnung erläutert. Darin stellen dar:

Fig. 1 und 2: ein zweistufiges Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks W in einem

Umformbereich U desselben gemäß Schritt (a) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3: Kürzen des rohrförmigen Werkstücks W vom Ende E gemäß dem optionalen Schritt (e) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4: Erwärmen des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U oder in einem Teil desselben gemäß Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 5a bis 5d: Umformen des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T zur Ausbildung einer Schulter S gemäß Schritt (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 6a und 6b: weiteres Umformen des aus Schritt (c) erhaltenen, rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T gemäß dem optionalen Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 7: Einstellen einer Temperatur des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T gemäß dem optionalen Schritt (f) des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 8: konturgebendes Umformen des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T mittels wenigstens einer Rollierrolle RR gemäß dem optionalen Schritt (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0064] Während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wie es nachfolgend in einer beispielhaften Ausführungsform und Abwandlungen davon beschrieben wird, wird ein rohrförmiges Werkstück W aus Metall umgeformt. Dabei kann das rohrförmige Werkstück W bei einzelnen oder allen Verfahrensschritten beispielsweise mittels eines Spannwerkzeugs oder dergleichen räumlich fixiert, vorzugsweise radial geklemmt und axial gehalten, werden, was jedoch in den Figuren aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen ist.

[0065] Die Fig. 1 und 2 zeigen ein zweistufiges Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks W (Schritt (a)). So wird in Fig. 1 ein erstes Umformwerkzeug UW1 von einem Ende E des Werkstücks W parallel zur Mittelachse MW des Werkstücks W in Richtung der Mitte des Werkstücks W bewegt (vgl. Pfeil in Fig. 1), wodurch ein Umformbereich U mit einem gegenüber dem unverformten Werkstück W verringerten Durchmesser d1 entsteht. Der Umformbereich U ist der Abschnitt des Werkstücks W mit verringertem Durchmesser d1 und umfasst ferner den Übergangsbereich T, in dem das Werkstück W vom Ausgangsdurchmesser D1 zum verringerten Durchmesser d1 übergeht.

[0066] In Fig. 2 wird der Reduziervorgang analog zu dem in Fig. 1 dargestellten Schritt durchgeführt, jedoch wird hierbei ein zweites Umformwerkzeug UW2 mit ei-

nem gegenüber dem ersten Umformwerkzeug UW1 verringerten Innendurchmesser verwendet, wodurch eine weitere Verjüngung des Durchmessers des Werkstücks W im Umformbereich U erzielt wird (Durchmesser d2). Zur Durchführung des ein- oder mehrstufigen Reduziervorgangs ist ein Erwärmen des Werkstücks W nicht erforderlich. Durch den ein- oder mehrstufigen Reduziervorgang vergrößert sich die Gesamtlänge des Werkstücks W. Der ein- oder mehrstufige Reduziervorgang wie vorstehend beschrieben ist nicht darauf beschränkt, dass das Umformwerkzeug UW auf das fixierte Werkstück W bewegt wird (vgl. Pfeil in Fig. 1 und 2). Es ist auch möglich, dass das Werkstück W auf ein fixiertes Umformwerkzeug UW bewegt wird.

[0067] Nach der Durchführung des ein- oder mehrstufigen Reduziervorgangs kann, wie in Fig. 3 dargestellt, das rohrförmige Werkstück W vom Ende E her durch Materialabtrag mittels eines entsprechenden Werkzeugs KW derart gekürzt werden, dass eine axiale Länge L des Umformbereichs U auf eine vorgegebene Länge eingestellt wird (Schritt (e)). Dabei kann der Materialabtrag durch alle dem Fachmann bekannten Verfahren durchgeführt werden. Werden sogenannte Präzisionsrohre als die Werkstücke W eingesetzt, kann das Kürzen des Werkstücks W entfallen.

[0068] Im nächsten Schritt (Fig. 4) wird das Werkstück W in einem Teil des Umformbereichs U, der den Übergangsbereich T umfasst bzw. einschließt, auf eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.450 °C erwärmt (Schritt (b)). Das Erwärmen wird vorzugsweise mittels einer Induktionsspule IS vorgenommen, kann aber auch durch eine andere bekannte Technik erfolgen.

[0069] Nach dem Erwärmen des Werkstücks W wenigstens im Übergangsbereich T schließt sich im nächsten Schritt (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens das Umformen des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T an, wodurch eine Schulter S im Übergangsbereich T ausgebildet wird (Fig. 5a, 5b und 5c).

[0070] Hierzu wird ein erster Stauchtopf ST1, der zur leichteren Anbringung vorzugsweise zweiteilig ausgebildet ist, vor dem Umformen gemäß Schritt (c) an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks W derart angeordnet, dass eine zum Ende E des Werkstücks weisende Stirnfläche ST1SF am Übergangsbereich T des Werkstücks W angeordnet ist (Fig. 5a). Dabei beträgt ein Innendurchmesser des ersten Stauchtopfs ST1 zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W vor dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a).

[0071] Ein erster Innendorn ID1 wird vor dem Umformen gemäß Schritt (c) im Inneren des rohrförmigen Werkstücks W koaxial zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W angeordnet (Fig. 5a nach 5b; vgl. Pfeil in Fig. 5a). Dabei beträgt ein Außendurchmesser des ersten Innendorns ID1 wenigstens in einem während des Umformens zum Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W gegenüberliegend angeordneten Abschnitt AI1 des ersten Innendorns ID1 zwischen 90

und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Reduzieren gemäß Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b).

[0072] Ein erster Stauchring SR1 und eine erste Stauchführung SF1, die in diesem Beispiel einteilig ausgeführt sind, aber auch mehrteilig ausgeführt sein können, werden zum Umformen vom Ende E des Werkstücks W in axialer Richtung parallel zur Mittelachse MW des Werkstücks W auf das Werkstück W bewegt (vgl. Pfeil in Fig. 5b), bis der erste Stauchring SR1 an die zum Ende E des Werkstücks W weisende Stirnfläche ST1SF des ersten Stauchtopfs ST1 anstößt, wobei diese Situation in Fig. 5c dargestellt ist. Im letzten Teil dieser Bewegung des ersten Stauchrings SR1 und der ersten Stauchführung SF1, bis der erste Stauchring SR1 an den ersten Stauchtopf ST1 anstößt, setzt der erste Stauchring SR1 am Übergangsbereich T des Werkstücks W an und staucht das Werkstück W im Übergangsbereich T unter Ausbildung der Schulter S. Der erste Stauchring SR1 weist nämlich eine Kontur seiner inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen, zur Ausbildung der Schulter S geeigneten Stauchkante auf. Bei diesem Stauchhub wird aufgrund der von der Stauchkante in axialer Richtung zur Mitte des Werkstücks W hin einwirkende Kraft Material aus dem Umformbereich in Richtung der sich ausbildenden Schulter S geschoben, wodurch sich einerseits Material im Bereich der Schulter S verstärkt ansammelt, andererseits sich der Übergangsbereich T in axialer Richtung verkürzt, also die parallel zur Mittelachse MW des Werkstücks W betrachtete Ausdehnung des Übergangsbereich T bzw. der Schulter S verkleinert.

[0073] Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn während der Ausbildung der Schulter S das rohrförmige Werkstück W von seinem Ende E her in Richtung des Übergangsbereichs T oder in axialer Richtung zum Übergangsbereich T nachgeschoben wird. Im vorliegenden Beispiel erfolgt das Nachschieben mittels eines ersten Rohranschlags RA1, wobei dieser in der in den Fig. 5a bis 5c abgebildeten Ausführungsform am ersten Innendorn ID1 befestigt ist und eine Kraft in axialer Richtung auf das Ende E des Werkstücks W ausübt.

[0074] Der erste Stauchtopf ST1, der erste Stauchring SR1 und die erste Stauchführung SF1 sind während des Umformens gemäß Schritt (c) an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks W jeweils koaxial zur Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W angeordnet. Ein Innendurchmesser der ersten Stauchrings SR1 beträgt zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b). Ferner beträgt ein Innendurchmesser der ersten Stauchführung SF1 zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Umformbereich U und außerhalb des Übergangsbereichs T nach dem Reduzieren

des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b).

[0075] In der in den Fig. 5a bis 5d dargestellten Ausführungsform nach weist der erste Stauchtopf ST1 an seinem, dem Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W gegenüberliegend angeordneten Endabschnitt STE1 eine konusförmige Freimachung F in Gestalt einer rotationssymmetrischen Aussparung auf. Diese Freimachung dient der Aufnahme einer Menge des Metallmaterials des rohrförmigen Werkstücks W während des Umformens gemäß Schritt (c) dienen kann.

[0076] Durch die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen, Anordnungen und/oder Bewegungen des ersten Stauchtopfs ST1, des ersten Innendorns ID1, des ersten Stauchrings SR1 und der ersten Stauchführung SF1 definieren die Gestalt dieser Bauteile einen Raum um das Werkstück (außen und innen), der den Materialfluss beim Umformschritt (c) (kombinierter Stauch- und Schulterausbildungsschritt) vorteilhaft begrenzt. Insbesondere verhindern bzw. begrenzt die Anordnung des ersten Stauchtopfs (ST1), des ersten Stauchrings SR1 und der ersten Stauchführung SF1 um die Mantelfläche des Werkstücks W ein Ausbrechen oder Aufbauchen des Materials nach außen, während die Anordnung des ersten Innendorns ID1 im Inneren des Werkstücks W ein Einknicken oder Einbrechen des Materials in das Innere des Werkstücks W verhindert bzw. begrenzt. Hierdurch gelingt nicht nur die Ausbildung einer Schulter S mit einer Wendepunktangenten, die mit der Mittelachse MW des Werkstücks W einen Winkel α von etwa 75 ° im vorliegenden Beispiel einschließt (vgl. Detailansicht in Fig. 5d). Es wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren im Bereich der Schulter S auch gezielt gerade so viel Material im und um den Übergangsbereich T angesammelt, dass das finale erhaltene Werkstück W weder eine signifikante Verringerung, noch Vergrößerung der Wanddicke im Übergangsbereich T, insbesondere im Bereich der Schulter S, im Vergleich zur Wanddicke des Werkstücks W vor dem Ausbilden der Schulter S, insbesondere vor dem Umformen gemäß Schritt (c), aufweist. Je nach eingesetztem Material, gewünschter Gestalt und Wanddicke der Schulter S kann durch die Variation der Gestalt und Innen- bzw. Außendurchmesser der beim erfindungsgemäßen Verfahren zusammenwirkenden Werkzeuge die Gestalt der Schulter S und die Wanddicke des umgeformten Werkstücks W in Umformbereich U präzise eingestellt werden.

[0077] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren kann sich ein weiterer Umformschritt (Schritt (d); Fig. 6a) anschließen, bei dem die Schulter S steil gestellt wird, sodass die Wendetangente der Schulter S mit der Mittelachse MW des rohrförmigen Werkstücks W einen rechten oder nahezu rechten Winkel β einschließt (vgl. Detailansicht in Fig. 6b). Hierzu muss das Werkstück nicht erneut lokal erwärmt werden. Vielmehr kann die Restwärme des vorangehenden Schritts (c) genutzt werden, solange das rohrförmige Werkstück W im Übergangsbereich T noch eine Temperatur im Bereich von

500 bis 1.000 °C aufweist. Hierdurch entfällt vorteilhaft ein weiterer Erwärmungsschritt.

[0078] Unter Verwendung eines zweiten Stauchtopfs ST2, eines zweiten Stauchrings SR2 und einer zweiten Stauchführung SF2 sowie eines zweiten Innendorns ID2 wird bei analogem Aufbau und Anordnung dieser Bauteile und Ausführung eines analogen Umformhubs die Schulter S bis zur Erzielung eines rechten oder nahezu rechten Winkels β steil gestellt. Im vorliegenden Beispiel ist der zweite Stauchtopf ST2 (einschließlich der zum Ende E des Werkstücks weisenden Stirnfläche ST2SF identisch mit dem ersten Stauchtopf ST1, und die zweite Stauchführung SF2 ist identisch mit der ersten Stauchführung SF1, sodass die entsprechenden Bauteile aus Schritt (c) übernommen werden können und keine zusätzlichen Bauteile erforderlich sind. Der zweite Stauchring SR2 weist eine zur weiteren Steilstellung der Schulter S geeignete Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen Stauchkante auf. Der zweite Stauchtopf ST2 weist ebenfalls die vorstehend beschriebene Freimachung F auf, in der während des Hubs zum Steilstellen der Schulter S gemäß Schritt (d) eine Menge des Metallmaterials des rohrförmigen Werkstücks W aufgenommen wird.

[0079] Im vorliegenden Beispiel beträgt der Außendurchmesser des zweiten Innendorns ID2 wenigstens in einem während des weiteren Umformens zum Übergangsbereich T des rohrförmigen Werkstücks W gegenüberliegend angeordneten Abschnitt AI2 des zweiten Innendorns ID2 zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T nach dem Umformen gemäß Schritt (c).

[0080] Im nächsten Schritt (Fig. 7) wird das Werkstück W in einem Teil des Umformbereichs U, der den Übergangsbereich T einschließt, auf eine Temperatur im Bereich von 350 bis 1.450 °C erwärmt (Schritt (f)). Das Erwärmen wird vorzugsweise mittels einer Induktionsspule IS vorgenommen, kann aber auch durch eine andere bekannte Technik erfolgen.

[0081] Nach dem Erwärmen des Werkstücks W wenigstens im Übergangsbereich T kann sich als dem letzten Schritt (Schritt (g)) ein rollierendes Umformen des rohrförmigen Werkstücks W im Übergangsbereich T durch mittels wenigstens einer Rollierrolle RR, hier mittels drei Rollierrollen, anschließen. Beim Rollieren kann das zuvor in die Freimachung des zweiten Stauchtopfs ST2 aufgenommene Metallmaterial wiederum vorteilhaft zur Stärkung der Wanddicke im Übergangsbereich T bzw. an der Schulter S verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer stufenförmigen Querschnittsverjüngung an einem einteiligen, rohrförmigen Werkstück (W) aus Metall, wenigstens mit den Schritten:

- (a) Reduzieren des Querschnitts des rohrförmigen Werkstücks (W) in einem Umformbereich (U) desselben mittels eines ersten Umformwerkzeugs (UW1), wodurch ein Übergangsbereich (T) im Umformbereich (U) entsteht;
- (b) Erwärmen des rohrförmigen Werkstücks (W) im Umformbereich (U) oder in einem Teil desselben, der den Übergangsbereich (T) umfasst, auf eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.450 °C, vorzugsweise 1.000 bis 1.450 °C;
- (c) Umformen des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) derart, dass das rohrförmige Werkstück (W) im Übergangsbereich (T) eine Schulter (S) ausbildet, wobei eine am Wendepunkt der Schulter (S) anliegende Tangente (WT) mit einer Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) einen Winkel (a) von 45 bis < 90 °, vorzugsweise 65 bis 75 °, einschließt;

wobei während des Umformens das rohrförmige Werkstück (W) im Übergangsbereich (T) eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.450 °C, vorzugsweise 1.000 bis 1.450 °C, aufweist;

wobei das Umformen unter Verwendung eines ersten Stauchtopfs (ST1), eines ersten Stauchrings (SR1), einer ersten Stauchführung (SF1) und eines ersten Innendorns (ID1) erfolgt;

wobei der erste Stauchtopf (ST1), der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks (W), vorzugsweise jeweils coaxial zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W), angeordnet sind;

wobei der erste Stauchtopf (ST1), der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) in dieser Reihenfolge zu einem Ende (E) des rohrförmigen Werkstücks (W) hin angeordnet sind;

wobei der erste Innendorn (ID1) im Inneren des rohrförmigen Werkstücks (W) angeordnet ist;

wobei ein Außendurchmesser des ersten Innendorns (ID1) wenigstens in einem während des Umformens zum Übergangsbereich (T) des rohrförmigen Werkstücks (W) gegenüberliegend angeordneten Abschnitt (AI1) des ersten Innendorns (ID1) zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) nach dem Reduzieren gemäß Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt;

wobei ein Innendurchmesser des ersten Stauchtopfs (ST1) zwischen 100 und 110

- % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) vor dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) beträgt;
wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchführung (SF1) zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Umformbereich (U) und außerhalb des Übergangsbereichs (T) nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt;
wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchrings (SR1) zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Umformbereich (U) und außerhalb des Übergangsbereichs (T) nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt;
wobei der erste Stauchring (SR1) eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, während des Umformens im Übergangsbereich (T) des rohrförmigen Werkstücks (W) die Schulter (S) auszubilden, wobei die am Wendepunkt der Schulter (S) anliegende Tangente (WT) mit der Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) einem Winkel (α) von 45 bis $< 90^\circ$, vorzugsweise 65 bis 75° , einschließt;
wobei während des Umformens der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) und/oder der erste Stauchtopf (ST1) parallel zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) derart bewegt werden, dass sich der Abstand zwischen dem ersten Stauchring (SR1) und dem ersten Stauchtopf (ST1) verringert; und
wobei während des Umformens der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) nicht relativ zueinander bewegbar sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren ferner den Schritt aufweist:
(d) weiteres Umformen des aus Schritt (c) erhaltenen, rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) derart, dass die am Wendepunkt der Schulter (S) anliegende Tangente (WT) mit der Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) einen Winkel (β) von 80 bis 90° , vorzugsweise 85 bis 90° , vorzugsweise 87 bis 90° , einschließt;
wobei während des weiteren Umformens das rohrförmige Werkstück (W) im Übergangsbereich (T) eine Temperatur im Bereich von 500

bis 1.000°C aufweist;
wobei das Umformen unter Verwendung eines zweiten Stauchtopfs (ST2), eines zweiten Stauchrings (SR2), einer zweiten Stauchführung (SF2) und eines zweiten Innendorns (ID2) erfolgt;
wobei der zweite Stauchtopf (ST2), der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung (SF2) an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks (W), vorzugsweise jeweils koaxial zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W), angeordnet sind;
wobei der zweite Stauchtopf (ST2), der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung (SF2) in dieser Reihenfolge zum Ende (E) des rohrförmigen Werkstücks (W) hin angeordnet sind;
wobei der zweite Innendorn (ID2) im Inneren des rohrförmigen Werkstücks (W) angeordnet ist;
wobei ein Außendurchmesser des zweiten Innendorns (ID2) wenigstens in einem während des weiteren Umformens zum Übergangsbereich (T) des rohrförmigen Werkstücks (W) gegenüberliegend angeordneten Abschnitt (AI2) des zweiten Innendorns (ID2) zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) nach dem Umformen gemäß Schritt (c) beträgt;
wobei der zweite Stauchtopf (ST2) identisch oder baugleich mit dem ersten Stauchtopf (ST1) ist;
wobei die zweite Stauchführung (SF2) identisch oder baugleich mit der ersten Stauchführung (SF1) ist oder wobei ein Innendurchmesser der zweiten Stauchführung (SF2) zwischen 100,1 und 105 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Umformbereich (U) und außerhalb des Übergangsbereichs (T) nach dem Umformen in Schritt (c) beträgt;
wobei ein Innendurchmesser des zweiten Stauchrings (SR2) zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) nach dem Umformen in Schritt (c) beträgt;
wobei der zweite Stauchring (SR2) eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotationssymmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, während des weiteren Umformens im Übergangsbereich (T) des rohrförmigen Werkstücks (W) die Schulter (S) derart umzuformen, dass die am Wendepunkt der Schulter (S) anliegende Tangente (WT) mit der Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) einen Winkel (β) von 80 bis 90° , vorzugsweise 85 bis 90° , vorzugsweise 87 bis 90° , einschließt;
wobei während des Umformens der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung

- (SF2) und/oder der zweite Stauchtopf (ST2) parallel zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) derart bewegt werden, dass sich der Abstand zwischen dem zweiten Stauchring (SR2) und dem zweiten Stauchtopf (ST2) verringert; und
wobei während des Umformens der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung (SF2) nicht relativ zueinander bewegbar sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Verfahren ferner den Schritt aufweist:
(e) vor Schritt (b), Kürzen des rohrförmigen Werkstücks (W) vom Ende (E) durch Materialabtrag derart, dass eine axiale Länge (L) des Umformbereichs (U) auf eine vorgegebene Länge, vorzugsweise $\pm 0,5$ mm, eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei während des Umformens in Schritt (c) das rohrförmige Werkstück (W) von seinem Ende (E) her in Richtung des Übergangsbereichs (T) oder in axialer Richtung zum Übergangsbereichs (T) nachgeschoben wird;
wobei das Nachschieben vorzugsweise mittels eines ersten Rohranschlags (RA1) erfolgt, wobei dieser vorzugsweise am ersten Innendorn (ID1) befestigt ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei während des Umformens in Schritt (d) das rohrförmige Werkstück (W) von seinem Ende (E) her in Richtung des Übergangsbereichs (T) oder in axialer Richtung zum Übergangsbereichs (T) nachgeschoben wird;
wobei das Nachschieben vorzugsweise mittels eines zweiten Rohranschlags (RA2) erfolgt, wobei dieser vorzugsweise am zweiten Innendorn (ID2) befestigt ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei es ferner wenigstens einen der Schritte aufweist:
(f) nach Schritt (c) oder (d), Einstellen einer Temperatur des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) oder in einem Teil des Übergangsbereichs (T) auf eine Temperatur im Bereich von 350 bis 1.450 °C; und/oder
(g) konturgebendes Umformen des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) mittels wenigstens einer Rollierrolle (RR).
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das rohrförmige Werkstück (W) wenigstens während der Durchführung der Schritte des Verfahrens durch ein Spannwerkzeug (SW) räumlich fixiert wird, vorzugsweise radial geklemmt und axial gehalten wird.
8. Einteiliges, rohrförmiges Werkstück (W) aus Metall, hergestellt mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7;
wobei das rohrförmige Werkstück (W) in einem Übergangsbereich (T) eine Schulter (S) aufweist, wobei eine am Wendepunkt der Schulter (S) anliegende Tangente (WT) mit einer Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) einen Winkel (α) von 45 bis 90 ° einschließt.
9. Vorrichtung (V) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Vorrichtung (V) wenigstens aufweist:
ein erstes Umformwerkzeug (UW1) zum Reduzieren des Querschnitts eines rohrförmigen Werkstücks (W) aus Metall in einem Umformbereich (U) des rohrförmigen Werkstücks (W); eine Einrichtung (H1) zum Erwärmen des rohrförmigen Werkstücks (W) im Umformbereich (U) oder in einem Teil desselben, der einen Übergangsbereich (T) von einem nicht-reduzierten zu einem reduzierten Querschnitt des rohrförmigen Werkstücks (W) umfasst, auf eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.450 °C, vorzugsweise 1.000 bis 1.450 °C; einen ersten Stauchtopf (ST1), einen ersten Stauchring (SR1), eine erste Stauchführung (SF1) und einen ersten Innendorn (ID1); wobei der erste Stauchtopf (ST1), der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) an einer äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks (W), vorzugsweise jeweils koaxial zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W), anordenbar sind; wobei der erste Stauchtopf (ST1), der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) in dieser Reihenfolge zu einem Ende (E) des rohrförmigen Werkstücks (W) hin anordenbar sind; wobei der erste Innendorn (ID1) im Inneren des rohrförmigen Werkstücks (W) anordenbar ist; wobei ein Außendurchmesser des ersten Innendorns (ID1) wenigstens abschnittsweise zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) nach dem Reduzieren gemäß Schritt (a) des Verfahrens und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) des Verfahrens beträgt; wobei ein Innendurchmesser des ersten Stauchtopfs (ST1) zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) vor dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) des Verfahrens beträgt; wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchführung (SF1) zwischen 100 und 110 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werk-

- stücks (W) im Umformbereich (U) und außerhalb des Übergangsbereichs (T) nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) des Verfahrens und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) des Verfahrens beträgt; 5
- wobei ein Innendurchmesser der ersten Stauchrings (SR1) zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Umformbereich (U) und außerhalb des Übergangsbereichs (T) nach dem Reduzieren des Querschnitts in Schritt (a) und vor dem Erwärmen gemäß Schritt (b) beträgt; 10
- wobei der erste Stauchring (SR1) eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotations-symmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, im Übergangsbereich (T) des rohrförmigen Werkstücks (W) die Schulter (S) auszubilden, wobei die am Wendepunkt der Schulter (S) anliegende Tangente (WT) mit der Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) einen Winkel (α) von 45 bis $< 90^\circ$, vorzugsweise 65 bis 75° , einschließt; 15
- wobei der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) und/oder der erste Stauchtopf (ST1) parallel zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) derart beweglich gelagert sind, dass der Abstand zwischen dem ersten Stauchring (SR1) und dem ersten Stauchtopf (ST1) veränderbar ist; und 20
- wobei während des Umformens gemäß Schritt (c) des Verfahrens der erste Stauchring (SR1) und die erste Stauchführung (SF1) nicht relativ zueinander bewegbar sind. 25
- 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Vorrichtung (V) ferner aufweist:** 30
- einen zweiten Stauchtopf (ST2), einen zweiten Stauchring (SR2), eine zweite Stauchführung (SF2) und einen zweiten Innendorn (ID2); 35
- wobei der zweite Stauchtopf (ST2), der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung (SF2) an der äußeren Mantelfläche des rohrförmigen Werkstücks (W), vorzugsweise jeweils 40
- koaxial zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W), anordenbar sind; 45
- wobei der zweite Stauchtopf (ST2), der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung (SF2) in dieser Reihenfolge zum Ende (E) des rohrförmigen Werkstücks (W) hin angeordnet sind; 50
- wobei der zweite Innendorn (ID2) im Inneren des rohrförmigen Werkstücks (W) anordenbar ist; 55
- wobei ein Außendurchmesser des zweiten Innendorns (ID2) wenigstens abschnittsweise zwischen 90 und 100 % des kleinsten Innendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) nach dem Umfor-

men gemäß Schritt (c) beträgt;

wobei der zweite Stauchtopf (ST2) identisch oder baugleich mit dem ersten Stauchtopf (ST1) ist;

wobei die zweite Stauchführung (SF2) identisch oder baugleich mit der ersten Stauchführung (SF1) ist oder wobei ein Innendurchmesser der zweiten Stauchführung (SF2) zwischen 100,1 und 105 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Umformbereich (U) und außerhalb des Übergangsbereichs (T) nach dem Umformen in Schritt (c) beträgt;

wobei ein Innendurchmesser des zweiten Stauchrings (SR2) zwischen 100 und 115 % des Außendurchmessers des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) nach dem Umformen in Schritt (c) des Verfahrens beträgt;

wobei der zweite Stauchring (SR2) eine Kontur der inneren Umfangsfläche mit einer rotations-symmetrischen Stauchkante aufweist, die geeignet ist, im Übergangsbereich (T) des rohrförmigen Werkstücks (W) die Schulter (S) derart umzuformen, dass die am Wendepunkt der Schulter (S) anliegende Tangente (WT) mit der Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) einen Winkel (β) von 80 bis 90° , vorzugsweise 85 bis 90° , vorzugsweise 87 bis 90° , einschließt;

wobei der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung (SF2) und/oder der zweite Stauchtopf (ST2) parallel zur Mittelachse (MW) des rohrförmigen Werkstücks (W) derart beweglich gelagert sind, dass der Abstand zwischen dem zweiten Stauchring (SR2) und dem zweiten Stauchtopf (ST2) veränderbar ist; und

wobei während des Umformens gemäß Schritt (d) des Verfahrens der zweite Stauchring (SR2) und die zweite Stauchführung (SF2) nicht relativ zueinander bewegbar sind.

- 11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Vorrichtung (V) ferner eines oder mehrere der folgenden aufweist:**

eine Einrichtung zum Kürzen des rohrförmigen Werkstücks (W) vom Ende (E) durch Materialabtrag derart, dass eine axiale Länge (L) des Umformbereichs (U) auf eine vorgegebene Länge, vorzugsweise mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ mm, einstellbar ist; und/oder

einen ersten Rohranschlag (RA1), welcher zum Nachschieben des rohrförmigen Werkstücks (W) von seinem Ende (E) her in Richtung des Übergangsbereichs (T) oder in axialer Richtung zum Übergangsbereich (T) geeignet ist; und welcher vorzugsweise am ersten Innendorn (ID1) befestigt ist; und/oder

einen zweiten Rohranschlag (RA2), welcher

zum Nachschieben des rohrförmigen Werkstücks (W) von seinem Ende (E) her in Richtung des Übergangsbereichs (T) oder in axialer Richtung zum Übergangsbereich (T) geeignet ist; und welcher vorzugsweise am zweiten Innendorn (ID2) befestigt ist; und/oder
eine Einrichtung (H2) zum Einstellen der Temperatur des rohrförmigen Werkstücks (W) im Übergangsbereich (T) oder in einem Teil des Übergangsbereichs (T) auf eine Temperatur im Bereich von 350 bis 1.450 °C; und/oder

15

20

25

30

35

40

45

50

55

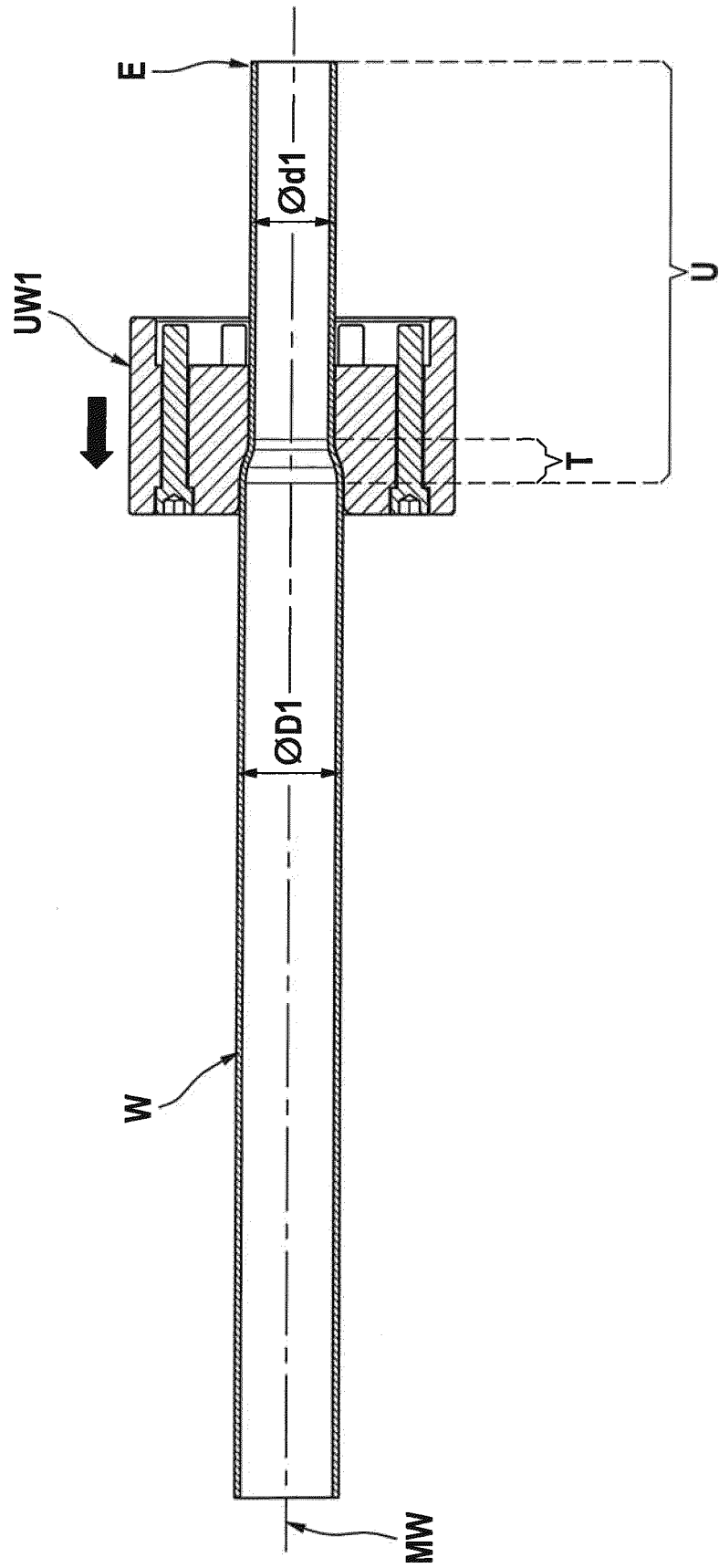


Fig. 1

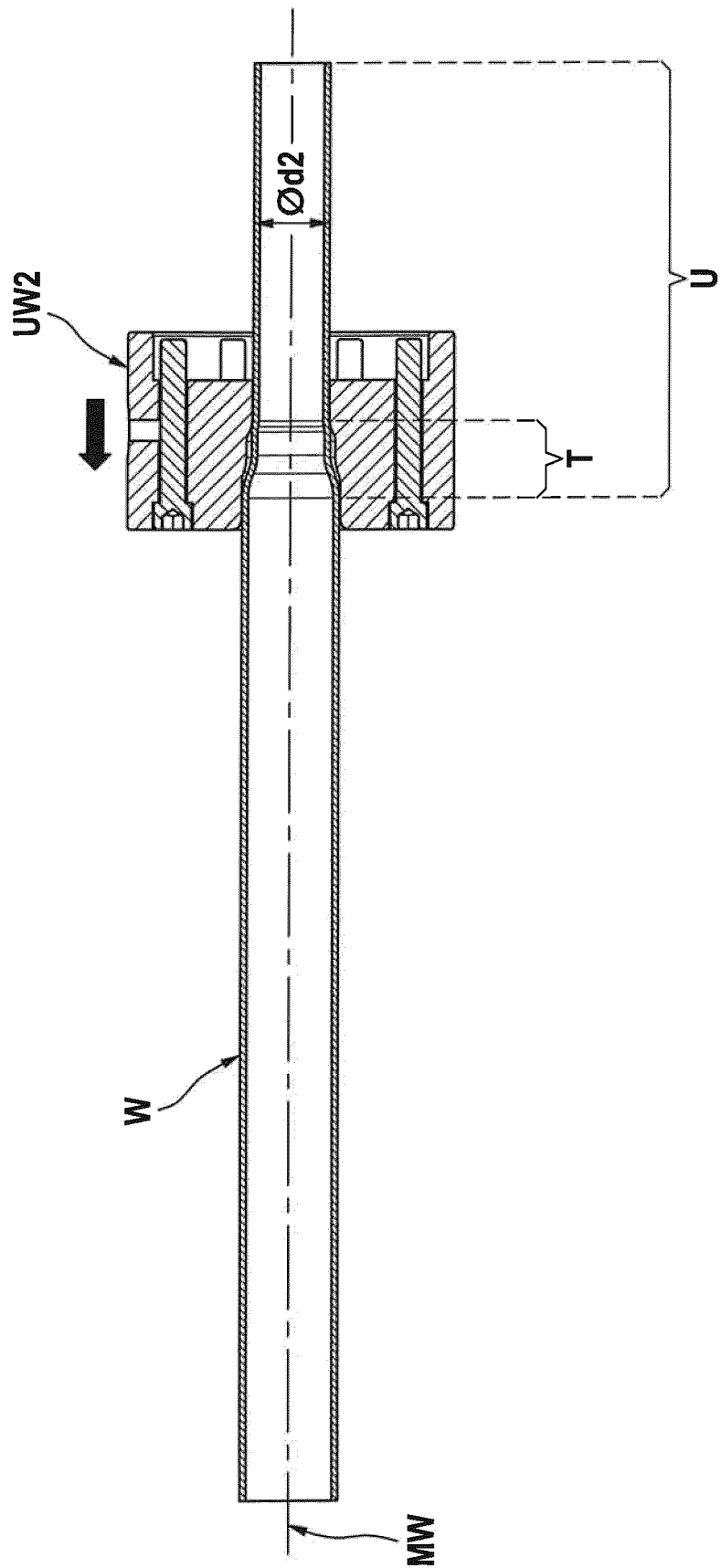


Fig. 2

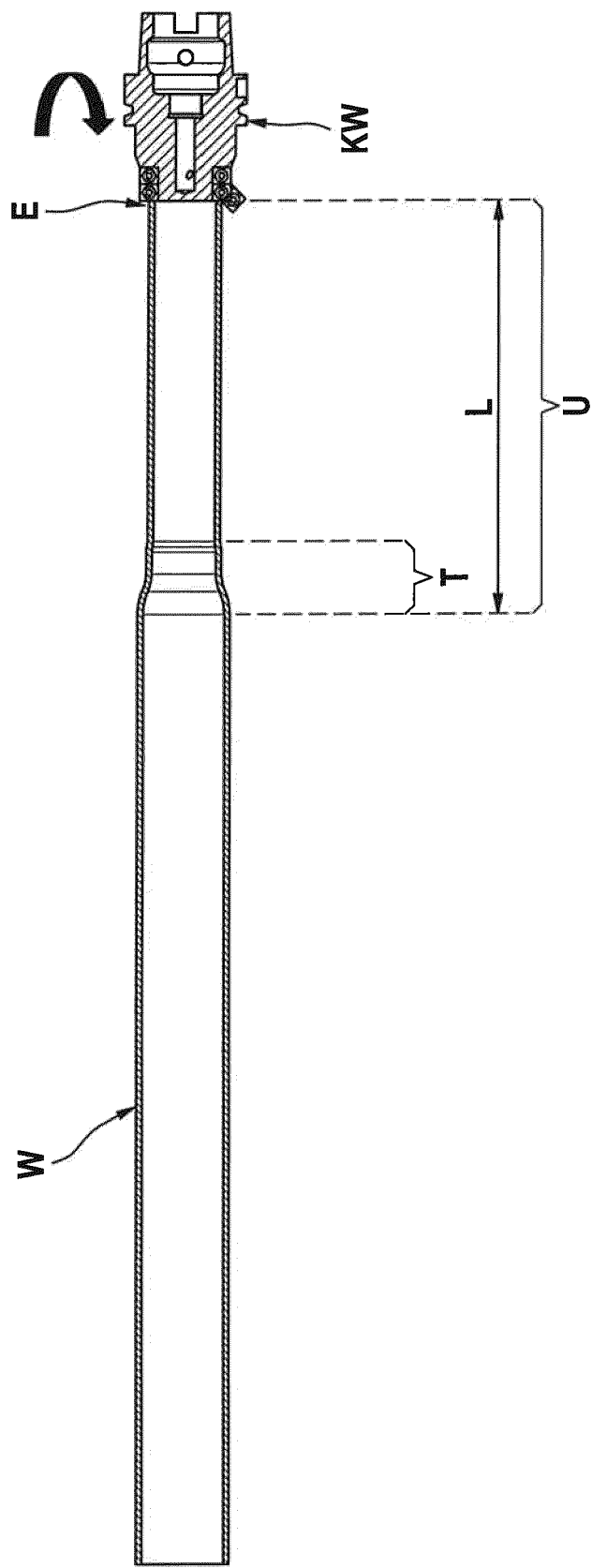


Fig. 3

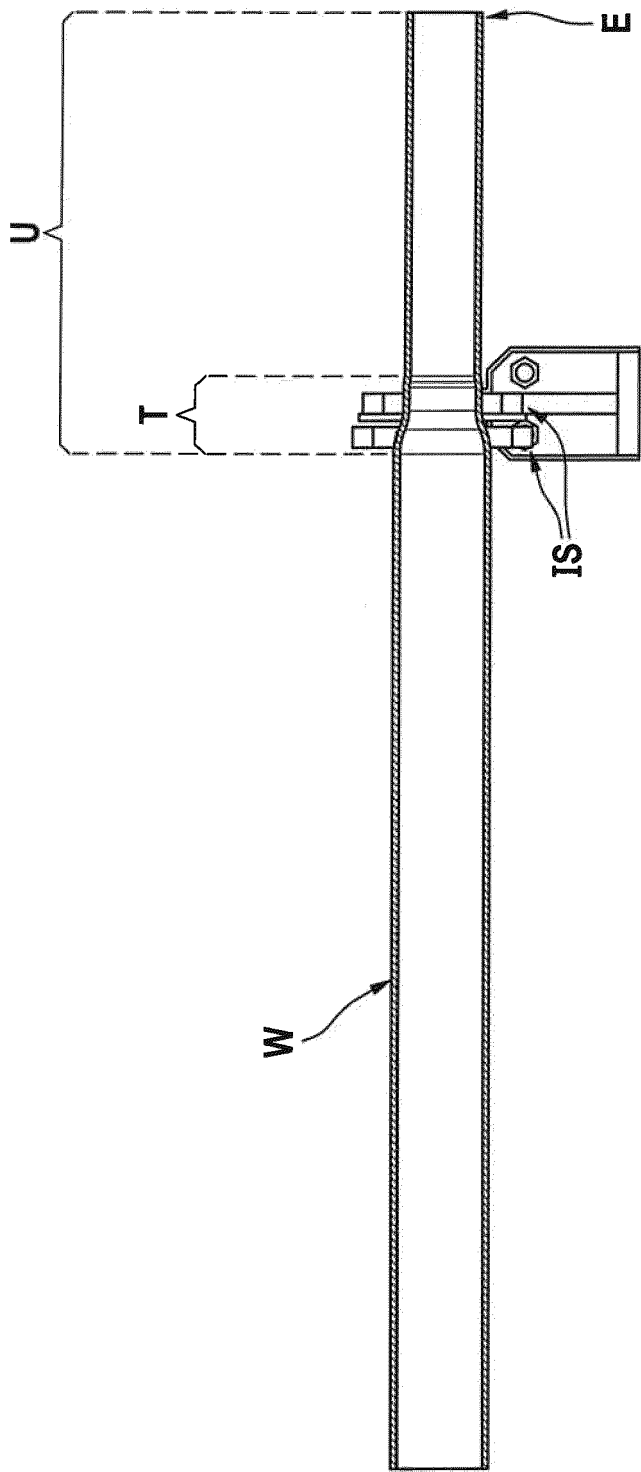
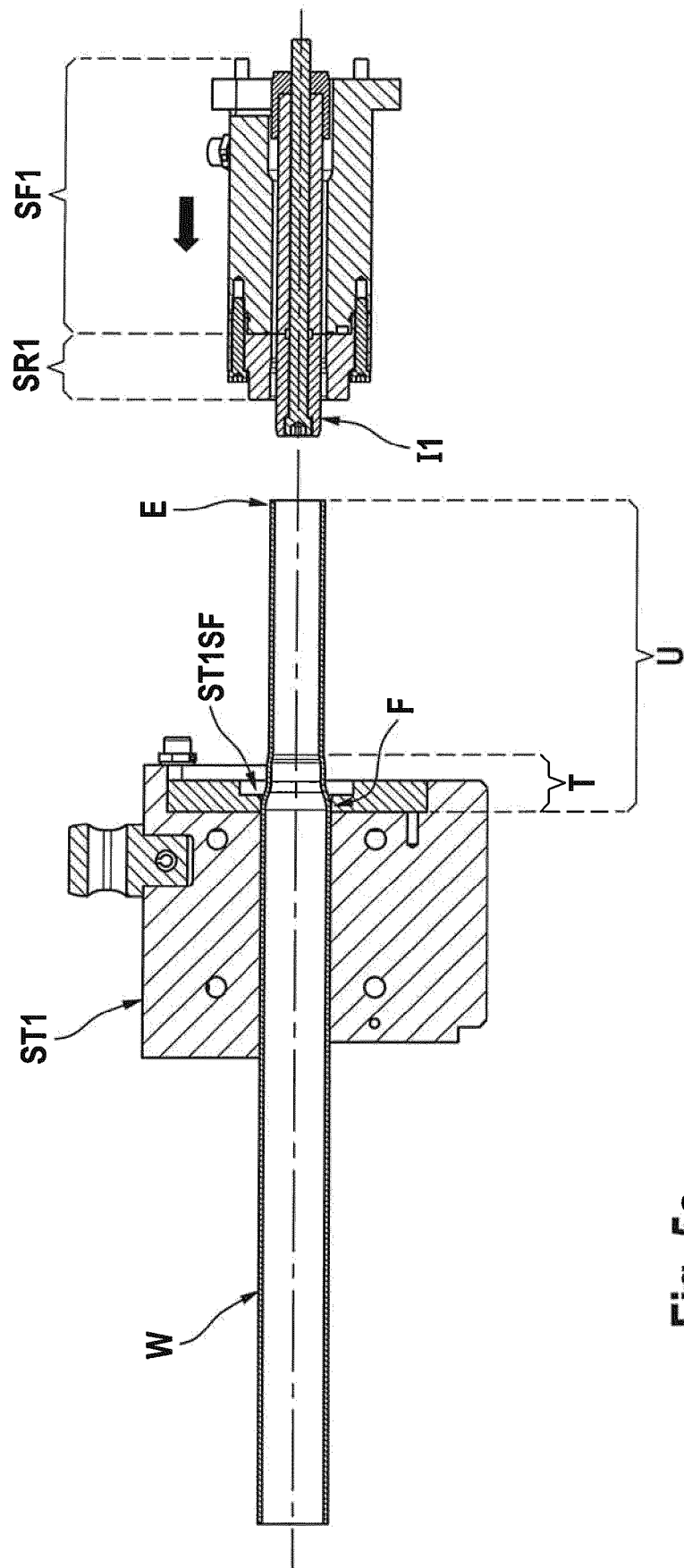


Fig. 4



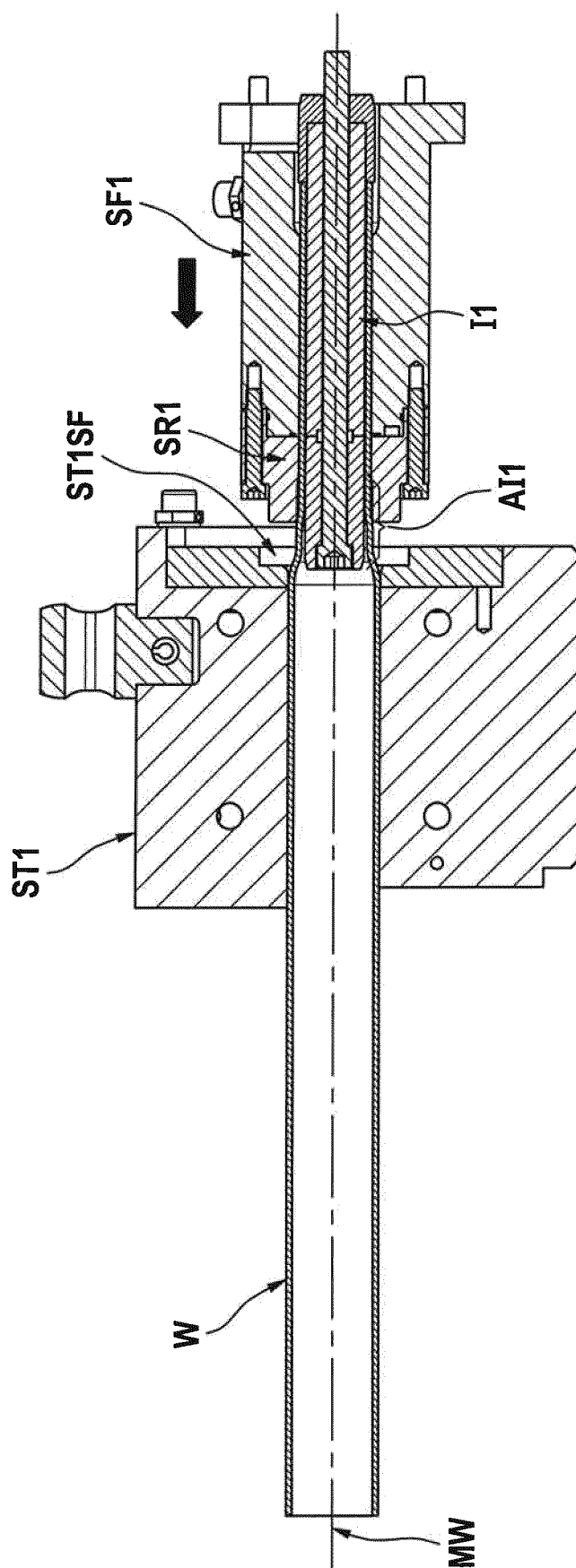


Fig. 5b

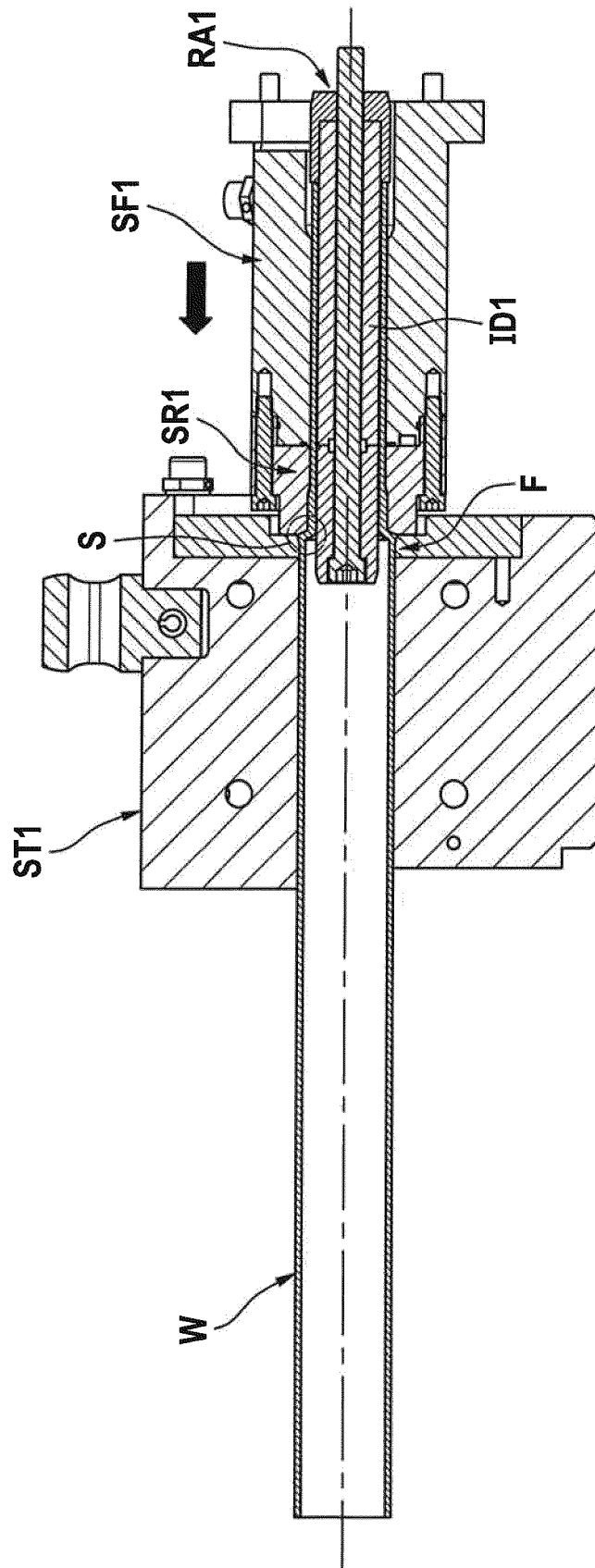


Fig. 5c

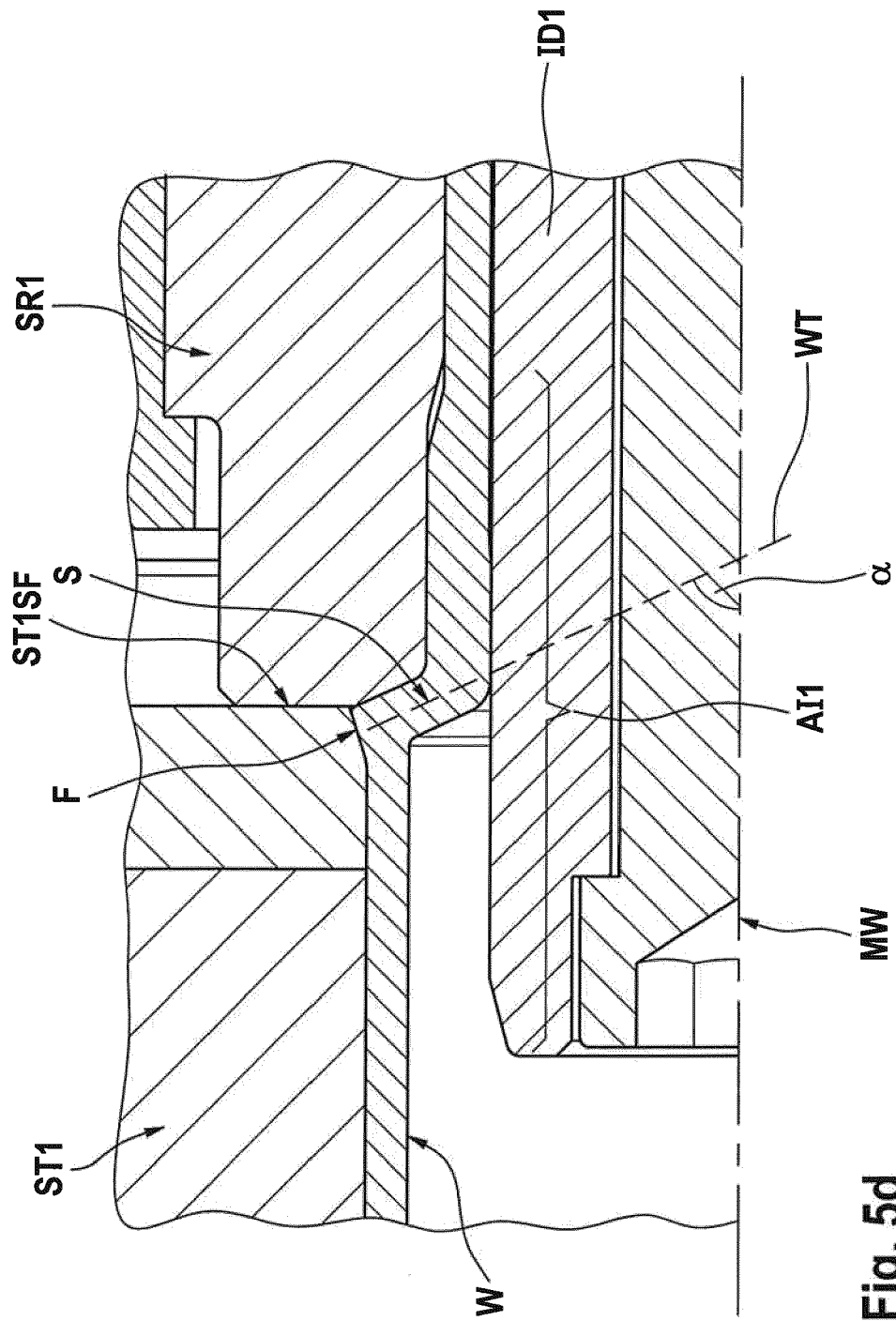


Fig. 5d

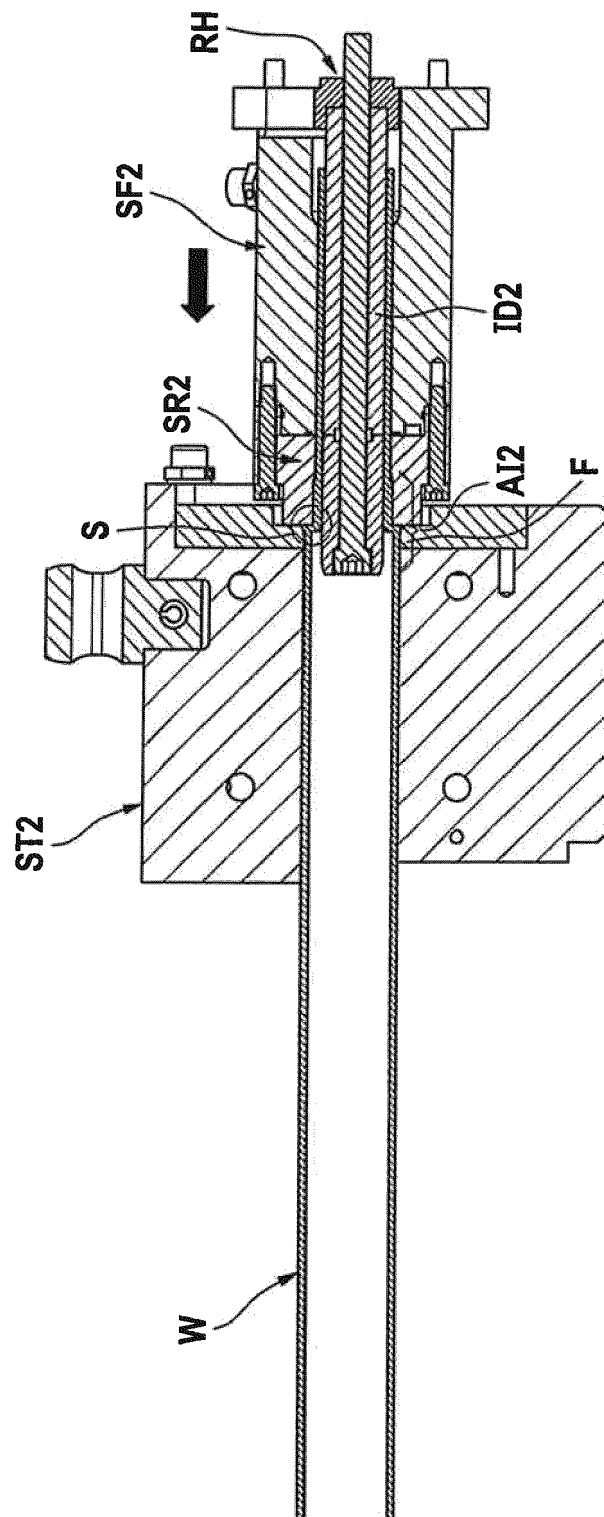


Fig. 6a

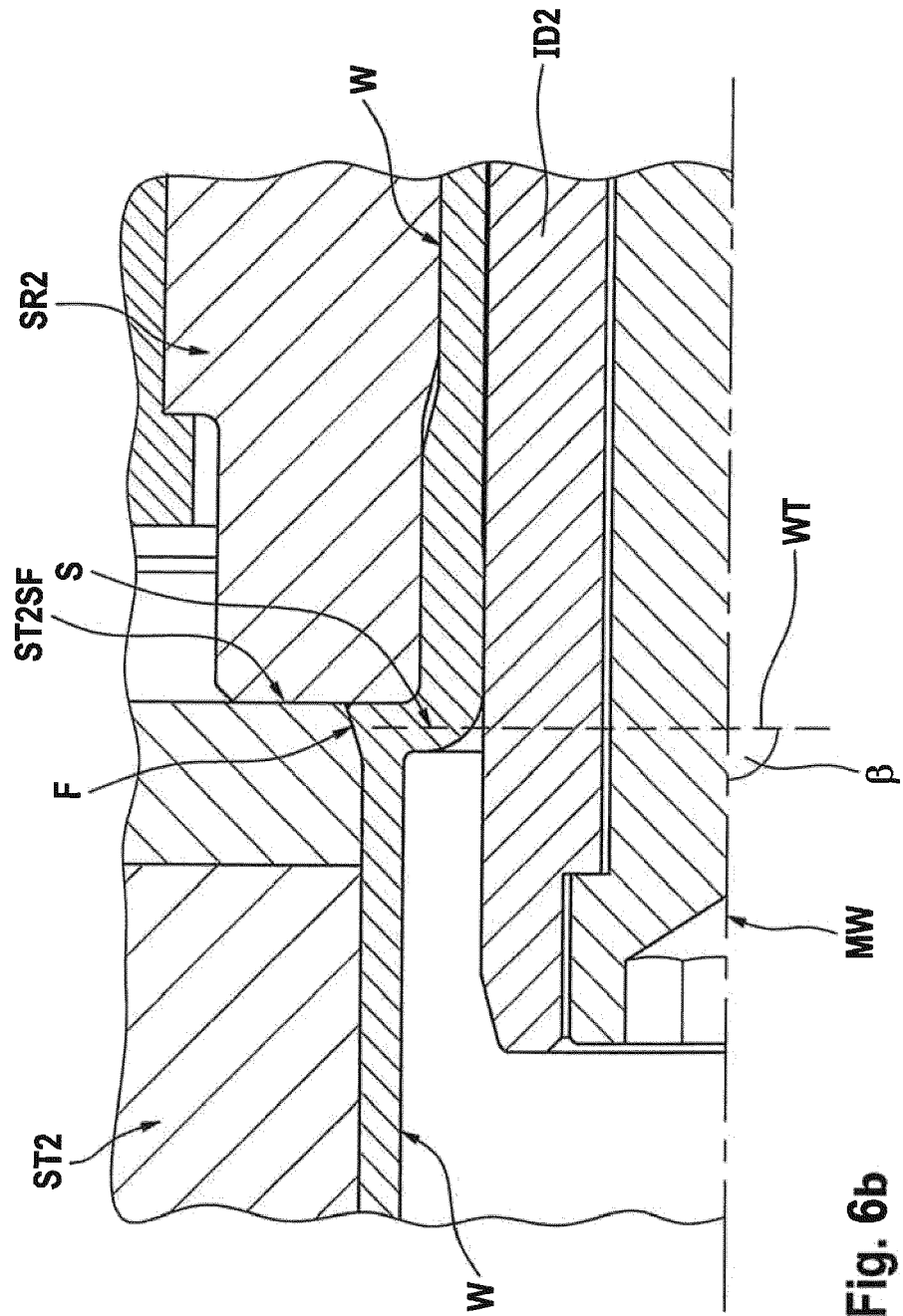


Fig. 6b

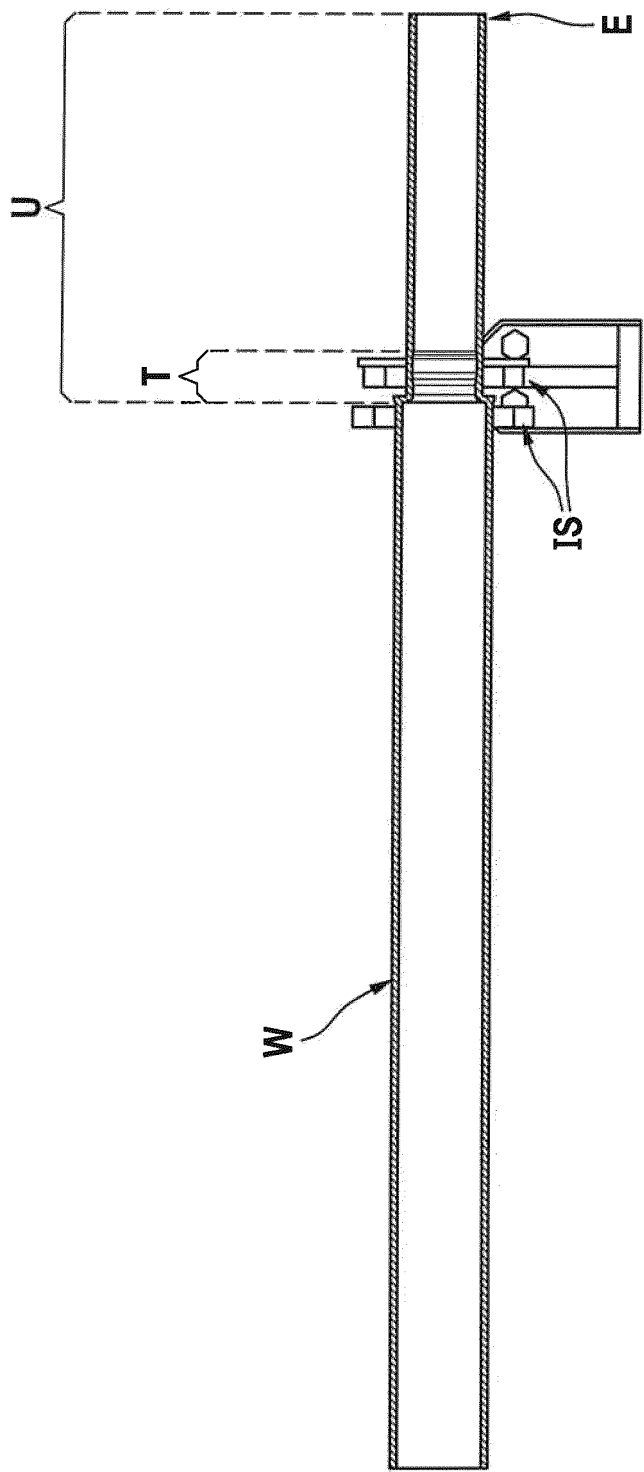


Fig. 7

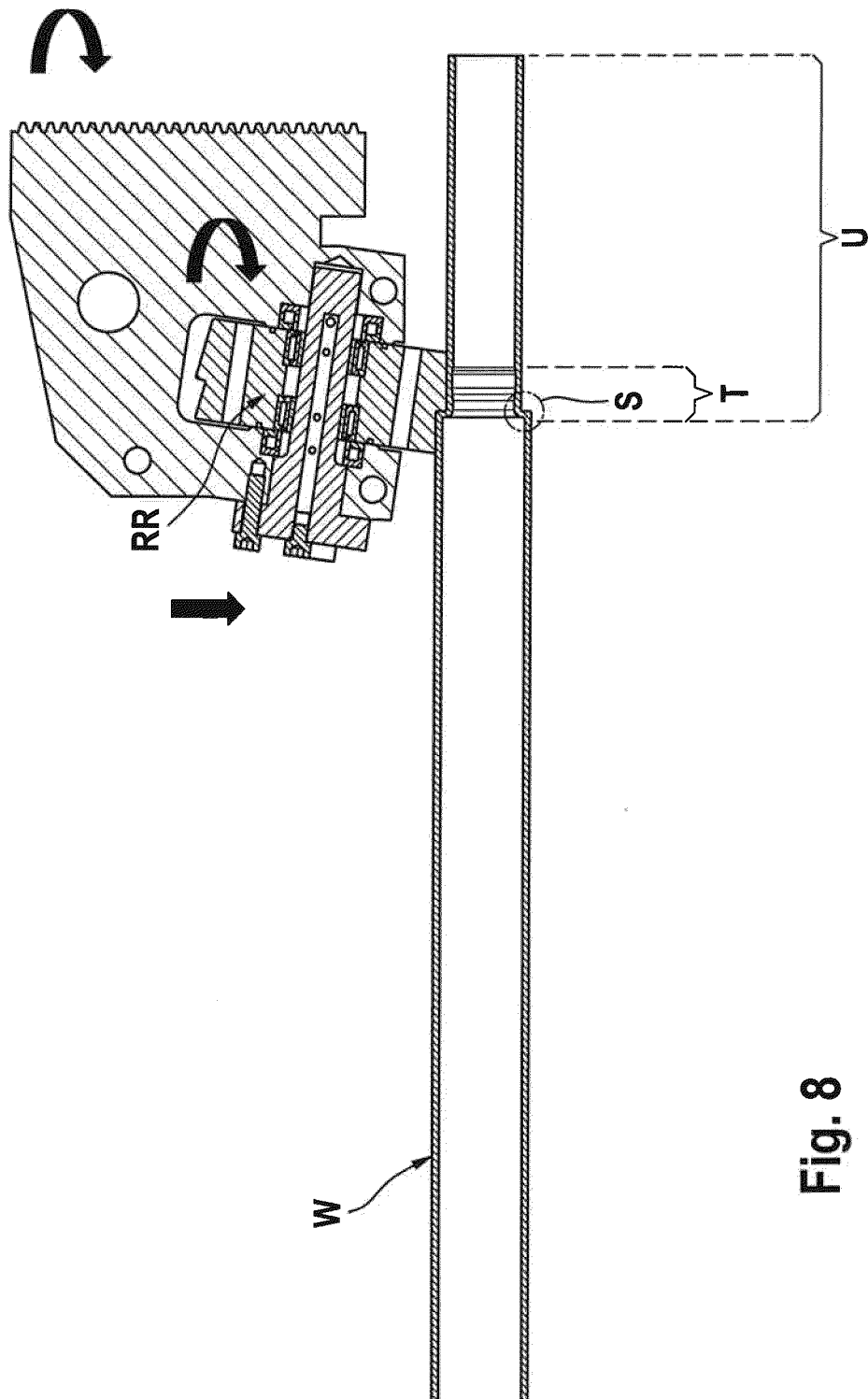


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 15 6995

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 20 2008 017196 U1 (MUELLER HEINRICH MASCH [DE]) 7. Mai 2009 (2009-05-07)	8	INV. B21K21/16
A	* Absatz [0068] - Absatz [0089]; Abbildungen 1-6 *	1-7, 9-11	B21K21/12 B21C5/00 B21D22/14 B21D41/04

X	DE 10 2005 012475 A1 (IFUTEC INGENIEURBUERO FUER UMF [DE]) 21. September 2006 (2006-09-21)	8	
A	* Absatz [0014] - Absatz [0019]; Abbildungen 1-4 *	1-7, 9-11	

X,D	DE 10 2012 110792 A1 (GFU GES FÜR UMFORMUNG UND MASCHB GMBH [DE]) 15. Mai 2014 (2014-05-15)	8	
A	* Absatz [0022] - Absatz [0029]; Abbildungen 1-5 *	1-7, 9-11	

X	GB 1 472 860 A (STEVENS BULLIVANT LTD) 11. Mai 1977 (1977-05-11)	8	
A	* Seite 2, Zeile 1 - Zeile 35; Abbildungen 1-4 *	1-7, 9-11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

X	WO 2004/030847 A1 (FELSS GMBH [DE]; GRAU FRANK [DE] ET AL.) 15. April 2004 (2004-04-15)	8	B21K B21C B21D
A	* Seite 4, Zeile 5 - Seite 5, Zeile 16; Abbildungen 1,2 *	1-7, 9-11	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 13. Juli 2022	Prüfer Ritter, Florian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 15 6995

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-07-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202008017196 U1	07-05-2009	DE 102008037549 B3 DE 202008017196 U1	03-12-2009 07-05-2009
DE 102005012475 A1	21-09-2006	AT 452716 T DE 102005012475 A1 EP 1702695 A2	15-01-2010 21-09-2006 20-09-2006
DE 102012110792 A1	15-05-2014	KEINE	
GB 1472860 A	11-05-1977	KEINE	
WO 2004030847 A1	15-04-2004	AU 2003277898 A1 CA 2501080 A1 CN 1684783 A DE 10245570 B3 EP 1542819 A1 JP 2006500222 A KR 20050044932 A US 2006042343 A1 WO 2004030847 A1	23-04-2004 15-04-2004 19-10-2005 18-03-2004 22-06-2005 05-01-2006 13-05-2005 02-03-2006 15-04-2004

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102012110792 A1 [0004]