

(19)



(11)

EP 4 302 897 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.01.2024 Patentblatt 2024/02

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21J 5/08 (2006.01) **B21D 41/04** (2006.01)
B21K 1/06 (2006.01) **B21K 21/12** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22183429.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21J 5/08; B21D 41/04; B21K 1/063; B21K 21/12;
C21D 7/10; C21D 9/08

(22) Anmeldetag: **06.07.2022**

(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

(72) Erfinder:
• **Wellpott, Marcel**
33102 Paderborn (DE)
• **Schumann, Sandor**
33129 Delbrück (DE)

(71) Anmelder: **Benteler Steel/Tube GmbH**
33104 Paderborn (DE)

(74) Vertreter: **Griepenstroh, Jörg**
Bockermann Ksoll
Griepenstroh Osterhoff
Patentanwälte
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ROHRBAUTEILS

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Rohrbauteils mit folgenden Schritten:
a. Bereitstellen eines Rohrs 1 aus Stahl mit einem ersten Ende 2 und mit einem zweiten Ende 3;
b. Reduzieren des Außendurchmessers des ersten Endes 2 mittels einer Relativbewegung zwischen dem Rohr 1 und einer das Rohr 1 innen aufnehmenden Matrize 4, wobei die Matrize 4 einen Innendurchmesser ID3 besitzt, der kleiner ist als der Außendurchmesser AD1 des Rohrs

1, und wobei die Relativbewegung zur Umformung des Rohrs 1 in Axialrichtung des Rohrs 1 erfolgt;
c. Das Reduzieren des Außendurchmessers AD1 erfolgt unter Zunahme der Wanddicke WD1 des ersten Endes 2, indem die Relativbewegung des Rohrs 1 gegen ein Gegenkräftelelement 6 in der Matrize 4 erfolgt, das eine Kraft F1 ausschließlich auf eine Stirnseite 7 des ersten Endes 2 ausübt.

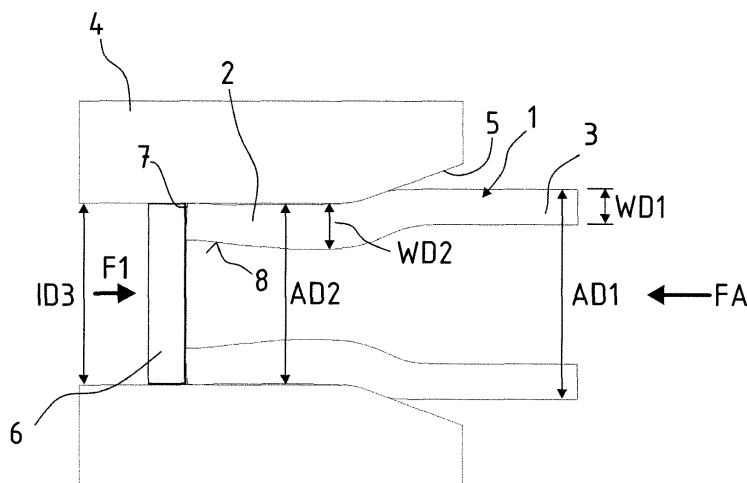


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Rohrbauteils gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0002] Im Rahmen der Weiterverarbeitung von Stahlrohren wird häufig der Außendurchmesser des Rohrendes mittels Axialumformung reduziert. Das Verfahren wird auch als Einziehen bezeichnet. Hierbei wird ein Außenwerkzeug kleineren Innendurchmessers axial über das Rohrende verfahren. Durch diesen Prozess ergibt sich automatisch eine Erhöhung der Rohrwanddicke im eingezogenen, d. h. in dem im Durchmesser reduzierten Bereich.

[0003] Es gibt Anwendungsfälle, z.B. Rotorwellen, bei denen eine deutliche Erhöhung der Wanddicke im Bereich der eingezogenen Enden erforderlich ist. Die geforderte Erhöhung der Wanddicke kann über der Wanddicke liegen, welche sich durch das Einziehen ergibt. Mittels der partiellen Warmumformung lässt sich dieses Ziel erreichen. Hierbei wird der umzuformende Bereich lokal erwärmt, insbesondere auf Temperaturen über 800°C und dann umgeformt. Neben der zusätzlichen Energieeinbringung ist ein Warmumformprozess in der Regel deutlich komplexer und stellt höhere Anforderungen an die Fertigungstechnik im Vergleich zur Kaltumformung.

[0004] Ein anderer denkbarer Lösungsansatz ist das Kaltfließpressen. Charakteristisch hierbei ist, dass in der letzten von mehreren Umformstufen das Werkzeug das Negativ des fertigen Bauteils bildet. In dieser letzten Stufe wird unter Einsatz hoher Umformkräfte die geforderte Kontur des Werkstücks erzeugt. Da hierbei das gesamte Werkstück plastifiziert wird, sind hohe Umformgrade möglich. Die notwendige Fertigungstechnik ist aufgrund der hohen benötigten Umformkräfte komplex und kostenintensiv.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges und mit einem geringen fertigungstechnischen Aufwand durchführbares Verfahren zur Herstellung eines Rohrbauteils mit einem im Durchmesser reduzierten Endbereich aufzuzeigen, wobei die Zunahme der Wanddicke im Endbereich größer ist, als sie sich durch das bloße Einziehen bei axialer Kaltumformung ergibt.

[0006] Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Rohrbauteils umfasst das Bereitstellen eines Rohrs bzw. eines Stückes eines Rohrs aus Stahl mit einem ersten Ende und einem zweiten Ende vor. Der Außendurchmesser des ersten Endes soll reduziert werden. Dies erfolgt mittels einer Relativbewegung zwischen dem Rohr und einer das Rohr innen aufnehmenden Matrize. Die Matrize besitzt einen wirksamen Innendurchmesser, der kleiner ist als der Außendurchmesser des Rohrs. Die Relativbewegung zur Umformung des

Rohrs erfolgt in Axialrichtung des Rohrs. Die Relativbewegung kann durch eine Bewegung der Matrize gegenüber dem feststehenden Rohr oder durch eine Bewegung des Rohrs relativ zu einer feststehenden Matrize erfolgen. Der Begriff Relativbewegung erfasst auch die Bewegung beider Komponenten.

[0009] Der Begriff wirksamer Innendurchmesser bezeichnet den Innendurchmesser, der mit dem Rohr in Wirkeingriff gelangt. Der wirksame Innendurchmesser kann insbesondere von einer Mündung der Matrize ausgehend im weiteren Verlauf abnehmen. Der Verlauf des Innendurchmessers ist mündungsseitig der Matrize insbesondere trichterförmig.

[0010] Die Umformung erfolgt mittels eines einzigen Umformhubes. Der Umformhub entspricht der Relativbewegung des zweiten Endes des Rohrs bezogen auf die Matrize. Das umzuformende erste Ende des Rohrs führt eine von dieser Relativbewegung abweichende Relativbewegung bezogen auf die Matrize aus. Das zweite Rohrende ist steht geführt. Diese zweite Relativbewegung ist eine geführte Relativbewegung.

[0011] Die Relativbewegung des ersten Endes ist in einer ersten Umformphase ungeführt und in einer sich zeitlich unmittelbar anschließend zweiten Umformphase geführt.

[0012] In der ersten Umformphase wird der Außendurchmesser des ersten Endes mit freier Relativbewegung auf den kleinsten wirksamen Innendurchmesser in der Matrize reduziert. Das bedeutet, dass eine Stirnseite des ersten Endes eine trichterförmige Mündung passiert hat und die engste Stelle der Matrize erreicht hat.

[0013] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Reduzieren des Außendurchmessers unter Zunahme der Wanddicke des ersten Endes erfolgt, indem die Relativbewegung des Rohrs in der zweiten Umformphase gegen ein Gegenkräftelelement in der Matrize erfolgt. Das Gegenkräftelelement befindet sich bevorzugt in geringem Abstand zu dem trichterförmigen Mündungsbereich der Matrize und steht für den Kontakt mit der sich nähernden Stirnseite des ersten Endes bereit, um bei Kontakt die besagte Kraft auszuüben und durch seine Bremswirkung Einfluss auf die Verformung des ersten Endes zu nehmen. Es wird dabei bewegt, so dass eine gewisse axiale Relativbewegung des ersten Endes fortgeführt wird, bis der Umformhub abgeschlossen ist. Die Relativbewegung des ersten Endes ist in dieser Umformphase geführt.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht mithin das Einziehen in Kombination mit einer Gegenkraft vor. Bei einem Einziehen ohne Gegenkraft wird das eingezogene Ende des Rohrs typischerweise etwas gelängt und die Wanddicke erhöht sich leicht. Bei einem Einziehen mit Gegenkraft längt sich das Rohr kaum, allerdings wird die Wanddicke deutlich erhöht.

[0015] Das Gegenkräftelelement drückt auf die Stirnseite des eingezogenen Endes. Das Verfahren kann einstufig und kalt durchgeführt werden, d.h. der umzuformende Bereich wird bevorzugt nicht lokal erwärmt. Im

Vergleich zu Warmumformprozessen ist der gesamte Umformvorgang deutlich einfacher und stellt geringere Anforderungen an die Fertigungstechnik. Zudem wird mangels Erwärmung Energie eingespart und ein Verzun- dern der Oberfläche und ein nachfolgendes Strahlen ver- mieden.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht dem axialen Kaltfließpressen zuzuordnen, da die sich einstel- lende Zunahme der Wanddicke nicht dadurch erfolgt, dass ein den Innendurchmesser des reduzierten Endes begrenzender Dorn in das Rohreingeführt wird, sondern weil sich der Innendurchmesser ausschließlich dadurch ausformt, dass eine Kraft auf die Stirnseite des ersten Endes ausgeübt wird. Das Gegenkraftelement greift nicht formgebend in den Innendurchmesser des Rohrs ein, d.h. entweder gar nicht oder zumindest nicht mit dem Ziel, mit der Innenseite des ersten Rohrendes in Kontakt zu kommen, um den Innendurchmesser bei der Form- gebung zu definieren oder zu begrenzen. Dadurch ist der Kraftaufwand zum Einziehen des Rohrendes deutlich ge- ringer als bei kompletter Plastifizierung des Rohrendes bei vergleichsweise hohen Umformgraden. Im Ergebnis kann eine im Vergleich zum Kaltfließpressen günstigere Fertigungstechnik eingesetzt werden, die zudem weni- ger komplex ist. Die Zunahme der Wanddicke erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ohne formgeben- den Kontakt des Gegenkraftelements mit einer Innensei- te des ersten Rohrendes.

[0017] Die Erfindung schließt nicht aus, dass das Ge- genkraftelement einen radial mittleren Bereich aufweist, der in das umzuformende Ende ragt, allerdings nicht, um einen radial inneren Formhohlraum zu begrenzen oder um Einfluss auf die Wanddicke zu nehmen. Die Ausbil- dung der Wanddicke erfolgt ohne innenseitigen Kontakt. D. h. das Material des Rohrs wird nicht von radial außen nach radial innen gegen einen formgebenden Innendorn gedrückt, sondern lediglich in seiner Fließbewegung in Axialrichtung begrenzt. Diese Begrenzung in Axialrich- tung bewirkt ein Stauchen.

[0018] Die Position des Gegenkraftelements innerhalb der Matrize wird während der Relativbewegung des Rohrs geregelt oder gesteuert, so dass die Zunahme der Wanddicke und das Reduzieren des Außendurchmes- sers in einem einstufigen Verfahrensschritt durchgeführt werden kann. Eine gut auf den Einziehprozess abge- stimmte Gegenkraft entsprechend der Erfindung führt dazu, dass sich die Wanddicke des Rohrs während des Einziehens deutlich über das natürliche Maß hinaus er- höht. Über die Höhe der Gegenkraft lässt sich die zu- sätzliche Erhöhung der Wanddicke steuern. Die Bewe- gung des Gegenkraftelements kann kraftgesteuert erfol- gen, das heißt in Abhängigkeit von der Kraft, mit der es auf die Stirnseite drückt.

[0019] Es ist möglich, Werkstückkonturen herzustellen, welche anderenfalls nur durch den Einsatz deutlich komplexerer Umformwerkzeuge (Warmumformung, Kaltfließpressen etc.) umsetzbar wären. Der Prozess und die notwendige Technik des Einziehens eines Roh-

rendes mit Gegenkraft sind zwar etwas komplexer als das einfache Einziehen ohne Gegenkraftelement, jedoch deutlich weniger aufwändig als die alternativ genannten Umformkonzepte.

5 **[0020]** Typischerweise wird beim Einziehen des Roh- rendes die Matrize axial über das erste Ende des Rohrs verfahren. Währenddessen ist die Bewegung des Ge- genkraftelements von der Bewegung der Matrize entkop- pelt. Vorzugsweise erfolgt die Bewegung des Gegenkraf- telementes derart, dass das Gegenkraftelement mit kon- stanter Kraft gegen die Stirnseite des Rohrs drückt. Die Kraft, mit der das Gegenkraftelement drückt, ist kleiner als die Antriebskraft, mit der das Rohr relativ zur Matrize bewegt wird. Die Antriebskraft ist stets größer, da diese Kraft gleichzeitig gegen eine Schulter der Matrize drückt, um den Rohrdurchmesser zu reduzieren. Im Rahmen der Erfindung bedeutet konstante Kraft, eine Kraft die nicht mehr als um +/-20% um eine Nennkraft während des Reduzierens schwankt.

10 **[0021]** Es ist aber auch vorstellbar, dass gezielt eine über die Umformzeit oder den Umformweg variable Kraft eingestellt wird, um definierte Wanddickenverläufe ein- zustellen oder den Wanddickenverlauf zu vergleichmä- ßigen.

15 **[0022]** Der Außendurchmesser an dem ersten Ende wird vorzugsweise um mindestens 10% reduziert. Der Außendurchmesser wird nicht so weit reduziert, dass das Rohr endseitig geschlossen wird. Es bleibt in Axialrich- tung durchlässig, lediglich der Außendurchmesser im eingezogenen Bereich des ersten Endes soll reduziert werden. Es ist erfindungsgemäß aber nicht ausgeschlos- sen, dass in weiteren Bearbeitungsschritten in anderen Werkzeugen das Rohr vollständig verschlossen wird. Beim Einziehen des Rohrendes entsteht im Übrigen ein konischer Übergangsbereich zwischen dem im Außen- durchmesser reduzierten ersten Ende und dem zweiten Ende des Rohrs. Das Rohr ist insbesondere kreiszylind- risch.

20 **[0023]** Vorzugsweise wird der Außendurchmesser an dem ersten Ende einheitlich reduziert. Einheitlich bedeu- tet, dass der Außendurchmesser über den ganzen Au- ßenumfang gleichmäßig reduziert wird. Bei im Quer- schnitt kreisrunden Rohren sind die Matrizen auch kreis- rund. Bevorzugt weist das Gegenkraftelement eine Kon- takfläche auf, die parallel zur Stirnseite des Rohrendes verläuft. In diesem Fall werden alle Bereiche der Stirn- seite gleichmäßig mit der Kraft des Gegenkraftelements beaufschlagt. Auch ist vorzugsweise die Stirnseite des Rohrs senkrecht zur Axialrichtung angeordnet, so dass es zu einem gleichmäßigen Stauchen über den gesam- ten Umfang des Rohrs kommt.

25 **[0024]** Das Stauchen soll eine Erhöhung der Wanddi- cke bereichsweise um mindestens 10% bewirken. Das Erhöhen der Wanddicke erfolgt ohne innere Abstützung. Die Wanddicke kann über die axiale Länge des ersten Endes bereichsweise variieren. Mindestens in einem Längenbereich soll die Wanddicke um mindestens 5%, vorzugsweise mindestens 8%, insbesondere mindes-

tens 10% gegenüber der Ausgangsdicke erhöht werden. Das bedeutet, dass in anderen Bereichen des ersten Rohrendes eine geringere Zunahme der Wanddicke erfolgen kann, insbesondere in unmittelbarer Nachbarschaft des Gegenkraftelements, d. h. im Bereich der Stirnseite des Rohrs. Versuche haben gezeigt, dass im Abstand vom Gegenkraftelement durch das Nachschieben des Rohrs und die dortige größere Plastifizierung eine größere Wanddickenzunahme erfolgen kann als an der Stirnseite. Die Umformgrade im ersten Rohrende sind mithin im Abstand zur Stirnseite größer als an der Stirnseite selbst. Daraus resultiert ein nicht konstanter axialer Wanddickenverlauf im Bereich des im Durchmesser reduzierten ersten Rohrendes.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren wird insbesondere bei Rohren aus einem vergüteten martensitischen Stahl durchgeführt, oder auch bei Rohren aus härtbaren Stahllegierungen, die insbesondere zeitlich nach der vorstehend beschriebenen Umformung gehärtet oder vergütet werden.

[0026] Weitere Verfahrensschritte können ein Härten oder Vergüten vor dem Reduzieren, ein Randschichthärten oder ein Beschichten nach dem Reduzieren zum Zwecke des Korrosionsschutzes beinhalten.

[0027] Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung von Rotorwellen.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Längsschnitt durch eine Matrize mit einem umgeformten Endbereich eines Rohrs gemäß dem Stand der Technik;

Figur 2 einen Längsschnitt durch eine Matrize mit einem umgeformten Endbereich eines Rohrs gemäß der Erfindung und

Figuren 3 bis 6 Längsschnitte durch eine Matrize mit einem Endbereich eines Rohrs bei 0%, 30%, 50% und 100% Fortschritt der Umformung.

[0029] Figur 1 zeigt gemäß dem Stand der Technik ein Rohr 1 mit einem ersten Ende 2 und einem zweiten Ende 3. Das Rohr 1 besteht aus Stahl. Das Rohr 1 besitzt einen ursprünglichen Außendurchmesser AD1 und nach dem Aufschieben einer Matrize 4 auf das erste Rohrende 2 einen reduzierten Außendurchmesser AD2. Das erste Ende ist nun eingezogen, d. h. im Außendurchmesser reduziert.

[0030] Der ursprüngliche Innendurchmesser ID1 wurde auf den reduzierten Innendurchmesser ID2 am ersten Ende 2 vermindert. Die ursprüngliche Wanddicke WD1 nahm dabei innerhalb des ersten Endes 2 auf die Wanddicke WD2 zu. Das erste Ende 2 wurde gestaucht. Das

Stausen erfolgte ohne jegliche Gegenkraft durch Werkzeuge innerhalb der Matrize sondern nur durch das axiale Verlagern des Rohrs 1 gegen einen trichterförmigen bzw. konischen Einführtrichter 5 der Matrize 4.

[0031] Das Ausführungsbeispiel der Figur 2 zeigt das erfindungsgemäße Verfahren. Auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Rohr 1 in die Matrize 4 eingeführt, allerdings befindet sich in der Matrize 4 ein Gegenkraftelement 6, das in einer zweiten Umformphase eine Kraft F1 auf eine Stirnseite 7 des ersten Endes 2 des Rohrelements 1 ausübt. Die zweite Umformphase beginnt, wenn die Stirnseite 7 das Gegenkraftelement 6 berührt. Die vorangegangene erste Umformphase, die sich durch den fehlenden Kontakt zum Gegenkraftelement 6 auszeichnet, endet zu diesem Zeitpunkt. Die Umformung wird zwischen diesen beiden Umformphasen nicht gestoppt, sondern kontinuierlich fortgeführt. Die Wanddicke WD2 im Bereich des ersten Endes 2 nimmt durch die Stauchung mittels der Kraft F1 stärker zu als bei der freien Umformung ohne Gegenkraftelement 6, wie sie in Figur 1 dargestellt ist. Die Zunahme der Wanddicke erfolgt ohne formgebende Innenteile, die in das Rohr hineinragen, d. h. der Formhohlraum ist nach radial innen offen. Eine Innenseite 8 des ersten Endes 2 des Rohrs 1 wird nicht zur Formgebung von dem Gegenkraftelement 6 kontaktiert. Das Gegenkraftelement 6 ist innerhalb der Matrize 4 in axialer Richtung des Rohrs 1 verlagerbar. Sein Außendurchmesser ist an den Innendurchmesser ID3 der Matrize 4 angepasst.

[0032] Bei der Erfindung wird davon ausgegangen, dass sowohl das Rohr 1 als auch die Matrize 4 kreisförmig sind. Bei der Erfindung ist ferner vorgesehen, dass der Außendurchmesser AD1 des Rohrs 1 um mindestens 10% reduziert wird und zudem die Wanddicke WD2 in dem dargestellten Umfangsbereich um mindestens 10% gegenüber der Ausgangswanddicke WD1 erhöht ist.

[0033] In nicht näher dargestellter Weise wird die Position des Gegenkraftelements 6 innerhalb der Matrize 4 so gesteuert, dass das Gegenkraftelement 6 mit vorgegebener Kraft F1 gegen die Stirnseite 7 des ersten Endes 2 des Rohrs 1 drückt. Die Kraft F1 ist kleiner als die Antriebskraft FA, mit welcher das Rohr 1 in die Matrize 4 gegen den Einführtrichter 5 gedrückt wird.

[0034] Die Figuren 3 - 6 zeigen eine mögliche die Fertigungsabfolge. Zu Beginn des Fertigstellungsvorgangs wird das kalte Rohr 1 in die Matrizen 4 eingeführt (Figur 3). Der Außendurchmesser wird dabei reduziert (Figur 4). Das Gegenkraftelement 6 befindet sich im Abstand von der engsten Stelle des Einführtrichters 5 der Matrize 4. Daher wird das Gegenkraftelement 6 von dem teilweise eingezogenen Rohr 1 zunächst nicht berührt. Sobald das Rohr 1 das Gegenkraftelement 6 berührt, wird das Gegenkraftelement 6 in die gleiche Richtung wie das Rohr 1 verlagert, d. h. in der Bildebene nach links in die Matrize 4 hinein, d. h. in Umformrichtung. Die Verlagerung erfolgt derart, dass eine hinreichend große Gegenkraft aufgebaut wird, so dass das eingezogene Ende 2 des Rohrs

1 gestaucht wird und die Wanddicke in den gewünschten Umfang zunimmt. Die Figur 6 zeigt die finale Position des Gegenkraftelements 6 nach Abschluss der Umformung.

[0035] Für das nächste Rohr 1 wird das Gegenkraftelement 6 in die Ausgangslage gemäß der Figuren 3 und 4 verlagert. 5

[0036] Die Figuren 3 bis 6 zeigen, dass das Rohr 1 relativ zur Matrize 4 verlagert wird. Die Erfindung schließt ein, dass die Matrize 4 mit dem Gegenkraftelement über ein feststehendes Rohr 1 geschoben wird. 10

Bezugszeichen:

[0037] 15

- 1 - Rohr
- 2 - erstes Ende von 1
- 3 - zweites Ende von 1
- 4 - Matrize
- 5 - Einführtrichter
- 6 - Gegenkraftelement
- 7 - Stirnseite
- 8 - Innenseite

- AD1 - Außendurchmesser
- AD2 - Außendurchmesser
- F1 - Kraft
- FA - Antriebskraft
- ID1 - Innendurchmesser
- ID2 - Innendurchmesser
- ID3 - wirksamer Innendurchmesser von 4
- WD1 - Wanddicke
- WD2 - Wanddicke

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Rohrbauteils mit folgenden Schritten: 40

- a. Bereitstellen eines Rohrs (1) aus Stahl mit einem ersten Ende (2) und mit einem zweiten Ende (3);
- b. Reduzieren des Außendurchmessers (AD1) des ersten Endes (2) mittels einer Relativbewegung zwischen dem Rohr (1) und einer das Rohr (1) innen aufnehmenden Matrize (4), wobei die Matrize (4) einen wirksamen Innendurchmesser (ID3) besitzt, der kleiner ist als der Außendurchmesser (AD1) des Rohrs (1), und wobei die Relativbewegung in Axialrichtung des Rohrs (1) erfolgt, so dass das erste Ende (2) eine sich aus der Umformung ergebende freie erste Relativbewegung innerhalb der Matrize (4) relativ zur Matrize (4) aufweist und dass das zweite Ende (3) eine geführte zweite Relativbewegung außerhalb der und relativ zu der Matrize (4) auf-

weist;

c. in einer ersten Umformphase eines Umformhubes wird der Außendurchmesser (AD1) des ersten Endes (2) mit freier Relativbewegung auf den kleinsten wirksamen Innendurchmesser (ID3) in der Matrize (4) reduziert;

d. in einer sich unmittelbar an die erste Umformphase anschließenden zweiten Umformphase desselben Umformhubes wird die weitere Relativbewegung des ersten Endes (2) durch ein Gegenkraftelement (6) in der Matrize (4) geführt, wobei das Gegenkraftelement (6) eine Kraft (F1) auf eine Stirnseite (7) des ersten Endes (2) ausübt, um die Wanddicke (WD1) des ersten Endes (2) zu erhöhen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegenkraftelement (6) in dieselbe Richtung bewegt wird, wie das erste Ende (2).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegenkraftelement (6) eine Kraft (F1) ausschließlich auf die Stirnseite (7) ausübt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zunahme der Wanddicke (WD2) des ersten Endes ohne Kontakt des Gegenkraftelements (6) mit einer Innenseite (8) des ersten Endes (2) erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position des Gegenkraftelements (6) innerhalb der Matrize (4) während der Relativbewegung des Rohrs (1) geregelt oder gesteuert wird, so dass die Zunahme der Wanddicke (WD2) und das Reduzieren des Außendurchmessers (AD1) in einem einzigen Umformhub erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegung des Gegenkraftelements (6) von der Bewegung der Matrize (4) entkoppelt ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegenkraftelement (6) in Abhängigkeit von der Kraft (F1), mit der es gegen die Stirnseite (7) drückt, verlagert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraft (F1), mit der das Gegenkraftelement (6) gegen das erste Ende (2) drückt, kleiner ist als die Antriebskraft (FA), mit der das Rohr (1) relativ zur Matrize (4) bewegt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außendurchmes-

ser (AD1) an dem ersten Ende (2) um mindestens 10 % reduziert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außendurchmesser (AD1) an dem ersten Ende (2) einheitlich reduziert wird. 5
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wanddicke (WD2) an dem ersten Ende (2) bereichsweise um mindestens 5% bevorzugt mindestens 8% erhöht wird. 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (1) aus einem vergüteten martensitischen Stahl besteht, oder aus einer härtbaren Stahllegierung besteht und nach dem Reduzieren des Außendurchmessers (AD1) gehärtet und/oder vergütet wird. 15
20

25

30

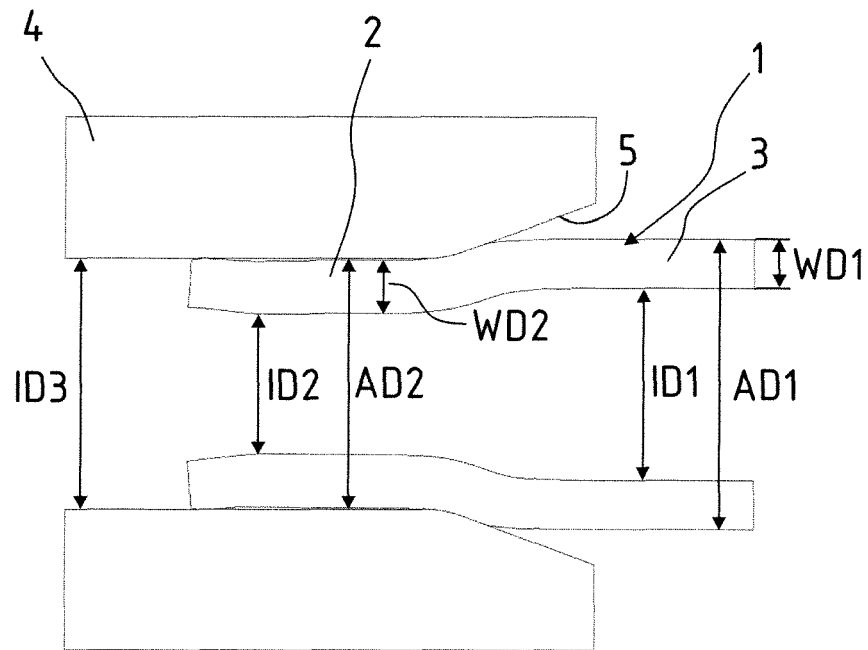
35

40

45

50

55



(Stand der Technik)

Fig. 1

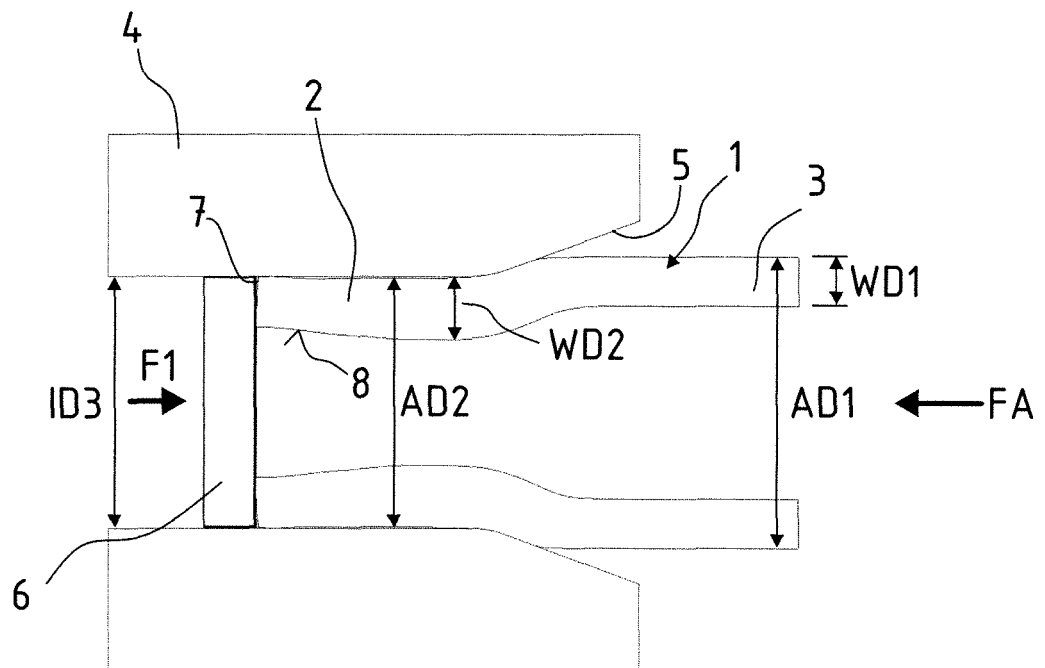


Fig. 2

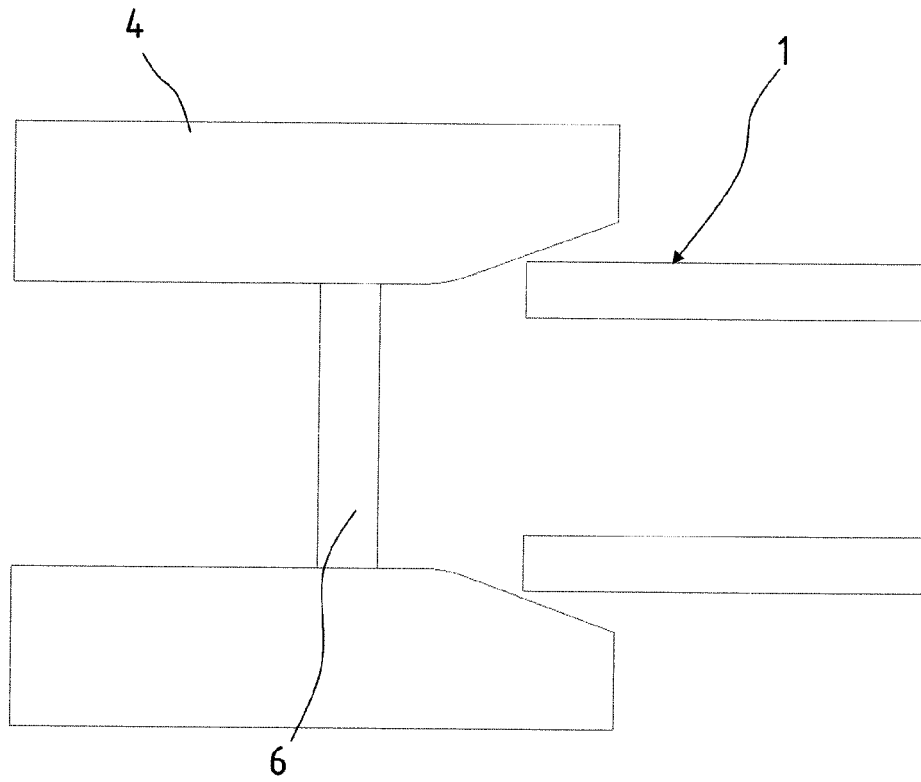


Fig. 3

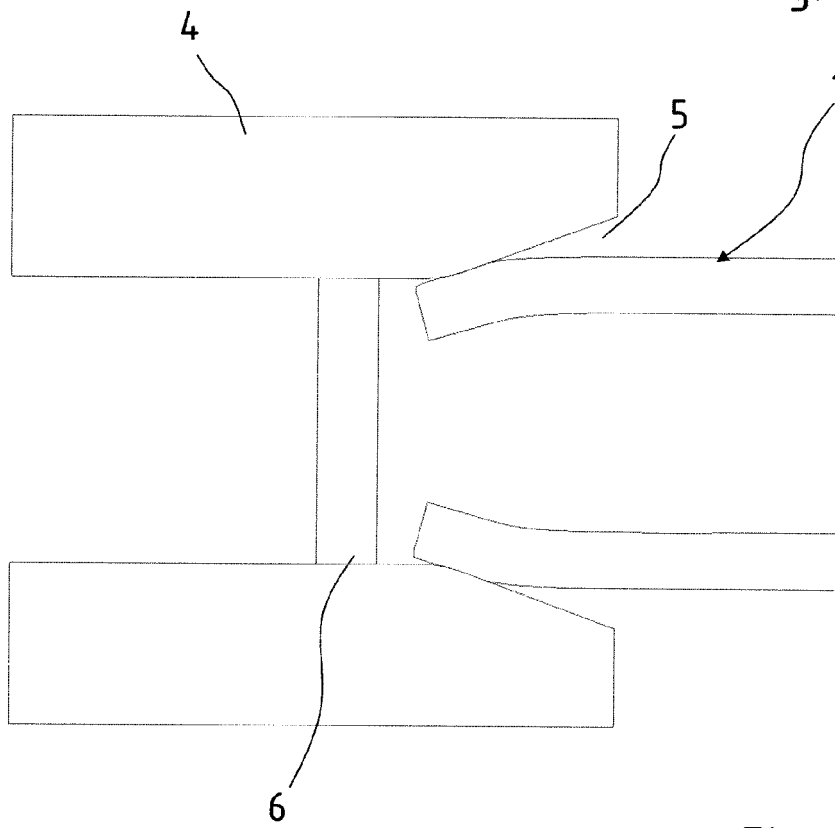


Fig. 4

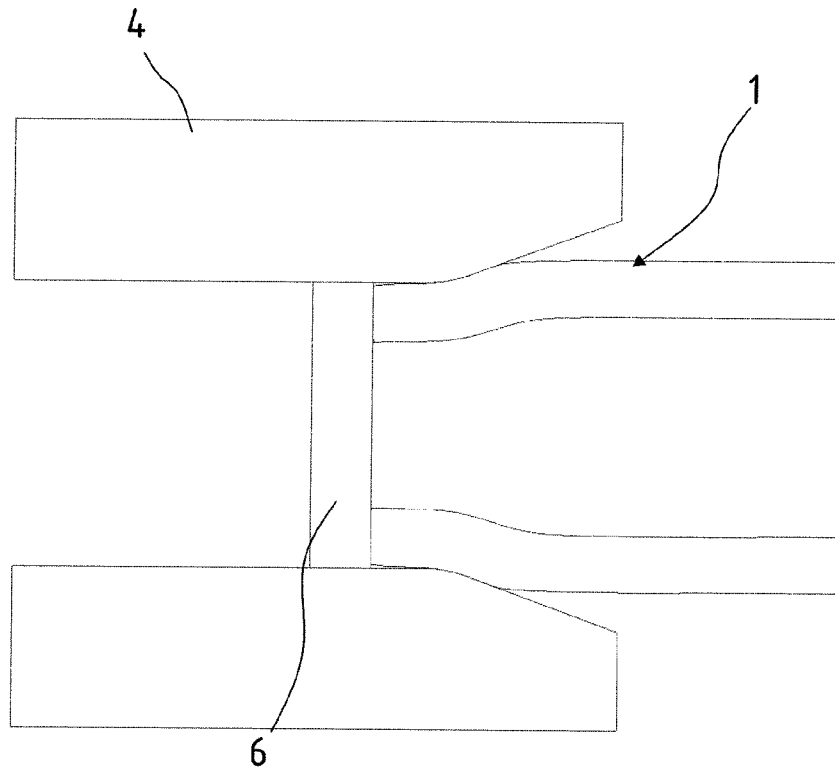


Fig. 5

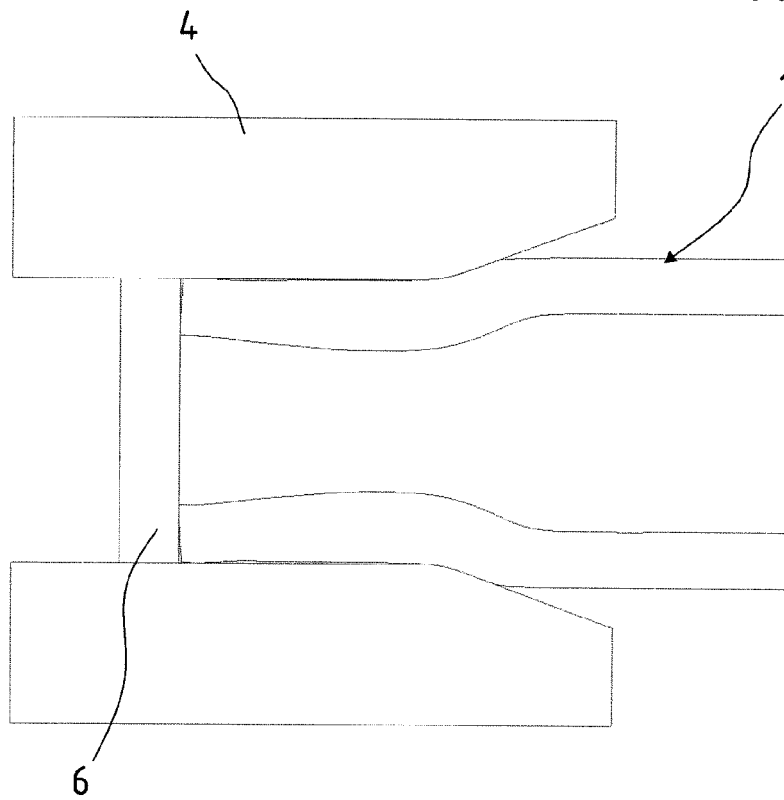


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 18 3429

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	JP H07 214148 A (SANGO CO LTD) 15. August 1995 (1995-08-15) * Absätze [0008] - [0014]; Abbildung 1 * -----	1-11	INV. B21J5/08 B21D41/04 B21K1/06 B21K21/12
X	FR 920 506 A (TI GROUP SERVICES LTD) 10. April 1947 (1947-04-10) * Seite 2, Zeilen 10-82; Abbildungen * -----	1-11	
X	DE 10 2012 112133 A1 (BELOV SERGEI NICOLAEWICH [RU]; SCHAAF I HARRY [DE]) 12. Juni 2014 (2014-06-12) * Absätze [0008], [0009]; Abbildung * -----	1, 3, 9-11	
X	GB 1 328 483 A (CREUZET R A) 30. August 1973 (1973-08-30) * Seite 2, Zeilen 52-106; Abbildungen * -----	1-4, 6, 7, 9-12	
X	FR 896 994 A (MANNESMANN ROEHREN WERKE AG) 8. März 1945 (1945-03-08) * Abbildung 3 * -----	1, 3, 4, 9-11	
A	DE 10 2020 132822 A1 (BENTELER STEEL/TUBE GMBH [DE]) 9. Juni 2022 (2022-06-09) * Absatz [0021] * -----	1-12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B21J B21D B21K
A	DE 10 2018 133034 A1 (BENTELER STEEL/TUBE GMBH [DE]) 25. Juni 2020 (2020-06-25) * Absätze [0023], [0024], [0052] * -----	1-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Dezember 2022	Prüfer Charvet, Pierre
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 18 3429

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.

15-12-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP H07214148 A	15-08-1995	JP 2719495 B2 JP H07214148 A	25-02-1998 15-08-1995
FR 920506 A	10-04-1947	KEINE	
DE 102012112133 A1	12-06-2014	KEINE	
GB 1328483 A	30-08-1973	DE 2102708 A1 FR 2077485 A1 GB 1328483 A JP S516628 B1 SU 651668 A3 US 3754429 A	29-07-1971 29-10-1971 30-08-1973 01-03-1976 05-03-1979 28-08-1973
FR 896994 A	08-03-1945	KEINE	
DE 102020132822 A1	09-06-2022	CN 114618926 A DE 102020132822 A1 US 2022176436 A1	14-06-2022 09-06-2022 09-06-2022
DE 102018133034 A1	25-06-2020	KEINE	

EPO FORM P0461

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