

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

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
31. Dezember 2014 (31.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/206981 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*B21D 26/033* (2011.01) *B21D 26/047* (2011.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/063275
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Juni 2014 (24.06.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 212 758.8 28. Juni 2013 (28.06.2013) DE
- (71) Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE  
AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130,  
80809 München (DE).
- (72) Erfinder: **LERCH, Johann-Stefan**; Richildisstrasse 17,  
86558 Hohenwart (DE). **SCHMOLKE, Thomas**;  
Bergackerweg 2, 84137 Vilsbiburg (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) Title: TOOL FOR PREFORMING A TUBE FOR SUBSEQUENT INTERNAL HIGH PRESSURE FORMING, AS WELL AS A METHOD FOR PRODUCING SUCH A TOOL AND FOR PRODUCING A COMPONENT BY MEANS OF INTERNAL HIGH PRESSURE FORMING

(54) Bezeichnung : WERKZEUG ZUM VORFORMEN EINES ROHRS FÜR EIN ANSCHLIESSENDES INNENHOCHDRUCKUMFORMEN, SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SOLCHEN WERKZEUGS UND ZUR HERSTELLUNG EINES BAUTEILS DURCH INNENHOCHDRUCKUMFORMEN

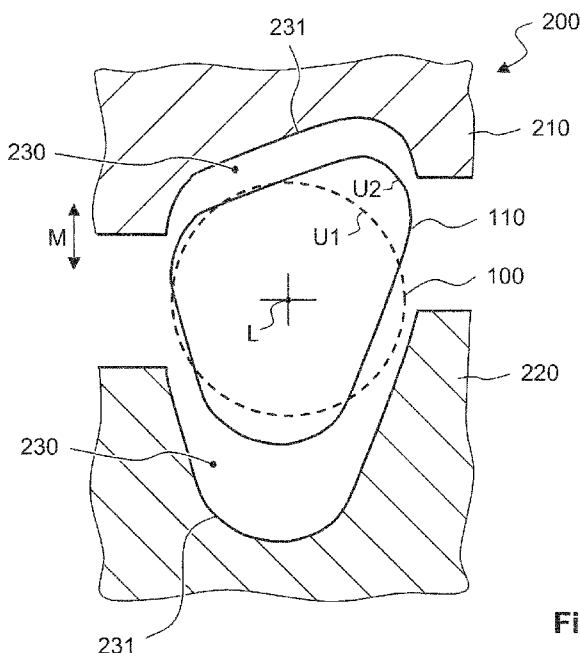


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a tool (200) for preforming a metallic starter tube section (100) for subsequent internal high pressure forming in order to produce a tube-like IHF-component, comprising a plurality of tool sections (210, 220) that can move relative to one another and that delimit, between them, a shaping cavity (230) for receiving and forming the starter tube section (100). The cavity (230) comprises a contour which is both derived from the shape of the IHF component to be produced and adapted to the circumference (U1) of the starter tube section (100) to be formed, such that each cavity cross section perpendicular to a cavity longitudinal axis (L) predefined by the starter tube section (100), corresponds to the cross-sectional shape of the IHF component cross-section in the same position, reduced in its cross-sectional circumference to exactly the circumference of said starter tube section (100). The invention also relates to a method for producing such a tool (200) and to a method for producing a tube-like IHF component using such a tool (200).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/206981 A1



---

Die Erfindung betrifft ein Werkzeug (200) zum Vorformen eines metallischen Ausgangsrührteils (100) für ein anschließendes Innenhochdruckumformen zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils, mit mehreren zueinander relativbeweglichen Werkzeugteilen (210, 220), die zwischen sich eine formgebende Kavität (230) zur Aufnahme und Umformung des Ausgangsrührteils (100) begrenzen. Es ist vorgesehen, dass die Kavität (230) eine sowohl von der Form des herzustellenden IHU-Bauteils abgeleitete als auch an den Umfang (U1) des umzuförmenden Ausgangsrührteils (100) angepasste Kontur aufweist, dergestalt, dass jeder zu einer durch das Ausgangsrührteil (100) vorgegebenen Kavitätslängsachse (L) senkrechte Kavitätsquerschnitt mit der in ihrem Querschnittsumfang genau auf den Umfang des Ausgangsrührteils (100) verkleinerten Querschnittsform des positionsgleichen IHU-Bauteilquerschnitts übereinstimmt. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkzeugs (200) und ein Verfahren zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils mit einem solchen Werkzeug (200).

## Beschreibung

### Werkzeug zum Vorformen eines Rohrs für ein anschließendes Innenhochdruckumformen, sowie Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkzeugs und zur Herstellung eines Bauteils durch Innenhochdruckumformen

Die Erfindung betrifft ein Werkzeug zum Vorformen eines metallischen Ausgangsrührteils für ein anschließendes Innenhochdruckumformen.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkzeugs.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines rohrartigen Bauteils durch Innenhochdruckumformen.

Beim Innenhochdruckumformen (IHU) wird ein im Wesentlichen metallisches Rohr, im Folgenden als Ausgangsrührteil bezeichnet, durch Aufbringen eines hohen Innendrucks zu einem rohrartigen Bauteil (IHU-Bauteil) umgeformt. Unter einem Rohr wird allgemein ein sich längserstreckender Hohlkörper mit einem geschlossenen Rohrmantel aus einem metallischen Material verstanden. Das Ausgangsrührteil wird hierzu in die Kavität (Gravur) eines formgebenden IHU-Werkzeugs eingelegt und mit Hilfe eines in das Innere eingeleiteten Fluids (bspw. eine Wasser-Öl-Emulsion) im Wesentlichen quer zur Längsachse aufgeweitet, wobei der Rohrmantel des Ausgangsrührteils gegen die Kavitätswandung gedrückt und hierbei entsprechend geformt wird.

Vielfach und insbesondere bei einer komplexen Form des IHU-Bauteils ist zunächst ein Vorformen erforderlich, wobei aus dem Ausgangsrührteil ein vorgeformtes Ausgangsrührteil für das anschließende Innenhochdruckumformen im IHU-Werkzeug erzeugt wird. Das Vorformen hat erheblichen Einfluss auf das nachfolgende Innenhochdruckumformen und auf die Qualität des IHU-Bauteils.

Zum Vorformen sind aus dem Stand der Technik verschiedene Verfahrensweisen und Vorrichtungen bekannt, wozu auf die Patentschriften DE 10 2006 028 099 A1, DE 101 48 451 C2, DE 199 46 010 B4 und EP 0 195 157 B1 verwiesen wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Werkzeug zum Vorformen eines metallischen Ausgangsrohrteils anzugeben, welches im Hinblick auf ein anschließendes Innenhochdruckumformen eine optimale Verteilung des Rohrmaterials ermöglicht. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein optimiertes Verfahren zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils anzugeben.

Die Lösung gelingt durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen ergeben sich analog für alle Erfindungsgegenstände sowohl aus den jeweils abhängigen Ansprüchen als auch aus den nachfolgenden Erläuterungen.

Ein erfindungsgemäßes Werkzeug zum Vorformen eines metallischen Ausgangsrohrteils für ein anschließendes Innenhochdruckumformen zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils weist mehrere zueinander relativbewegliche Werkzeugteile auf, die zwischen sich (wenigstens) eine Kavität zur Aufnahme und Umformung des Ausgangsrohrteils begrenzen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Kavität eine sowohl von der Form (bzw. Geometrie) des herzustellenden IHU-Bauteils abgeleitete als auch an den Umfang des umzuformenden Ausgangsrohrteils angepasste Kontur aufweist, dergestalt, dass jeder zu einer durch das Ausgangsrohrteil vorgegebenen Kavitätslängsachse senkrechte Kavitätsquerschnitt dieser Kavität mit der in ihrem Querschnittsumfang genau auf den Umfang des Ausgangsrohrteils verkleinerten Querschnittsform des (bezogen auf die Längsachse) positionsgleichen IHU-Bauteilquerschnitts übereinstimmt.

Mit anderen Worten formuliert heißt dies, dass entlang einer durch das Ausgangsrohrteil vorgegebenen Kavitätslängsachse die Querschnittsform jedes Kavitätsquerschnitts der verkleinerten Querschnittsform des bezüglich der Längsachse positionsgleichen bzw. ortsgleichen IHU-Bauteilquerschnitts entspricht, wobei jedoch der Querschnittsumfang jedes Kavitätsquerschnitts jeweils genau mit dem Umfang des Ausgangsrohrteils übereinstimmt.

Die Querschnittsgeometrie eines Querschnitts setzt sich im Wesentlichen aus der Form bzw. der Querschnittsform und dem Umfang bzw. dem Querschnittsumfang zusammen, woraus sich eine zugehörige Fläche bzw. Querschnittsfläche ergibt.

Die Kavität des erfindungsgemäßen Werkzeugs weist eine durch das Ausgangsrohrteil vorgegebene Kavitätslängsachse auf, wobei diese Kavitätslängsachse im Wesentlichen mit der Längsachse eines eingelegten Ausgangsrohrteils identisch ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass an jeder Stelle bzw. an jedem Ort auf dieser Kavitätslängsachse der jeweilige Kavitätsquerschnitt eine verkleinerte Querschnittsform des herzustellenden IHU-Bauteils bezüglich eines IHU-Bauteilquerschnitts an der selben Stelle auf der Längsachse aufweist, wobei jedoch der jeweilige Querschnittsumfang genau dem Umfang des Ausgangsrohrteils entspricht. Der Umfang des Ausgangsrohrteils bestimmt somit an jeder Stelle den Skalierungsfaktor für die Verkleinerung der Querschnittsform des jeweiligen IHU-Bauteilquerschnitts (wobei gilt, dass der Skalierungsfaktor  $\leq 1$  ist). Gegenüber dem herzustellenden IHU-Bauteil bzw. gegenüber der Kavität des formgebenden IHU-Werkzeugs weist die Kavität des erfindungsgemäßen Werkzeugs entlang ihrer Kavitätslängsachse somit einen variablen Offset auf, wobei sich das jeweilige Offsetmaß aus dem Skalierungsfaktor ergibt.

Jeder Querschnitt eines mit diesem Werkzeug vorgeformten Ausgangsrohrteils hat beim anschließenden Innenhochdruckumformen in einem IHU-Werkzeug entlang seines Umfangs den gleichen Abstand bzw. einen konstanten Abstand zur Kavitätswandung des IHU-Werkzeugs. Dadurch wird beim Innenhochdruckumformen über den Umfang betrachtet eine annähernd gleichmäßige Umformung und Abstreckung des Rohrmaterials und somit eine hervorragende Materialnutzung erzielt. Hieraus ergeben sich viele Vorteile für den IHU-Prozess und für die Eigenschaften des IHU-Bauteils. Bspw. weist das derart hergestellte IHU-Bauteil im Wesentlichen eine gleichmäßige Wanddicke auf.

Die Vorformung eines in der Kavität des erfindungsgemäßen Werkzeugs befindlichen Ausgangsrohrteils erfolgt insbesondere derart, dass wenigstens eines der Werkzeugteile relativ zu wenigstens einem der anderen Werkzeugteile bewegt wird. Die erfindungsgemäßen Gestaltungsmerkmale für die Kavität beziehen sich vorrangig auf einen finalen formgebenden Zustand der Kavität am Ende des Umformvorgangs, wobei die Werkzeugteile insbesondere den geringstmöglichen Abstand zueinander aufweisen. Die Kontur der Kavität (bzw. die Kavitätskontur) kann als Gesamtheit der geometrischen Gestaltungsmerkmale der Kavitätswandung aufgefasst werden.

Da der Querschnittsumfang jedes Kavitätsquerschnitts auf der Kavitätslängsachse genau dem Umfang des Ausgangsrohrteils entspricht, erfolgt an jeder Stelle eine definierte, exakte und stauchungsfreie Umformung bzw. Vorformung des Ausgangsrohrteils. Eine unbestimmte Formgebung wird vermieden. Im Hinblick auf das nachfolgende Innenhochdruckumformen weist ein mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug vorgeformtes Ausgangsrohrteil eine im Wesentlichen optimale Vorform und damit einhergehende optimale Verteilung des Rohrmaterials auf.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass es sich bei dem erfindungsgemäßen Werkzeug um ein pressengebundenes Werkzeug mit einem Werkzeugunterteil und einem hierzu relativbeweglichen Werkzeugoberteil handelt. Durch Anheben und Absenken des Werkzeugoberteils kann das Werkzeug geöffnet und geschlossen werden. Durch Aufbringen einer Presskraft erfolgt bei geschlossenem Werkzeug die Umformung bzw. Vorformung eines in der Kavität befindlichen Ausgangsrohrteils, wobei dieses die durch die Kontur der Kavität vorgegebene Vorform annimmt.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Werkzeugs zum Vorformen eines metallischen Ausgangsrohrteils für ein anschließendes Innenhochdruckumformen umfasst im Wesentlichen folgende Schritte:

- a. Bereitstellen der die Form (Gesamtform) des herzustellenden IHU-Bauteils bestimmenden Geometriedaten oder alternativ der Geometriedaten der Kavität des IHU-Werkzeugs;
- b. Bestimmen des Umfangs und gegebenenfalls auch der Querschnittsform des zu verwendenden Ausgangsrohrteils, wozu bspw. der kleinste Querschnitt des IHU-Bauteils betrachtet und anhand dessen Querschnittsumfang, insbesondere abzüglich 3 %, der Umfang des Ausgangsrohrteils bestimmt wird;
- c. Ermitteln der für das Vorformen des Ausgangsrohrteils erforderlichen Kontur für eine formgebende Kavität mit Hilfe von Führungsschnitten, wozu entlang der Längsachse des IHU-Bauteils (oder alternativ entlang der Längsachse der Kavität des IHU-Werkzeugs) zunächst Querschnitte erzeugt und diese dann jeweils bezüglich ihres Umfangs auf den ermittelten Umfang des Ausgangsrohrteils verkleinert bzw. skaliert werden, wobei im Weiteren die so erhaltenen Führungsschnitte zusammengeführt werden können, um hieraus die Kontur der Kavität zu bestimmen; und

- d. Fertigen des Werkzeugs mit einer diese Kontur aufweisenden Kavität.

Dieses Verfahren kann weitere Schritte und/oder Zwischenschritte aufweisen. Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Schritte a., b. und c., insbesondere automatisiert, mit einem CAD-Programm oder dergleichen, also mit Hilfe einer Computereinrichtung, ausgeführt werden.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils durch Innenhochdruckumformen umfasst zumindest folgende Schritte:

- Bereitstellen eines Ausgangsrohrteils, wobei es sich insbesondere um ein von einem Halbzeug abgelängtes Ausgangsrohrteilstück mit einer definierten axialen Länge handelt;
- Vorformen und insbesondere knickfreies Vorformen des Ausgangsrohrteils in einem erfindungsgemäßen Werkzeug zum Vorformen; und
- Innenhochdruckumformen des vorgeformten Ausgangsrohrteils in einem IHU-Werkzeug.

Die einzelnen Schritte und die dafür verwendeten Vorrichtungen bzw. Werkzeuge sind aufeinander abgestimmt. Das vorgeschlagene Verfahren kann weitere Schritte und/oder Zwischenschritte aufweisen, von denen einige nachfolgend noch näher erläutert werden.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Ausgangsrohrteil in einem dem Vorformen vorausgehenden Schritt, im Wesentlichen ohne Veränderung irgendeines Querschnitts, vorgebogen wird. Das Biegen bzw. Vorbiegen führt zu einer Werkstück-Längsachse mit einem ungeraden und vorzugsweise komplexen, jedoch insbesondere knickfreien, räumlichen Verlauf, der insbesondere zumindest annähernd dem herzustellenden IHU-Bauteil entspricht (wie bspw. in der EP 0 195 157 B1 gezeigt). Das Vorbiegen dient unter anderem auch dazu, dass das vorgebogene Ausgangsrohrteil formfolgend in die Kavität des Werkzeugs zum Vorformen eingelegt werden kann.

Das Ausgangsrohrteil ist bevorzugt aus einem Aluminium- oder einem Stahlmaterial gebildet. Das Ausgangsrohrteil kann jedoch auch aus anderen Materialien (bspw. Messing) gebildet sein.

Bevorzugt weist das Ausgangrohrteil einen kreisrunden oder ovalen Querschnitt bzw. eine kreisrunde oder ovale Querschnittsform (bezogen auf die Außenform) auf. Das Ausgangrohrteil kann auch andere Querschnittsformen (bspw. eine Polygonform) aufweisen.

Ferner ist bevorzugt vorgesehen, dass beim Innenhochdruckumformen im IHU-Werkzeug über der Längsachse des vorgeformten Ausgangrohrteils unterschiedliche auf plastischer Materialverformung beruhende Umfangsdehnungen erzielt werden, die insbesondere in einem Bereich zwischen 3 % und 10 % liegen. Typischerweise kann die Umfangsdehnung an den Rohrenden größer ausfallen und dort bspw. bis zu 10 % betragen, während die geringeren Umfangsdehnungen in mittleren Rohrabschnitten wenigstens 3 % betragen sollten. Insbesondere in Kombination mit den vorausgehend genannten Materialien ist bei Umfangsdehnungen in dem genannten Bereich eine wärmebehandlungsfreie Umformung möglich. Die Verformung mit einem erfindungsgemäßen Werkzeug ermöglicht werkstoffabhängig zum Teil höhere Umfangsdehnungen bzw. Umfangsvergrößerungen beim Innenhochdruckumformen, als mit den aus dem Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen.

Bevorzugter Weise wird das vorgeformte Ausgangrohrteil derart in die Kavität des IHU-Werkzeugs eingelegt, dass dieses an jeder Stelle seiner Längsachse über den jeweiligen Querschnittsumfang den gleichen Abstand zur Kavitätswandung des IHU-Werkzeugs aufweist, d. h. von einem gleichbreiten Spalt umgeben ist, wobei der Abstand bzw. die Spaltbreite abhängig von der Position des jeweiligen Querschnitts auf der Längsachse variieren kann. Dadurch wird beim Innenhochdruckumformen über den Umfang betrachtet eine annähernd gleichmäßige Umformung und Abstreckung des Rohrmaterials und somit eine hervorragende Materialnutzung erzielt, wie obenstehend bereits erläutert. Das IHU-Werkzeug kann geeignete Positionierelemente aufweisen.

Bei dem herzustellenden IHU-Bauteil handelt es sich insbesondere um ein Kraftfahrzeugbauteil, wie insbesondere eine Karosseriebauteil (bspw. ein Innenverstärkungsteil) oder ein Achsteil (bspw. ein Längsträger oder Querträger). Sowohl ein erfindungsgemäßes Werkzeug zum Vorformen als auch ein erfindungsgemäßes Verfah-

ren zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils werden somit bevorzugt zur Herstellung eines Kraftfahrzeugbauteils verwendet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der schematischen Figuren näher erläutert. Die in den Figuren gezeigten und/oder die nachfolgend erläuterten Merkmale können, unabhängig von konkreten Merkmalskombinationen, allgemeine Merkmale der Erfindung sein.

- Fig. 1 zeigt jeweils in einer Seitenansicht mehrere Stadien eines rohrartigen Werkstücks beim Herstellen eines IHU-Bauteils.
- Fig. 2 zeigt in einer Schnittdarstellung ein gemäß dem Stand der Technik vorgeformtes und in die Kavität eines IHU-Werkzeugs eingelegtes Ausgangrohrteil vor dem Innenhochdruckumformen.
- Fig. 3 zeigt einen Teilausschnitt aus einem erfindungsgemäßen Werkzeug zum Vorformen eines Ausgangrohrteils.
- Fig. 4 zeigt in einer Schnittdarstellung ein mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug aus Fig. 3 vorgeformtes und in die Kavität eines IHU-Werkzeugs eingelegtes Ausgangrohrteil vor dem Innenhochdruckumformen.

Fig. 1a zeigt ein metallisches Ausgangrohrteil bzw. Ausgangrohrstück 100. Das Ausgangrohrteil 100 weist entlang seiner Längsachse L einen konstant kreisrunden Querschnitt (bezogen auf die Außenform) mit dem Umfang  $U_1$  und einer gleichmäßigen Wanddicke auf. Das Ausgangrohrteil 100 ist bspw. aus einem Aluminium- oder einem Stahlmaterial gebildet.

Das Ausgangrohrstück 100 dient als Werkstück, welches nachfolgend zu dem in Fig. 1c gezeigten, innenhochdruckumgeformten, rohrartigen IHU-Bauteil 120 umgeformt wird. Hierzu wird das Ausgangrohrstück 100 zunächst vorgeformt, wobei lediglich dessen Querschnittsform verändert und an die Kontur der Kavität des IHU-Werkzeugs angepasst wird, wie nachfolgend noch näher erläutert. Fig. 1b zeigt das vorgeformte Ausgangrohrstück 110, das einen Querschnittsumfang  $U_2$  aufweist. Die

jeweilige Längsachse ist sowohl für das Ausgangrohrteil 100 als auch für das vorgeformte Ausgangrohrteil 110 und das IHU-Bauteil 120 mit L bezeichnet.

Das IHU-Bauteil 120 ist entlang seiner Längsachse L mit unterschiedlichen Querschnittsgeometrien ausgebildet, so dass sich die Querschnitte hinsichtlich ihrer Querschnittsform und/oder ihres Querschnittsumfangs unterscheiden. Beispielhaft liegen die beim Innenhochdruckumformen erzielten Umfangsdehnungen an den axialen Bauteilenden des in Fig. 1c gezeigten IHU-Bauteil 120 bei ca. 10 % und im mittleren Bereich bei ca. 3 %.

Das IHU-Bauteil 120 kann abweichend zu dem in Fig. 1c gezeigten Beispiel einen komplexen, räumlich mehrfach gebogenen und/oder gekrümmten Längsverlauf aufweisen, wie bspw. in der in der EP 0 195 157 B1 gezeigt. Insbesondere für diesen Fall kann vorgesehen sein, dass das Ausgangrohrteil 100 vor dem Vorformen zunächst gebogen bzw. vorgebogen wird, wie obenstehend bereits darlegt. Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich in analoger Weise auch auf diesen Fall.

Fig. 2 zeigt beispielhaft in einer schematischen Schnittansicht an der Stelle x der Längsachse L (siehe Fig. 1) ein gemäß dem Stand der Technik vorgeformtes und in die Kavität 330 eines mehrteiligen IHU-Werkzeugs 300 eingelegtes Ausgangrohrteil 110' vor dem Innenhochdruckumformen. Das vorgeformte Ausgangrohrteil 110' weist, zumindest an der gezeigten Stelle, eine an das herzustellende IHU-Bauteil 120 angenäherte Querschnittsgeometrie auf. Beim Innenhochdruckumformen wird der Rohrmantel des vorgeformten Ausgangrohrteils 110' gegen die Kavitätswandung 331 gedrückt und hierbei entsprechend der Kontur der Kavitätswandung 331 geformt, wie eingangs erläutert.

Während des Innenhochdruckumformens kommt es in dem mit A gekennzeichneten Eckbereich zu einer starken Umformung des vorgeformten Ausgangrohrteils 110', was mit einer starken Ausdünnung des Mantelmaterials und gegebenenfalls mit der Entstehung eines Risses bzw. eines Reißers einhergeht, wohingegen in dem mit B gekennzeichneten Bereich nur eine geringe Umformung stattfindet. Das hergestellte IHU-Bauteil 120 weist daher entlang seines Umfangs unterschiedliche Wanddicken auf, womit diverse Nachteile einhergehen.

Im Weiteren wird hierzu auch auf die entsprechenden Erläuterungen im Stand der Technik hingewiesen (siehe z. B. DE 10 2006 028 099 A1, Abs. [0061] und [0062], sowie DE 199 46 010 B4, Abs. [0042], [0043], [0052] und [0053]).

Zur Behebung der mit dem Stand der Technik einhergehenden Nachteile weist die Kavität 230 eines erfindungsgemäßen Werkzeugs 200 (siehe Fig. 3) zum Vorformen des Ausgangsrohrteils 100 sowohl eine von der Form des herzustellenden IHU-Bauteils 120 abgeleitete als auch an den Umfang U1 des umzuformenden Ausgangsrohrteils 100 angepasste Kontur auf. Hierzu ist vorgesehen, dass entlang einer durch das Ausgangsrohrteil 100 vorgegebenen Kavitätslängsachse L die Querschnittsform jedes Kavitätsquerschnitts jeweils der verkleinerten Querschnittsform des positionsgleichen IHU-Bauteilquerschnitts entspricht, wobei jedoch der Umfang jedes Kavitätsquerschnitts jeweils genau mit dem Umfang U1 des Ausgangsrohrteils 100 übereinstimmt.

Dies ergibt sich anschaulich aus Fig. 1. An der Stelle x auf der Längsachse L ergibt sich, wie mit den Pfeilen veranschaulicht, die Querschnittsgeometrie für das vorgeformte Ausgangsrohrteil 110, wobei diese Querschnittsgeometrie im Wesentlichen mit der Querschnittsgeometrie der formgebenden Kavität 230 des vorformenden Werkzeugs 200 identisch ist, aus der Querschnittsform des IHU-Bauteils 120 an der selben Stelle x und aus dem Umfang U1 des Ausgangsrohrteils 100, so dass gilt:  $U1 = U2$ . Dies gilt analog für jede andere Stelle auf der Längsachse L. Im allgemeinen gilt, dass die Geometrie des vorgeformtes Ausgangsrohrteils 110 im Wesentlichen mit der Kavitätsgeometrie 230 des vorformenden Werkzeugs 200 identisch ist.

Somit stimmt jeder zu einer durch das Ausgangsrohrteil 100 vorgegebenen Kavitätslängsachse L senkrechte Kavitätsquerschnitt der Kavität 230 mit der in ihrem Querschnittsumfang genau auf den Umfang des Ausgangsrohrteils 100 verkleinerten Querschnittsform des positionsgleichen IHU-Bauteilquerschnitts überein bzw. ist hiermit identisch.

Fig. 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Werkzeug 200 zum Vorformen des Ausgangsrohrteils 100 in einer Schnittdarstellung an der Stelle x (siehe Fig. 1). Das in einer Presse eingebaute Werkzeug 200 umfasst ein Werkzeugunterteil 220 und ein hierzu

relativbewegliches Werkzeugoberteil 210, die im geschlossenen Zustand zwischen sich die Kavität 230 zur Aufnahme und Umformung des Ausgangsrohrteils 100 begrenzen. Die Querschnittsgeometrie der Kavität 230 an der gezeigten Stelle ergibt sich wie vorausgehend erläutert. Die Bewegbarkeit des Werkzeugoberteils 210 ist mit dem Doppelpfeil M veranschaulicht.

Zum Vorformen wird das Ausgangsrohrteil 100 bei geöffnetem Werkzeug 200 in die Kavität 230 eingelegt. Anschließend wird das Werkzeug 200 durch Absenken des Werkzeugoberteils 210 geschlossen, wobei durch Aufbringen einer Presskraft das in der Kavität 230 befindliche Ausgangsrohrteil 100 ohne Umfangsveränderung (d. h.:  $U_2 = U_1$ ) zu dem vorgeformten Ausgangsrohrteil 110 umgeformt wird. Da die Kontur der Kavität 230 genau an den Umfang des Ausgangsrohrteils 110 angepasst ist, erfolgt sowohl an der gezeigten Stelle als auch an jeder anderen Stelle eine definierte, exakte und stauchungsfreie Vorformung des Ausgangsrohrteils 100.

Der Vorformvorgang in einem erfindungsgemäßen Werkzeug 200 kann als Umformen im Gesenk bezeichnet werden, wobei dieses Vorformen insbesondere ohne Stützdruck, gegebenenfalls aber auch mit Stützdruck und insbesondere mit niedrigem Stützdruck (so genanntes druckgestütztes Low-Pressure-Vorformen) erfolgen kann. Nach Öffnen des Werkzeugs 200 kann das vorgeformte Ausgangsrohrteil 110 entnommen und nachfolgend direkt in das IHU-Werkzeug 300 zum Innenhochdruckumformen eingelegt werden.

Fig. 4 zeigt in einer Schnittdarstellung an der Stelle x das mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug 200 vorgeformte und in die Kavität 330 eines IHU-Werkzeugs 300 eingelegte Ausgangsrohrteil 110 vor dem Innenhochdruckumformen. Das vorgeformte Ausgangsrohrteil 110 liegt nicht an der Kavitätswandung 331 des IHU-Werkzeugs 300 an, sondern hat über seinen gesamten Querschnittsumfang einen gleichbleibenden Abstand zur Kavitätswandung 331, so dass sich zwischen dem Rohrmantel des vorgeformten Ausgangsrohrteils 110 und der Kavitätswandung 331 ein umlaufender und im Wesentlichen gleichbreiter Spalt S befindet. Daher wird das vorgeformte Ausgangsrohrteil 110 beim Innenhochdruckumformen im Wesentlichen gleichmäßig aufgeweitet und verformt, woraus eine gleichmäßige Wanddicke über dem Umfang resultiert. Über die Spaltbreite des Spalts S wird die beim Innenhochdruckumformen an

dieser axialen Stelle zu erzielende plastische Umfangsdehnung vorgegeben. Die Spaltbreite des Spalts S kann, abhängig von der Form des IHU-Bauteils 120, entlang der Längsachse L variieren.

## Bezugszeichenliste

Werkzeug zum Vorformen eines Rohrs für ein anschließendes Innenhochdruckumformen, sowie Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkzeugs und zur Herstellung eines Bauteils durch Innenhochdruckumformen

100	Ausgangsrohrteil
110	vorgeformtes Ausgangsrohrteil
120	IHU-Bauteil
200	Werkzeug zum Vorformen
210	Werkzeugoberteil
220	Werkzeugunterteil
230	Kavität
231	Kavitätswandung
300	IHU-Werkzeug
330	Kavität
331	Kavitätswandung
A	Bereich
B	Bereich
L	Längsachse
M	Öffnungs- / Schließbewegung
S	Spalt
T	Trennebene
U1	Umfang des Ausgangsrohrteils
U2	Umfang des vorgeformten Ausgangsrohrteils, bzw. Querschnittsumfang des Kavitätsquerschnitts an der selben Stelle
x	Position (bzw. Stelle) auf der Längsachse

## Patentansprüche

Werkzeug zum Vorformen eines Rohrs für ein anschließendes Innenhochdruckumformen, sowie Verfahren zur Herstellung eines solchen Werkzeugs und zur Herstellung eines Bauteils durch Innenhochdruckumformen

1. Werkzeug (200) zum Vorformen eines metallischen Ausgangsrohrteils (100) für ein anschließendes Innenhochdruckumformen zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils (120), mit mehreren zueinander relativbeweglichen Werkzeugteilen (210, 220), die zwischen sich eine formgebende Kavität (230) zur Aufnahme und Umformung des Ausgangsrohrteils (100) begrenzen,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Kavität (230) eine sowohl von der Form des herzustellenden IHU-Bauteils (120) abgeleitete als auch an den Umfang (U1) des umzuformenden Ausgangsrohrteils (100) angepasste Kontur aufweist, dergestalt, dass jeder zu einer durch das Ausgangsrohrteil (100) vorgegebenen Kavitätslängsachse (L) senkrechte Kavitätsquerschnitt mit der in ihrem Querschnittsumfang genau auf den Umfang des Ausgangsrohrteils (100) verkleinerten Querschnittsform des positionsgleichen IHU-Bauteilquerschnitts übereinstimmt.
2. Werkzeug (200) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
es sich um ein pressegebundenes Werkzeug (200) mit einem Werkzeugunterteil (220) und einem hierzu relativbeweglichen Werkzeugoberenteil (210) handelt.
3. Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugs (200) gemäß Anspruch 1 oder 2, mit folgenden Schritten:
  - a. Bereitstellen der die Form des herzustellenden IHU-Bauteils (120) bestimm-

- menden Geometriedaten;
- b. Bestimmen des Umfangs des zu verwendenden Ausgangsrohrteils (100);
  - c. Ermitteln der für das Vorformen des Ausgangsrohrteils (100) erforderlichen Kontur für eine formgebende Kavität (230) mit Hilfe von Führungsschnitten, wozu entlang der Längsachse (L) des IHU-Bauteils (120) zunächst Querschnitte erzeugt und diese dann bezüglich ihres Umfangs auf den ermittelten Umfang des Ausgangsrohrteils (100) verkleinert werden; und
  - d. Fertigen des Werkzeugs (200) mit einer diese Kontur aufweisenden Kavität (230).
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Schritte a., b. und c., insbesondere automatisiert, mit einem CAD-Programm ausgeführt werden.
5. Verfahren zur Herstellung eines rohrartigen IHU-Bauteils (120) durch Innenhochdruckumformen, mit folgenden Schritten:
- Bereitstellen eines Ausgangsrohrteils (100);
  - Vorformen des Ausgangsrohrteils (100) in einem Werkzeug (200) gemäß Anspruch 1 oder 2; und
  - Innenhochdruckumformen des vorgeformten Ausgangsrohrteils (110) in einem IHU-Werkzeug (300).
6. Verfahren nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Ausgangsrohrteil (100) in einem dem Vorformen vorausgehenden Schritt zunächst gebogen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Ausgangsrohrteil (100) aus einem Aluminium- oder einem Stahlmaterial gebildet ist und insbesondere einen kreisrunden oder ovalen Querschnitt aufweist.
8. Verfahren (100) nach einem der vorausgehenden Ansprüche 5 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
beim Innenhochdruckumformen über der Längsachse (L) des vorgeformten Ausgangsrohrteils (110) unterschiedliche Umfangsdehnungen erzielt werden, die insbesondere in einem Bereich zwischen 3 % und 10 % liegen.
9. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche 5 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das vorgeformte Ausgangsrohrteil (110) derart in die Kavität (330) des IHU-Werkzeugs (300) eingelegt wird, dass dieses an jeder Stelle seiner Längsachse (L) über den jeweiligen Querschnittsumfang den gleichen Abstand (S) zur Kavitätswandung (331) aufweist.
10. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche 5 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
es sich bei dem herzustellenden IHU-Bauteil (120) um ein Kraftfahrzeugbauteil handelt.

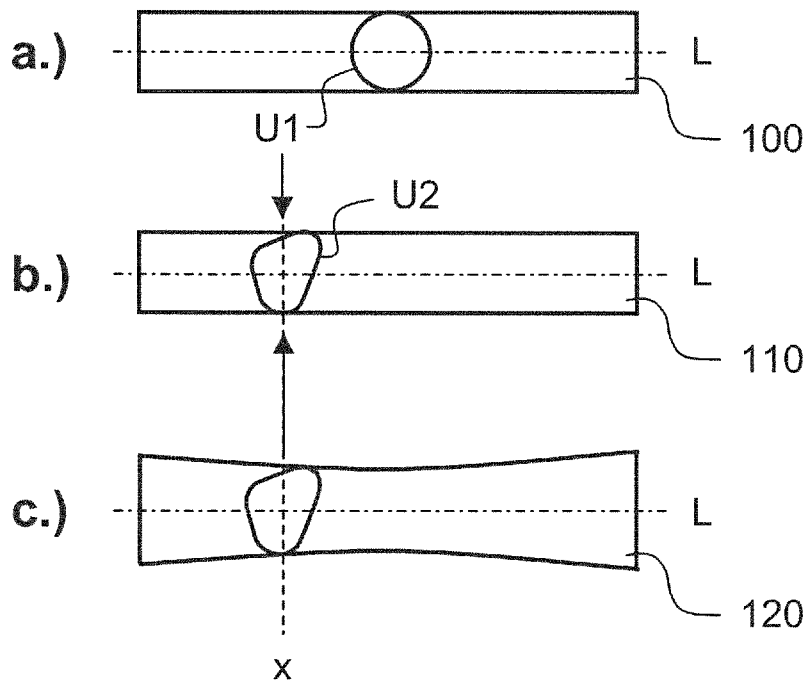


Fig. 1

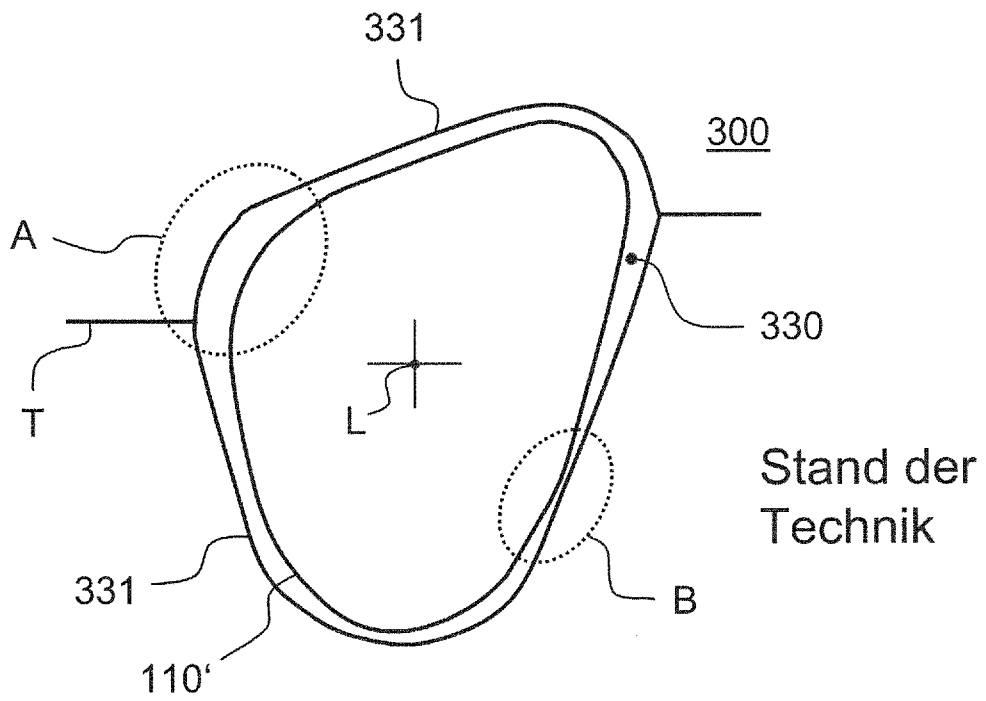
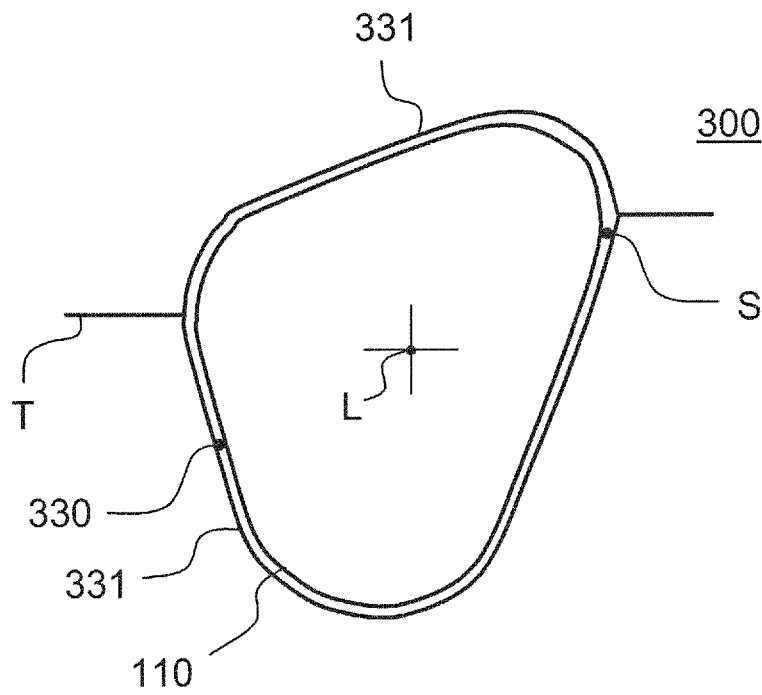
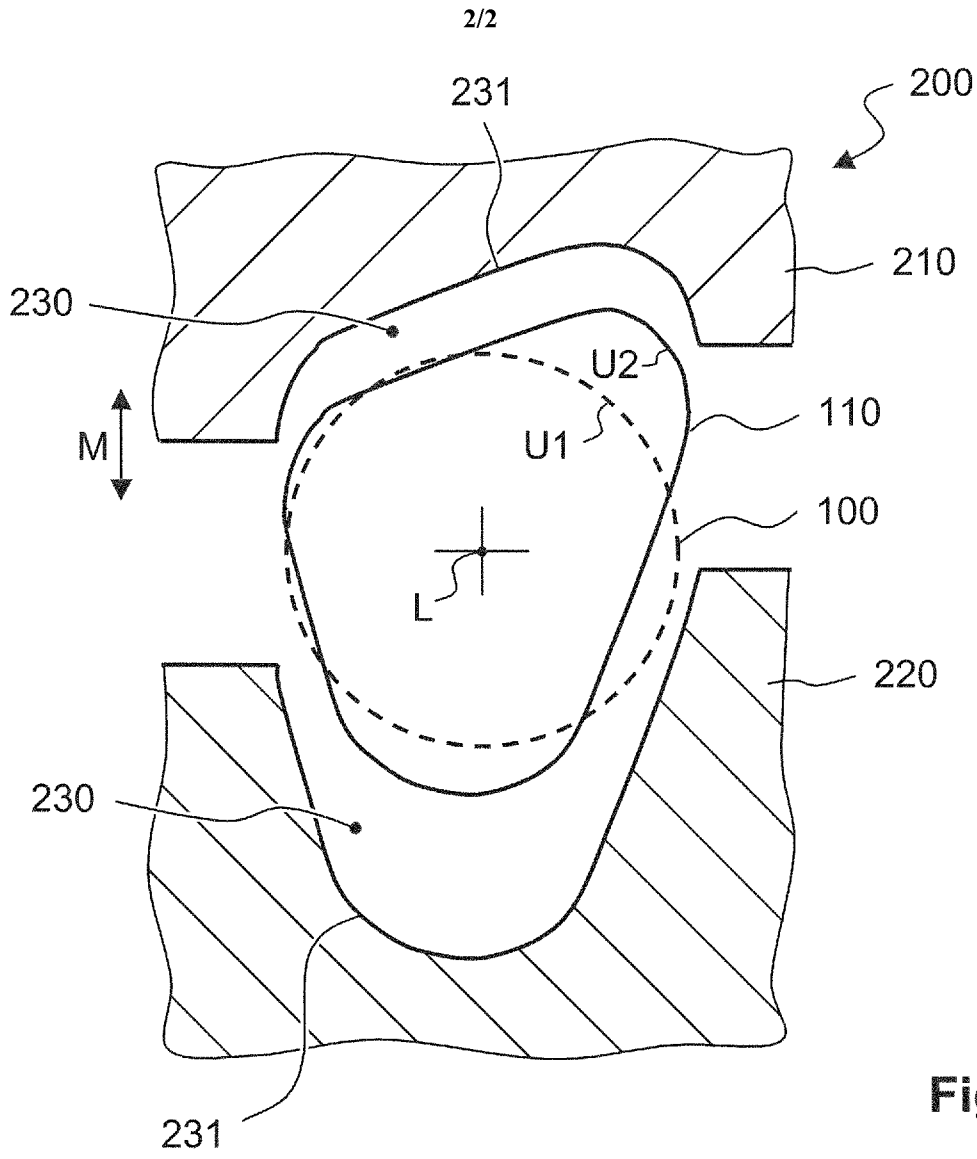


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/063275

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B21D26/033 B21D26/047  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
B21D  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/285213 A1 (GOLOVASHCHENKO SERGEY FEDOROVICH [US]) 15 November 2012 (2012-11-15) paragraph [0017] - paragraph [0023] paragraph [0038]; figures	1,2,5-8, 10
A	----- EP 0 195 157 A2 (STANDARD TUBE INC [CA]) 24 September 1986 (1986-09-24) cited in the application abstract; claim 1; figures	3
A	----- DE 10 2006 028099 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 27 December 2007 (2007-12-27) cited in the application abstract; claim 1; figures	1,3
	----- -/--	1,3

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  4 September 2014	Date of mailing of the international search report  15/09/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Pieracci, Andrea

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/063275

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 46 010 A1 (ALUSUISSE TECH & MAN AG [CH] ALCAN TECH & MAN AG [CH]) 1 March 2001 (2001-03-01) abstract; claim 1; figures -----	1,3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/063275

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012285213	A1	CN 102773326 A	14-11-2012
		US 2012285213 A1	15-11-2012
-----			
EP 0195157	A2	BR 8504492 A	16-12-1986
		CA 1227921 A1	13-10-1987
		DE 3574834 D1	25-01-1990
		EP 0195157 A2	24-09-1986
		JP H0555209 B2	16-08-1993
		JP S61219435 A	29-09-1986
		MX 162457 A	13-05-1991
		US 4567743 A	04-02-1986
-----			
DE 102006028099	A1	NONE	
-----			
DE 19946010	A1	CA 2378346 A1	15-02-2001
		DE 19946010 A1	01-03-2001
		DE 19946011 A1	08-02-2001
		US 6763693 B1	20-07-2004
		US 2004048013 A1	11-03-2004
-----			

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/063275

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B21D26/033 B21D26/047  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 B21D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/285213 A1 (GOLOVASHCHENKO SERGEY FEDOROVICH [US]) 15. November 2012 (2012-11-15)	1,2,5-8, 10
A	Absatz [0017] - Absatz [0023] Absatz [0038]; Abbildungen	3
A	EP 0 195 157 A2 (STANDARD TUBE INC [CA]) 24. September 1986 (1986-09-24) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen	1,3
A	DE 10 2006 028099 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 27. Dezember 2007 (2007-12-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen	1,3
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
4. September 2014	15/09/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Pieracci, Andrea
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 46 010 A1 (ALUSUISSE TECH & MAN AG [CH] ALCAN TECH & MAN AG [CH]) 1. März 2001 (2001-03-01) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen -----	1,3

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/063275

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012285213 A1	15-11-2012	CN 102773326 A	14-11-2012
		US 2012285213 A1	15-11-2012
-----			
EP 0195157 A2	24-09-1986	BR 8504492 A	16-12-1986
		CA 1227921 A1	13-10-1987
		DE 3574834 D1	25-01-1990
		EP 0195157 A2	24-09-1986
		JP H0555209 B2	16-08-1993
		JP S61219435 A	29-09-1986
		MX 162457 A	13-05-1991
		US 4567743 A	04-02-1986
-----			
DE 102006028099 A1	27-12-2007	KEINE	
-----			
DE 19946010 A1	01-03-2001	CA 2378346 A1	15-02-2001
		DE 19946010 A1	01-03-2001
		DE 19946011 A1	08-02-2001
		US 6763693 B1	20-07-2004
		US 2004048013 A1	11-03-2004
-----			