(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
17. Dezember 2015 (17.12.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/189187 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B21C 37/15 (2006.01) *B21D 39/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/062811

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Juni 2015 (09.06.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 108 145.5 10. Juni 2014 (10.06.2014) DE

(71) Anmelder: **EISENBAU KRÄMER GMBH** [DE/DE]; Karl-Krämer-Straße 12, 57223 Kreuztal (DE).

(72) Erfinder: **PAVLYK, Vitaliy**; Wiesenstr. 11, 57271 Hilchenbach (DE). **REICHEL, Thilo**; Kampenstr. 22, 57072 Siegen (DE). **ARETOV, Ivan**; Nordstr. 30, 57223 Kreuztal (DE).

(74) Anwalt: **FLECK, H.-J.**; Klingengasse 2, 71665 Vaihingen/Enz (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, 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, ST, 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)*

WO 2015/189187 A1

(54) **Title**: METHOD FOR PRODUCING A LARGE MULTILAYER PIPE

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES MEHRLAGIGEN GROßROHRES

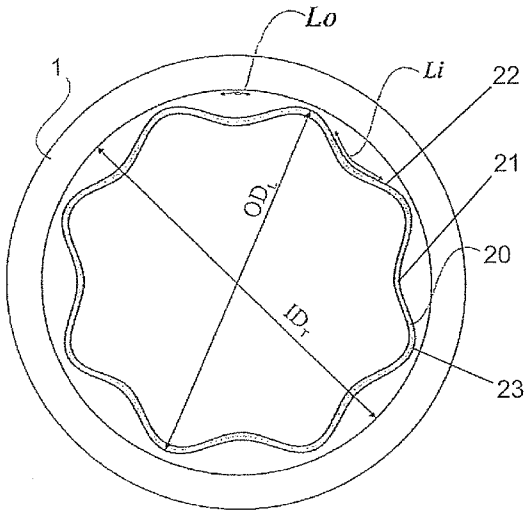


Fig. 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a method for producing a large multilayer pipe from an outer pipe (1), which forms a carrier layer, and at least one inner pipe (2), which forms a support layer and which is bent from a support plate or is present in seamless form, said method having the following sequence of method steps - providing an undulating inner pipe (20), bent from the support plate, having a continuously rounded wave-like contour (22) which runs transversely to the longitudinal axis of the large pipe and has wave troughs (21) and wave peaks (23) extending continuously over the length of the undulating inner pipe (20), wherein the maximum outer diameter (OD_L) of the undulating inner pipe (20) is smaller than the inner diameter (ID_T) of the outer pipe (1), - inserting the undulating inner pipe (20) into the outer pipe (1), - widening the undulating inner pipe (20) by means of a radially outwardly acting expansion force, until it adopts a round shape and is wedged in the outer pipe (1) with a force fit once the expansion force has been eliminated, and - subsequent relaxation.

(57) **Zusammenfassung**: Die Erfindung bezieht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres aus einem eine Trägerschicht bildenden Außenrohr (1) und mindestens einem eine Auflageschicht bildenden Innenrohr (2), das aus einem Auflageblech gebogen wird oder nahtlos vorliegt, mit der Folge der Verfahrensschritte - Bereitstellen eines aus dem Auflageblech gebogenen gewellten Innenrohres (20) mit einer quer zur Längsachse des Großrohres verlaufenden stetig gerundeten wellenförmigen Kontur (22) mit sich über die Länge des gewellten Innenrohres (20) stetig erstreckenden Wellentälern (21) und Wellenbergen (23), wobei der maximale Außendurchmesser (OD_L) des gewellten Innenrohres (20) kleiner ist als der Innendurchmesser (ID_T) des Außenrohres (1), - Einsetzen des gewellten Innenrohres (20) in das Außenrohr (1), - Aufweiten des gewellten Innenrohres (20) mittels einer radial nach außen wirkenden Dehnkraft, bis es eine runde Form annimmt und sich nach Beseitigen der Dehnkraft im Außenrohr (1) kraftschlüssig einklemmt, und anschließendes Entspannen.

Verfahren zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres aus einem eine Trägerschicht bildenden Außenrohr und mindestens einem eine Auflageschicht bildenden Innenrohr.

Ein Verfahren dieser Art ist in der WO 2004/103603 A1 angegeben. Bei diesem bekannten Verfahren wird das Innenrohr, auch als Linerrohr oder einfach Liner bezeichnet, in das wesentlich dickwandigere Außenrohr, wegen seiner Funktion auch als Trägerrohr bezeichnet, eingeschoben. Danach wird ein Teil des Innenrohres mit einem Expandierwerkzeug radial bis zur Bindung mit dem Außenrohr expandiert, wobei das Innenrohr plastisch und das Außenrohr nur elastisch ausgedehnt wird. Dieser Vorgang wird schrittweise wiederholt, bis die gesamte Länge des Großrohres expandiert ist. Das beschriebene Expandierwerkzeug arbeitet hydraulisch aber trocken, d. h. die Berührung der Flüssigkeit mit dem Innenrohr ist ausgeschlossen. Die kraftschlüssige mechanische Bindung zwischen den beiden Rohren entsteht

dadurch, dass die elastische Rückfederung des Außenrohres größer ist als die Rückfederung des Innenrohres. Voraussetzung für die Kombination der beiden Werkstoffe der Lagen ist, dass die Streckgrenze des Innenrohres niedriger liegt als die Streckgrenze des Außenrohres.

Ein anderes bekanntes und etabliertes Verfahren zur Herstellung mechanisch plattierter bimetallischer Großrohre ist das sogenannte Hydroforming, wie es z. B. von der Firma Butting genutzt wird. Das Prinzip dieses Verfahrens ist in den Fig. 5 und 6 dargestellt. Ein als Liner dienendes, in der Regel hochlegiertes Innenrohr wird in das Außenrohr eingeschoben und an den Enden dicht verschweißt. Danach erfolgt ein dreidimensionaler hydraulischer Expansionsprozess in einer Hydroforming-Presse. Mittels Wasserdrucks werden das Innenrohr und das Außenrohr bei Raumtemperatur gemeinsam geringfügig expandiert. Dabei werden Drücke eingesetzt, die das Außenrohr zum Fließen bringt, so dass ein Außengesenk notwendig ist, um das Großrohr vor unkontrollierter Ausdehnung und Bruch zu schützen. Aufgrund einer größeren elastischen Rückfederungsrate des Außenrohres wird das Innenrohr nach der Druckentlastung in einen Druckeigenspannungszustand versetzt, wie aus dem in Fig. 6 gezeigten Spannungs-Dehnungs-Diagramm ersichtlich (Quelle: http://www.butting.com). Dadurch entsteht eine kraftschlüssige mechanische Verbindung zwischen dem Außenrohr und dem Innenrohr. Um diese Verbindung durch die Ausdehnung des Rohres von innen bewirken zu können, muss das Material des Außenrohres eine höhere Streckgrenze aufweisen als das Material des Innenrohres, wie aus Fig. 6 hervorgeht. Je größer der Unterschied zwischen den Umfangsspannungen zum Zeitpunkt der maximalen Ausdehnung im Außenrohr und im Innenrohr (d. h. $\sigma_{A_expansion} - -\sigma_{I_expansion}$), desto größer ist die Restdruckeigenspannung im Innenrohr bzw. Liner $\sigma_{\varphi i}$ nach der Druckentlastung und somit auch die entstehende Verbindungskraft zwischen dem Außenrohr und dem Innenrohr.

Ein weiteres Verfahren zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres aus einem Außenrohr und einem Innenrohr in Form einer größtenteils kraftschlüssig verbundenen Auflageschicht ist in der DE 10 2013 103 811 B3 gezeigt. Bei der Herstellung wird ein bereits mit einer Anfangsbiegung vorgebogenes Trägerblech verwendet, auf das ein ebenfalls bereits vorgebogenes Auflageblech aufgelegt wird, welches entlang seiner beiden Längskanten mit dem Trägerblech verbunden wird, wonach der Verbund zu dem mehrlagigen Großrohr eingeformt und mit einer Längsschweißnaht versehen wird.

In den meisten Fällen werden die mehrlagigen Großrohre mit einem Korrosionsschutz beschichtet. Bei der Beschichtung werden die Rohre auf eine erhöhte Temperatur (in einem Bereich von ca. 250 bis 270° C) gebracht. Dies ist für derartige Mehrlagenrohre insofern problematisch, da aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten des in der Regel aus Kohlenstoffstahl bestehenden Außenrohrs ($10{,}5 \times 10^{-6}\ K^{-1}$) und des hoch legierten austenitischen Materials des Innenrohrs, wie z. B. rostfreiem 316L-Stahl ($16{,}0 \times 10^{-6}\ K^{-1}$), sich der Druck im Liner durch Aufheizen und Abkühlen abbaut. Dadurch sinkt die Bindungskraft, wodurch sogar eine komplette Ablösung des Innenrohrs von dem Außenrohr erfolgen kann.

In der DE 593 559 A ist ein Verfahren zur Herstellung von doppelwandigen Metallrohren gezeigt, bei dem in ein außen liegendes Mantelrohr ein in seiner Längsnaht unverschweißtes Futterrohr eingesetzt wird, wobei sich die Futterrohrlängsnähte etwas überlappen. Durch anschließendes Aufweiten der Rohre mittels Innendruckes federt das Futterrohr in seine ursprüngliche Form mit stumpfem Nahtstoß zurück, und beim Nachlassen des Druckes schrumpft das Mantelrohr auf das Futterrohr kalt auf. Bei dieser Vorgehensweise verbleibt ein undichter Nahtstoß, der Angriffsstellen für aggressive Medien zulässt.

Ein anderer Rohraufbau eines mehrlagigen Rohres, der allerdings für ein Großrohr zum Transport auch aggressiver Medien nicht geeignet ist, zeigt die US 2 288 340 A. Hierbei ist lediglich eine dünnere innen oder auch außen alternativ aufzubringende Auflageschicht mantelseitig geschlossen, und zwar durch einen durch mehrfache Biegung geschlossenen Saum. Hingegen ist eine dickere Außen- beziehungsweise alternativ Innenlage offen und bildet einen Spalt, um mit seinen spaltseitigen Rändern den nach innen oder außen über die Mantelfläche der betreffenden Schicht vorstehenden Saum seitlich abzustützen. Bei einem Ausführungsbeispiel ist gezeigt, dass die eine Schicht, und zwar die dickere, wenn sie auf der Innenseite des Rohres angeordnet ist, zum Einschieben in das dünnwandigere Außenrohr wellenförmig ausgeführt sein kann, um anschließend gedehnt zu werden, und dann mit ihren Rändern die Abstützfunktion des wulstigen, gebogenen Saums zu bewirken. Zwar ist auch die Möglichkeit erwähnt, im Saumbereich eine Löt- oder Schweißverbindung herzustellen, jedoch dient dies zum Erreichen einer glatten, nahtlosen Erscheinungsform. Hingegen wird eine für mehrlagige Großrohre erforderliche Dichtigkeit der verschiedenen Lagen durch eine solche Ausbildung nicht erreicht.

Des Weiteren sind mehrlagige Großrohre bekannt, die als sogenannte Clad-Rohre metallurgisch mit einer Auflageschicht plattiert sind und so bereits beim Produktionsprozess der Platte in besonderen Fertigungsschritten ausgebildet werden. Bei dieser Vorgehensweise sind der Materialwahl für viele Einsatzfälle jedoch enge Grenzen gesetzt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres der eingangs genannten Art bereitzustellen, das verbesserte Abstimmungsmöglichkeiten auf unterschiedliche Anforderungen ergibt.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und alternativ mit den Merkmalen des Anspruchs 2 gelöst.

Das Verfahren nach Anspruch 1 umfasst die Folge der Verfahrensschritte

- Bereitstellen des aus dem Auflageblech gebogenen oder nahtlosen gewellten Innenrohres (mit geschlossener Wandung) mit einer quer zur Längsachse des Großrohres verlaufenden stetig gerundeten wellenförmigen Kontur mit sich über die Länge des gewellten Innenrohres stetig erstreckenden Wellentälern und Wellenbergen, wobei der maximale Außendurchmesser des gewellten Innenrohres kleiner ist als der Innendurchmesser des (ebenfalls mit geschlossener Wandung vorliegenden) Außenrohres,
- Einsetzen des gewellten Innenrohres in das Außenrohr,
- Aufweiten des gewellten Innenrohres mittels einer radial nach außen wirkenden Dehnkraft, bis es eine zumindest nahezu runde Form annimmt und nach Beseitigen der Dehnkraft an dem Außenrohr anliegt, und anschließendes Entspannen, wodurch sich das Innenrohr im Außenrohr kraftschlüssig einklemmt.

Das Verfahren nach Anspruch 2 umfasst die Folge der Verfahrensschritte

- Bereitstellen eines auf einen vorbestimmten Anfangsbiegeradius vorgebogenen Trägerblechs für die Trägerschicht und mindestens eines auf einen vorbestimmten Anfangsbiegeradius vorgebogenen Auflageblechs, in welches eine quer zur Längsachse des herzustellenden Großrohres verlaufende stetig gerundete wellenförmige Kontur mit sich über die Länge des herzustellenden Innenrohres stetig erstreckenden Wellentälern und Wellenbergen eingeformt wurde oder wird,
- Auflegen des mindestens einen vorgebogenen und mit der wellenförmigen Kontur versehenen Auflageblechs auf die Innenseite des Trägerblechs unter Positionierung und paralleler Ausrichtung ihrer in Richtung der Längsachse

des Großrohres verlaufenden Längskanten zum Bilden der Trägerschicht und mindestens einer gewellten Auflageschicht,

- stoffschlüssiges Verbinden zumindest der beiden Längskanten des mindestens einen mit der wellenförmigen Kontur versehenen Auflageblechs mit dem Trägerblech,
- Einformen des Verbunds aus der stoffschlüssig verbundenen Trägerschicht und mindestens einen gewellten Auflageschicht zu einem geschlitzten mehrlagigen Großrohr mit dem (geschlitzten) Außenrohr und einem (geschlitzten) gewellten Innenrohr,
- Schließen des Spalts des geschlitzten Großrohres durch Längsnahtschweißung,
- Aufweiten des gewellten Innenrohres mittels einer radial nach außen wirkenden Dehnkraft bis es eine zumindest nahezu runde Form annimmt und nach Beseitigen der Dehnkraft an dem Außenrohr anliegt, und anschließendes Entspannen, wodurch sich das Innenrohr im Außenrohr kraftschlüssig einklemmt.

Durch den Ausdruck „nahezu runde Form" soll auch eine gewisse Restwelligkeit der Umfangskontur umfasst werden, die aber jedenfalls wesentlich geringer ist, als die Ausgangswelligkeit (geringere Amplitude, die kleiner als die Wandstärke des Innenrohres ist) und ein Anliegen an dem Außenrohr nach Beseitigen der Dehnkraft ergibt.

In der Regel ist das Außen- bzw. Trägerrohr wesentlich (um ein Mehrfaches) dickwandiger als das Innenrohr. Das Außenrohr besteht vorzugsweise aus Kohlenstoffstahl.

Das Außenrohr bzw. Trägerrohr widersteht hohen mechanischen Belastungen von innen (Innendruck) und außen (Außendruck, z. B. bei Tiefseeanwendungen, Erdrutsch, Erdbeben).

Das Innenrohr muss aggressiven transportierten Medien standhalten. Um ihre Funktion zu erfüllen, müssen sowohl das Innenrohr als auch das Außenrohr umfangsseitig voll geschlossene dichte Ummantelungen bilden, was durch das geschlossene Innenrohr und das geschlossene Außenrohr sichergestellt wird.

Durch die Auswölbungen und Einwölbungen der in Umfangsrichtung verlaufenden wellenförmigen Kontur mit stetig verlaufenden Rundungen bzw. Krümmungen, wobei sich die Einwölbungen und Auswölbungen über die gesamte Länge des gewählten Innenrohres bzw. des Auflagebleches z. B. parallel zur Längsachse des herzustellenden Großrohres oder spiralförmig in dessen Längsrichtung stetig erstrecken, können sehr vielfältige Materialkombinationen zwischen Außenrohr und Innenrohr gewählt werden, da durch die Formgebung bzw. Ausprägung der Wellenstruktur sehr unterschiedliche Dehn- und Staucheigenschaften der unterschiedlichen Materialien von Außenrohr und Innenrohr berücksichtigt werden können. Dies wiederum lässt viele verschiedene Abstimmungsmöglichkeiten auf unterschiedliche Anforderungen zu, wie z. B. unterschiedliche Einsatzbedingungen des Großrohres oder unterschiedliche Stoffe, die durch das Rohr geleitet werden sollen. Denkbar ist dabei auch, dass das Aufweiten und nachfolgende Entspannen erst durchgeführt werden, wenn mehrere Rohre zu einer längeren Leitung vor Ort miteinander verbunden sind. Beispielsweise erfolgt bei einem Leitungstest ohnehin eine Beaufschlagung mit einem höheren Druck als der Betriebsdruck, so dass derartige Dehnkräfte vor Ort zur Verfügung gestellt werden können.

Nach der Entspannung entsteht eine stabile kraftschlüssige Verbindung dadurch, dass das Innenrohr beim Ausdehnen umgeformt und gestaucht wird, d. h. unter Druckspannung versetzt wird, wobei das Außenrohr noch in dem elastischen Bereich unter einer Zugspannung bleiben kann. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn die Aus-

dehnung bzw. Aufweitung an einem bereits von außen beschichteten Rohr durchgeführt wird, weil dabei kein Außengesenk für das Auffangen des Außenrohres notwendig ist, welches die Außenbeschichtung beschädigen könnte. Das Außenrohr kann auch, muss aber nicht, bis in den plastischen Bereich ausgedehnt werden.

Mögliche Vorgehensweisen bestehen darin, dass die wellenförmige Kontur in einen fertigen längs- oder spiralförmig geschweißten oder nahtlosen Rohrkörper eingeformt wird.

Eine vorteilhafte Vorgehensweise besteht außerdem darin, dass die wellenförmige Kontur bereits im ebenen Ausgangszustand in das Auflageblech eingeformt wird.

Ein fester kraftschlüssiger Verbund zwischen Außenrohr und Innenrohr wird dadurch erreicht, dass im ungedehnten Zustand vor dem Aufweiten eine in Umfangsrichtung gemessene Außenumfangslänge des gewellten Innenrohres gewählt wird, die die Länge eines kleinst möglichen Kreises, welcher das Innenrohr von außen gerade umhüllt, überschreitet, und dass die Außenumfangslänge höchstens so groß gewählt wird, dass nach Aufweiten und Beseitigen der Dehnkraft gerade keine Faltenbildung des Innenrohres auftritt. Hierbei (s. Anspruch 4) soll der Begriff des Kreises nicht streng mathematisch verstanden werden, sondern auch in der praktischen Fertigung auftretende Unrundheiten umfassen, insbesondere Ovalitäten, die eine Einhüllende um die Wellenberge (Maxima) bilden. Die Abstimmung von Außenumfangslänge (Perimeter) des gewellten Innenrohres und Innenumfangslänge (Perimeter) des Außenrohres kann im Einzelfall in Abhängigkeit von den gewünschten Materialpartnern und geometrischen Abmessungen, wie Dicke, Durchmesser, geeignet gewählt werden. Es hat sich in Untersuchungen gezeigt, dass eine stabile kraftschlüssige Verbindung auch dann erreicht werden kann, wenn die Außenumfangslänge des gewellten Innenrohres geringfügig kleiner ist als die Innenumfangslänge des Außenrohres.

Eine für die Herstellung des Großrohres vorteilhafte Maßnahme besteht darin, dass vor dem Aufweiten, beispielsweise bereits vor einem Ineinandersetzen, das Außenrohr und das Innenrohr mittels einer Längsnahtschweißung geschlossen werden.

Eine vorteilhafte Vorgehensweise beim Herstellungsprozess besteht darin, dass die Länge des Auflageblechs oder des gewellten Innenrohres höchstens so groß wie die Länge des Außenrohres gewählt wird und dass vor dem Aufweiten zunächst nur die Endabschnitte des gewellten Innenrohres bis an die Innenumfangsfläche des Außenrohres ausgedehnt und stirnseitig mit dem Außenrohr stoffschlüssig verbunden werden.

Eine weitere vorteilhafte Maßnahme zum Erzielen hochwertiger Rohreigenschaften besteht darin, dass bei geringerer Länge des gewellten Innenrohres als das Außenrohr der oder die verbleibenden freien Abschnitte der Innenumfangsfläche des Außenrohres mit einer Auftragsschicht versehen werden.

Verschiedene weitere vorteilhafte Herstellungsvarianten ergeben sich dadurch, dass das Großrohr vor dem oder nach dem Aufweiten auf seiner Außenseite mit einem Korrosionsschutz unter Wärmebehandlung versehen wird. In beiden Fällen wird eine stabile kraftschlüssige Verbindung zwischen Innenrohr und Außenrohr erreicht, wobei das Ausdehnen des Innenrohres nach dem Aufbringen des Korrosionsschutzes den zusätzlichen wesentlichen Vorteil ergibt, dass eine negative Auswirkung der erhöhten Temperatur bei der Beschichtung mit der Korrosionsschicht auf die Bindungskraft ausgeschlossen ist.

Verschiedene vorteilhafte weitere Maßnahmen für die Herstellung des Großrohres bestehen darin, dass die Dehnkraft zum Aufweiten mittels einer mechanischen oder hydraulischen Expandiervorrichtung aufgebracht wird.

Zum Sicherstellen einer zuverlässigen kraftschlüssigen Verbindung sind des Weiteren die Maßnahmen von Vorteil, dass vor dem Aufweiten der Hohlraum zwischen dem gewellten Innenrohr und dem Außenrohr mittels einer Vakuumpumpe entlüftet wird.

Zur weiteren Erhöhung der Verbindungskraft kann eine Klebstoffschicht zwischen dem Außenrohr und dem Innenrohr (z. B. zu einem geeigneten Zeitpunkt vor oder während des Ausübens der Dehnkraft) auf- oder eingebracht und während oder nach dem Aufweiten ausgehärtet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine stirnseitige Ansicht eines geschlossenen Außenrohres mit einem in dieses eingesetzten geschlossenen gewellten Innenrohr vor einem Aufweiten,

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung zur Veranschaulichung des Einsetzens des geschlossenen gewellten Innenrohres in das Außenrohr,

Fig. 3 einen teilweise aufgeschnittenen Endabschnitt des Außenrohres mit eingesetztem gewelltem Innenrohr in seitlicher Ansicht mit Darstellung der endseitigen Verbindung der beiden Rohrpartner

und Auskleidung eines verbleibenden endseitigen Abschnitts des Außenrohres mittels einer Auftragsschicht (Plattierschicht, Legierungsschicht),

Fig. 4A eine stirnseitige Ansicht des geschlossenen Außenrohres mit dem eingesetzten geschlossenen gewellten Innenrohr und Veranschaulichung der Dehnkräfte (radial nach außen gerichtete Pfeile) bei der Aufweitung,

Fig. 4B eine stirnseitige Ansicht des Außenrohres mit eingesetztem Innenrohr nach dem Aufweiten des gewellten Innenrohres zur runden Form,

Fig. 5 und 6 Darstellungen zur Herstellung eines zweilagigen Großrohres nach dem Stand der Technik mit verschiedenen Stufen eines Aufweitprozesses in einem Außengesenk (Fig. 5) und einem erläuternden Spannungs-Dehnungsdiagramm (Fig. 6), wie eingangs beschrieben.

Die Fig. 1 bis 4 veranschaulichen wesentliche Verfahrensschritte bei der Herstellung eines mehrlagigen, vorliegend zweilagigen, Großrohres anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels. Unter den Begriff des Großrohres sollen Rohre mit Durchmessern von mindestens 150 mm und einer Gesamtwandstärke von mindestens 5 mm verstanden werden. Die mindestens zwei Schichten bzw. Lagen, die die mehrlagige Wandung des Großrohres bilden, bestehen aus einem ersten und einem zweiten (und gegebenenfalls weiteren) metallischen Blech, die bei der Herstellung überwiegend kraftschlüssig zu einem stabilen Verbund aus einem geschlossenen Außenrohr

(Trägerrohr) und Innenrohr (Auflagenrohr, Liner) verbunden werden. Eine stoffschlüssige Verbindung beider Rohrpartner wird z. B. an beiden Endabschnitten des Großrohres hergestellt. Die Wandungsdicke des Außenrohres ist deutlich, in den meisten Anwendungsfällen um ein Mehrfaches, größer als die des Innenrohres. Bevorzugt besteht das Außenrohr aus Kohlenstoffstahl. Das Innenrohr besteht beispielsweise vorteilhaft aus einem austenitischen Material, wie z. B. rostfreiem 316L-Stahl. Jedoch kommen insbesondere für das Innenrohr verschiedene metallische Materialien in Betracht, um unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Das Verfahren zur Herstellung des mehrlagigen Großrohres umfasst eine Folge mehrerer Verfahrensschritte.

Die genannten Rohrpartner (Außenrohr und Innenrohr) liegen gemäß dem in den Fig. gezeigten Ausführungsbeispielen in Form geschlossener Rohre vor, wobei das Außenrohr 1 in diesem Stadium als rundes Außenrohr 1 und das Innenrohr als gewelltes Innenrohr 20 mit einer quer bezüglich der Längsachse des Rohres verlaufenden wellenförmigen Kontur 22 mit stetig gerundeten und stetig ineinander übergehenden Wellentälern 21 und Wellenbergen 23 geformt ist, die bezüglich der Längsausdehnung des herzustellenden Großrohres über die gesamte Länge des gewellten Innenrohres z. B. parallel zu dessen Längsachse oder spiralförmig sich stetig fortsetzend verlaufen. Die wellenförmige Kontur kann unterschiedlich ausgebildet sein, z. B. mit gleich oder unterschiedlich breiten Wellentälern und Wellenbergen, unterschiedlicher Ortsfrequenz (Anzahl pro Längeneinheit) und/oder unterschiedlicher Wellenhöhe (Amplitude), wodurch sich auch die Dehnkräfte und Bindekräfte der Rohrpartner beeinflussen lassen. Um das gewellte Innenrohr 20 problemlos in das Außenrohr 1 einsetzen zu können, ist der maximale Außendurchmesser des Innenrohres OD_L kleiner als der Innendurchmesser ID_T des Außenrohres 1, wie Fig. 1 zeigt.

Das gewellte Innenrohr 20 ist so geometrisch geformt, dass seine Außenumfangslänge Li (Perimeter) größer ist als die Umfangslänge (Perimeter) eines umhüllenden Kreises mit dem Durchmesser OD_L (Fig. 1). Unter dem Durchmesser OD_L wird dabei der Durchmesser eines kleinst möglichen Kreises verstanden, welcher das gewellte Innenrohr gerade umhüllt. Vorzugsweise ist dabei die Außenumfangslänge Li mindestens so groß wie die Innenumfangslänge Lo des Außenrohres 1.

Die Formung des gewellten Innenrohres kann z. B. vor der runden Einformung zu dem gewellten Innenrohr 20 bereits in dem dafür vorgesehenen ebenen oder auch mit einem größeren Biegeradius vorgebogenen Blech (Auflageblech) durch entsprechende Einwölbungen bzw. Auswölbungen durchgeführt werden, wonach das mit der wellenförmigen Kontur versehene Auflageblech zu dem gewellten Innenrohr gebogen und mittels Längsnahtschweißung in Umfangsrichtung vollständig geschlossen wird.

Das Außenrohr 1 wird z. B. aus einer ebenen Blechplatte (Trägerblech) zu einem runden Rohr gebogen und ebenfalls mittels einer Längsschweißnaht in Umfangsrichtung vollständig geschlossen.

Für die Ausführung der Erfindung können aber generell das Außenrohr 1 und/oder ein Rohrkörper für das Innenrohr vor Herstellen des Rohrverbunds als (längsnaht- oder spiralförmig) geschweißte oder als nahtlose Rohrkörper in beliebiger Kombination vorliegen.

Wie Fig. 2 zeigt, wird das gewellte Innenrohr 20 in das runde Außenrohr 1 eingesetzt. Die Länge des gewellten Innenrohres 20 kann kleiner sein als die Länge des Außenrohres 1, so dass das Außenrohr 1 an einem oder beiden Endabschnitten das gewellte Innenrohr 20 überragt, wie Fig. 3 zeigt. Die Enden des Innenrohres 20 werden (wie dies auch bei gleichlangem Außenrohr 1 und gewellten Innenrohr 20 der

Fall ist) mit Hilfe einer Expandervorrichtung ausgedehnt, an das Außenrohr 1 angepresst und an den Stirnseiten des so aufgeweiteten Innenrohres 20 mit dem Außenrohr 1 stoffschlüssig mittels einer Verbindungsnaht 3 verbunden, wofür z. B. eine Schmelzschweißung eingesetzt wird.

In einem weiteren Schritt wird die restliche Länge des Außenrohres 1 an dem einen bzw. den beiden Endabschnitten, die nicht durch das gewellte bzw. aufgeweitete Innenrohr abgedeckt sind, mit einer Auftragsschicht 3 (Legierungsschicht, Plattierschicht) versehen, so dass die Innenseite des Außenrohres 1 lückenlos mit einer an betreffende Anforderungen angepassten Auflageschicht (Funktionsschicht) geschützt ist.

Wie in Fig. 4A veranschaulicht, wird im nächsten Schritt das gewellte Innenrohr 20 mit einer Dehnkraft (entsprechend den radial nach außen gerichteten Pfeilen) radial ausgedehnt, bis es eine in Fig. 4B gezeigte runde Form annimmt und sich in dem Außenrohr 1 einklemmt. Dieser Schritt des Aufweitens des gewellten Innenrohres 20 bis zum Erreichen der runden Form und damit Ausbildung des Innenrohres 2 und gegebenenfalls noch weiter zusammen mit dem Außenrohr 1 kann vor oder nach der Beschichtung des Großrohres auf seiner Außenseite mit einem Korrosionsschutz durchgeführt werden. Wird die Aufweitung des Innenrohres 20 vorgenommen, nachdem die Beschichtung mit dem Korrosionsschutz abgeschlossen ist und das Rohr mit seinen Rohrpartnern auf die Umgebungstemperatur abgekühlt ist, so wird eine negative Auswirkung einer Temperaturerhöhung bei der Beschichtung (die einen Spitzenwert bis zu 270° C erreichen kann) auf die Bindungskraft zwischen den beiden Rohrpartnern ausgeschlossen, wodurch ein wesentlicher Vorteil vorliegender Erfindung gegenüber herkömmlichen Verfahren zur Herstellung mechanisch plattierter Mehrlagenrohre (Liner-Rohren) erreicht wird.

Nach dem Aufweiten des gewellten Innenrohres 20 gegebenenfalls mit anschließendem Aufweiten des Außenrohres 1 wird die Dehnkraft abgebaut, wodurch ein Entspannen der Rohrpartner eintritt und die kraftschlüssige Verbindung zwischen den als Innenrohr 2 und Außenrohr 1 fungierenden Werkstofflagen entsteht. Die kraftschlüssige Verbindung wird dadurch erzeugt, dass das Innenrohr 2 beim Aufweiten umgeformt und mindestens teilweise (an einigen Abschnitten) gestaucht wird, d. h. in Druckspannung versetzt wird, wobei das Außenrohr 1 noch in dem elastischen Bereich unter einer Zugspannung verbleiben kann. Dies bietet besondere Vorteile in dem Falle, dass die Aufweitung bei einem bereits von außen mit einer einen Korrosionsschutz bildenden Beschichtung versehenen Rohr erfolgt, weil dabei kein Außengesenk für das Auffangen des Außenrohres 1 notwendig ist, wodurch die Außenbeschichtung beschädigt werden könnte. Das Außenrohr 1 kann ebenfalls, muss aber nicht, bis in den plastischen Bereich ausgedehnt werden.

Die Rückfederung des Außenrohres 1 nach Wegfallen der Dehnkraft ist nach innen gerichtet, wobei die kumulative Rückfederung des Innenrohres 2 deutlich kleiner nach innen oder sogar nach außen gerichtet werden kann. Die Rückfederung kann dann nach außen gerichtet werden, wenn die Außenumfangslänge Li des gewellten Innenrohres 20 größer als die Innenumfangslänge Lo des Außenrohres 1 gewählt ist.

Die Aufweitung des gewellten Innenrohres 20 und gegebenenfalls Außenrohres 1 kann z. B. mittels einer mechanischen Vorrichtung, etwa einem mechanischen oder hydraulischen Expander, vorgenommen werden. Andere Arten des Aufweitens (Expandierens) sind ebenfalls denkbar, wie z. B. mittels elektromagnetischer, pneumatischer oder explosionsartig wirkender Vorrichtungen. In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird die Aufweitung des gewellten Innenrohres 20 gegebenenfalls mit dem Außenrohr 1 durch einen von innen wirkenden Druck vorgenommen, wozu eine Kaltwasserprüfmaschine (KWP) vorteilhaft genutzt werden kann.

In einem zusätzlichen Verfahrensschritt kann der Hohlraum zwischen den beiden Rohrpartnern vor dem Aufweiten mittels einer Vakuumpumpe entlüftet werden, um den Widerstand der zu komprimierenden Luft beim Ausdehnen des gewellten Innenrohres 20 zu minimieren und somit eine bessere Bindung der beiden Rohrpartner nach dem Aufweiten bzw. Entspannen zu erreichen.

Zusätzlich kann die Außenseite des gewellten Innenrohres 20 und/oder die Innenseite des Außenrohres 1 teil- oder vollflächig mit einer Klebstoffschicht versehen werden, welche nach der Aufweitung oder nach der Entspannung der Rohrpartner ausgehärtet wird. Die Klebstoffschicht erhöht die Verbindungskraft zwischen den beiden Rohrpartnern zusätzlich zu der kraftschlüssigen Verbindung.

Ein wesentliches Merkmal vorliegender Erfindung ist auch, dass die Außenumfangslänge Li des gewellten Innenrohres 20 größer sein kann als die Innenumfangslänge Lo des Außenrohres 1. Je größer der Unterschied zwischen der Innenumfangslänge Lo und der Außenumfangslänge Li ist, desto höher ist die Anpresskraft, die bei der kraftschlüssigen Verbindung der Rohrpartner entsteht. Andererseits ist die Außenumfangslänge Li dadurch beschränkt, dass eine Ausformung des gewellten Innenrohres 20 zu dem runden Innenrohr 2 in dem Außenrohr 1 auch tatsächlich stattfindet, ohne dass es zu einer Faltenbildung kommt. Diese Bedingung für die minimale und maximale Außenumfangslänge Li hängt von Materialeigenschaften und geometrischen Eigenschaften ab und kann je nach Wahl dieser Parameter auch in Kombination mit betreffenden Parametern des Außenrohres 1 im jeweiligen Falle z. B. durch Berechnung bestimmt und optimiert werden, so dass sich vielfältige Abstimmungsmöglichkeiten auf unterschiedliche Einsatzbedingungen ergeben.

Der kumulative Stauchungsgrad ε (d. h. eine über Umfang und Wanddicke gemittelte Umformung) des Liners kann nach folgender Formel abgeschätzt werden

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_i^f}{L_i^f}$$

wobei L_i und L_i^f die Außenumfangslängen des Liners vor bzw. nach der Aufweitung sind. Die Außenumfangslänge des Liners L_i^f nach der Aufweitung korreliert mit dem Außendurchmesser des Außenrohres OD_T^f nach der Aufweitung nach folgender Beziehung:

$$L_i^f = \pi\left(OD_T^f - 2 \cdot WT_T\right),$$

wobei WT_T die Wandstärke des Außenrohres 1 bezeichnet.

Unter der Bedingung, dass $L_i > L^f_i$ ist, wird unabhängig von seiner Streckgrenze das gewellte Innenrohr 20 bzw. der Liner bei der Aufweitung unter kumulative Druckspannung in Umfangsrichtung gesetzt, bevor das Außenrohr 1 seine Streckgrenze erreicht. Dies ermöglicht es, verschiedene Werkstoffkombinationen von Außenrohr 1 und Innenrohr 2 unabhängig von ihren Streckgrenzen einzusetzen. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber herkömmlichen Herstellungsverfahren, wie sie eingangs genannt sind.

Ein anderes wichtiges Merkmal vorliegender Erfindung ist, dass für die Aufweitung bzw. Ausdehnung des gewellten Innenrohres 20 ein kleinerer Druck z. B. durch eine Kaltwasserprüfmaschine ausreicht als der Fließdruck für das Außenrohr 1, worin ein

grundsätzlicher Unterschied vorliegender Technologie gegenüber bekannten Hydroforming-Techniken liegt. Üblicherweise werden bei der herkömmlichen Vorgehensweise nach den Fig. 5 und 6 Drücke eingesetzt, die das Außenrohr zum Fließen bringen, so dass ein Außengesenk notwendig ist, um das Rohr vor unkontrollierter Ausdehnung und Bruch zu schützen.

Die Aufweitung des Innenrohres, vorzugsweise mittels einer Kaltwasserprüfmaschine nach der Beschichtung mit einem Korrosionsschutz auf der Außenseite ergibt keinen Verlust der kraftschlüssigen Bindung, worin ein weiterer wesentlicher Vorteil gegenüber bekannten Vorgehensweisen zu sehen ist, wie vorstehend ausgeführt.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel für die Herstellung eines mehrlagigen, insbesondere zweilagigen Rohres unter Nutzung des erfindungsgemäßen Prinzips besteht in einer Fortbildung der in der DE 10 2013 103 811 B3 gelehrten Vorgehensweise zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres, wobei ein auf einen vorbestimmten Anfangsbiegeradius vorgebogenes Trägerblech und ein auf einen vorbestimmen Anfangsbiegeradius vorgebogenes Auflageblech entlang der Längskanten des Auflageblechs miteinander verschweißt werden. Unter Verwendung eines Auflageblechs mit stetig gerundeter wellenförmiger Kontur, wie es im Zusammenhang mit dem vorangehenden Ausführungsbeispiel beschrieben worden ist, kann zunächst der Verbund aus dem vorgebogenen Trägerblech und dem vorgebogenen Auflageblech hergestellt werden, wobei das vorgebogene Auflageblech zuvor mit der wellenförmigen Kontur versehen wurde. Sodann wird das vorgebogene gewellte Auflageblech entlang seiner Längskanten mit dem vorgebogenen Trägerblech verschweißt und anschließend zu einem geschlossenen Rohrverbund mit rundem Querschnitt gebogen und mittels einer Längsnahtschweißung vollständig geschlossen. Sodann können die

vorstehend beschriebenen Verfahrensschritte der Aufweitung entsprechend durchgeführt werden, um die kraftschlüssige Verbindung in nicht stoffschlüssig verbundenen Bereichen herzustellen. Auf diese Weise wird ebenfalls ein mehrlagiges, insbesondere zweilagiges Großrohr mit stabiler Verbindung zwischen Innenrohr 2 und Außenrohr 1 erhalten. Bei dieser Vorgehensweise kann anstelle nur eines vorgebogenen Auflageblechs auch vorgesehen sein, dass mehrere vorgebogene, mit der wellenförmigen Kontur versehene Auflagefläche in Umfangsrichtung aneinander grenzend mit dem vorgebogenen Trägerblech stoffschlüssig verbunden werden, wonach die Formung zum gerundeten Rohrverbund und die anschließenden weiteren Schritte mit Längsnahtschweißung, Aufweitung des gewellten Innenrohres und gegebenenfalls Außenrohres 1 sowie Entspannung zum Herstellen der kraftschlüssigen Verbindung erfolgen.

Mit den vorstehend beschriebenen Maßnahmen zum Herstellen der kraftschlüssigen Verbindung unter Verwendung eines Innenrohres mit wellenförmiger Kontur kann die kraftschlüssige Verbindung zwischen den Rohrpartnern bereits bei niedrigeren Drücken verglichen mit bekannten Verfahren hergestellt werden. Die Möglichkeit des Herstellens der kraftschlüssigen Verbindung zwischen den Rohrpartnern mittels Aufweitung des gewellten Innenrohres 20 in dem Außenrohr 1 unabhängig vom Verhältnis der Streckgrenzen von Innenrohr und Außenrohr ergibt den Vorteil, dass die Streckgrenze des Liners sowohl kleiner als auch größer als die Streckgrenze des Außenrohres 1 gewählt werden kann. Dies wiederum ermöglicht die Verwendung eines erweiterten Spektrums von Werkstoffen für das Innenrohr 2 und ergibt damit verbesserte Abstimmungsmöglichkeiten auf unterschiedliche Anforderungen. Gegenüber metallurgisch plattierten Clad-Rohren ergibt sich eine deutlich kostengünstigere Herstellung, wobei andererseits eine breitere Palette von Werkstoffen zur Verfügung steht, wie z. B. hochkohlenstoffhaltige verschleißfeste Stähle und hochkorrosionsbeständige und gleichzeitig hochfeste Duplex-Stähle. Da die beiden Werkstoff-

lagen des Großrohres (im Gegensatz zu metallurgisch plattierten Blechen, die gemeinsam gewalzt werden müssen) unabhängig voneinander hergestellt werden, kann die Herstellung jeweiliger Werkstoffpartner im Hinblick auf die angestrebten mechanischen Eigenschaften und/oder Korrosionseigenschaften optimiert werden. Weitere Vorteile sind eine breitere Verfügbarkeit und kürzere Lieferzeiten der jeweiligen Bleche für die Werkstofflagen im Vergleich zu z. B. metallurgisch plattierten oder sprengplattierten Blechen.

Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres aus einem eine Trägerschicht bildenden geschweißten oder nahtlosen und damit mantelseitig geschlossenen Außenrohr (1) und mindestens einem eine Auflageschicht bildenden Innenrohr (2), das aus einem Auflageblech gebogen und längsnaht geschweißt wird oder nahtlos vorliegt, mit der Folge der Verfahrensschritte
   - Bereitstellen des aus dem Auflageblech gebogenen oder nahtlosen gewellten ebenfalls mantelseitig geschlossenen Innenrohres (20) mit einer quer zur Längsachse des Großrohres verlaufenden stetig gerundeten wellenförmigen Kontur (22) mit sich über die Länge des gewellten Innenrohres (20) stetig erstreckenden Wellentälern (21) und Wellenbergen (23), wobei der maximale Außendurchmesser (OD_L) des gewellten Innenrohres (20) kleiner ist als der Innendurchmesser (ID_T) des Außenrohres (1),
   - Einsetzen des gewellten Innenrohres (20) in das Außenrohr (1),
   - Aufweiten des gewellten Innenrohres (20) mittels einer radial nach außen wirkenden Dehnkraft, bis es eine zumindest nahezu runde Form annimmt und sich nach Beseitigen der Dehnkraft im Außenrohr (1) kraftschlüssig einklemmt, und anschließendes Entspannen.

2. Verfahren zum Herstellen eines mehrlagigen Großrohres aus einem eine Trägerschicht bildenden Außenrohr (1) und mindestens einem eine Auflageschicht bildenden Innenrohr (2), das aus einem Auflageblech oder mehreren in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Teil-Auflageblechen gebildet wird, mit der Folge der Verfahrensschritte

- Bereitstellen eines auf einen vorbestimmten Anfangsbiegeradius vorgebogenen Trägerblechs für die Trägerschicht und mindestens eines auf einen vorbestimmten Anfangsbiegeradius vorgebogenen Auflageblechs, in welches eine quer zur Längsachse des herzustellenden Großrohres verlaufende stetig gerundete wellenförmige Kontur (22) mit sich über die Länge des herzustellenden Innenrohres (2) stetig erstreckenden Wellentälern (21) und Wellenbergen (23) eingeformt wurde oder wird,
- Auflegen des mindestens einen vorgebogenen und mit der wellenförmigen Kontur (22) versehenen Auflageblechs auf die Innenseite des Trägerblechs unter Positionierung und paralleler Ausrichtung ihrer in Richtung der Längsachse des Großrohres verlaufenden Längskanten zum Bilden der Trägerschicht und mindestens einer gewellten Auflageschicht,
- stoffschlüssiges Verbinden zumindest der beiden Längskanten des mindestens einen mit der wellenförmigen Kontur (22) versehenen Auflageblechs mit dem Trägerblech,
- Einformen des Verbunds aus der stoffschlüssig verbundenen Trägerschicht und mindestens einen gewellten Auflageschicht zu einem geschlitzten mehrlagigen Großrohr mit dem Außenrohr (1) und einem gewellten Innenrohr (20),
- Schließen des Spalts des geschlitzten Großrohres durch Längsnahtschweißung,
- Aufweiten des gewellten Innenrohres (20) mittels einer radial nach außen wirkenden Dehnkraft, bis es eine zumindest nahezu runde Form annimmt und sich nach Beseitigen der Dehnkraft im Außenrohr (1) kraftschlüssig einklemmt, und anschließendes Entspannen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die wellenförmige Kontur (20) bereits im ebenen Ausgangszustand in das Auflageblech eingeformt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass im ungedehnten Zustand vor dem Aufweiten eine in Umfangsrichtung gemessene Außenumfangslänge (Li) des gewellten Innenrohres (20) gewählt wird, die mindestens die Länge eines Kreises mit dem Durchmesser hat, welcher den Durchmesser des gewellten Innenrohres (20) an seinen Wellenbergen gerade überschreitet, wobei also $Li > \pi * OD_L$ ist, und
dass die Außenumfangslänge (Li) höchstens so groß gewählt wird, dass nach Aufweiten und Beseitigen der Dehnkraft gerade keine Faltenbildung des Innenrohres (2) auftritt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Aufweiten das Außenrohr (1) und das Innenrohr (2) mittels einer Längsnahtschweißung geschlossen werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Länge des Auflageblechs oder des gewellten Innenrohres (20) höchstens so groß wie die Länge des Außenrohres (1) gewählt wird und
dass vor dem Aufweiten zunächst nur die Endabschnitte des gewellten Innenrohres (20) bis an die Innenumfangsfläche des Außenrohres (1) ausgedehnt und stirnseitig mit dem Außenrohr (1) stoffschlüssig verbunden werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei geringerer Länge des gewellten Innenrohres (20) als das Außenrohr (1) der oder die verbleibenden freien Abschnitte der Innenumfangsfläche des Außenrohres (1) mit einer Auftragsschicht versehen werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Großrohr vor dem oder nach dem Aufweiten auf seiner Außenseite mit einem Korrosionsschutz unter Wärmebehandlung versehen wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Dehnkraft zum Aufweiten mittels einer mechanischen oder hydraulischen Expandiervorrichtung aufgebracht wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Aufweiten der Hohlraum zwischen dem gewellten Innenrohr (20) und dem Außenrohr (1) mittels einer Vakuumpumpe entlüftet wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Aufweiten eine Klebstoffschicht teil- oder vollflächig auf das gewellte Innenrohr (20) und/oder auf das Außenrohr (1) auf ihren einander zugekehrten Seiten aufgetragen wird, und dass die Klebstoffschicht während oder nach dem Aufweiten ausgehärtet wird.

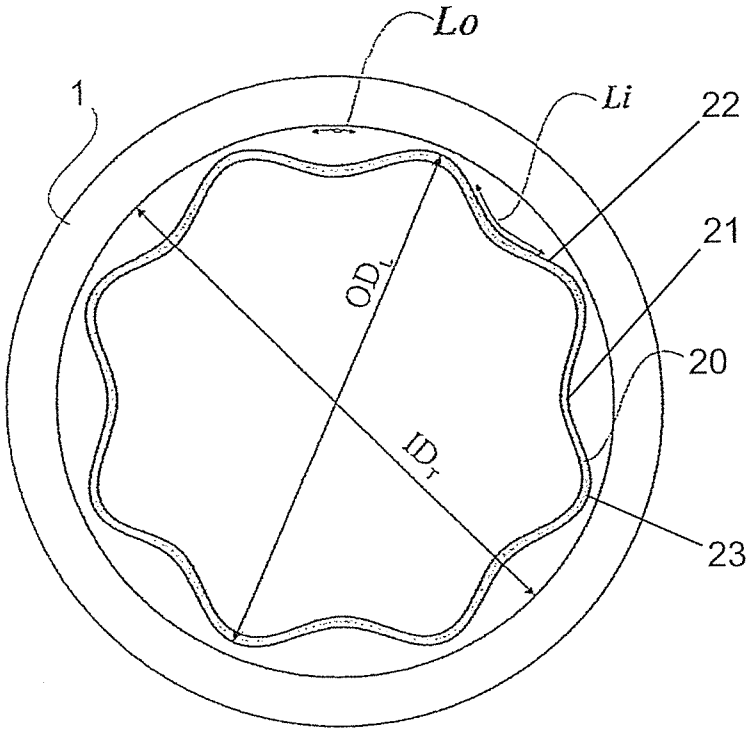


Fig. 1

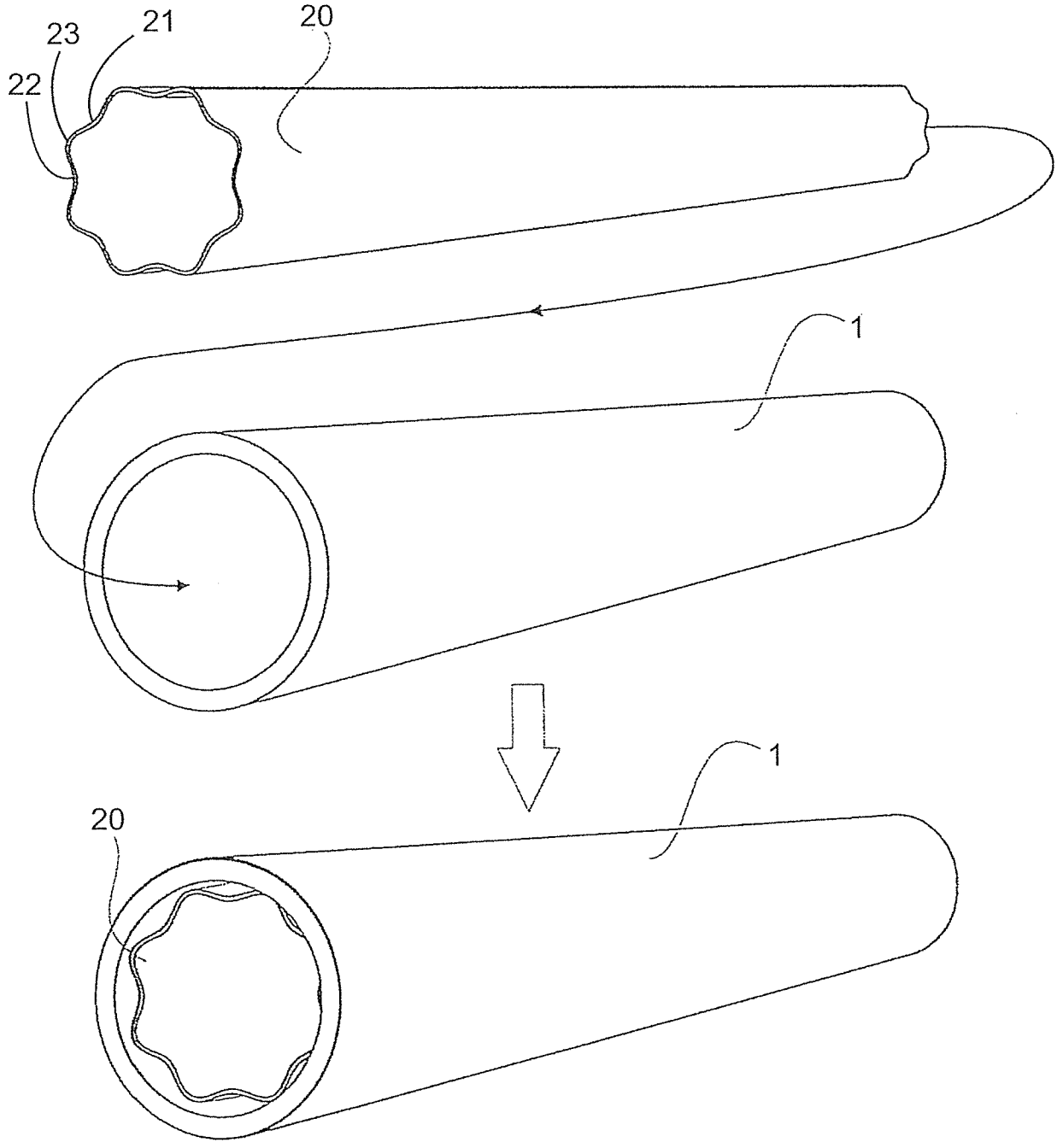


Fig. 2

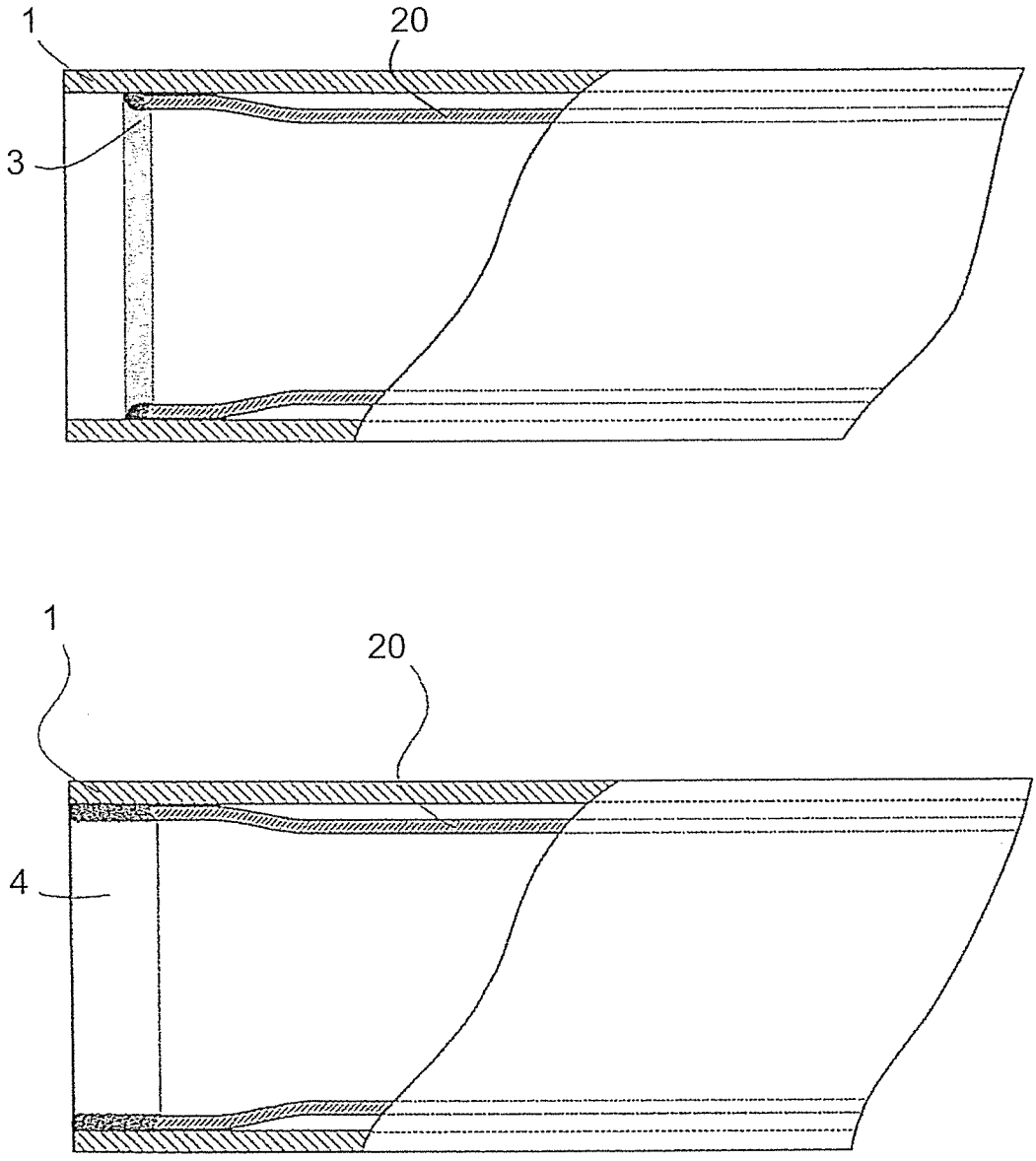


Fig. 3

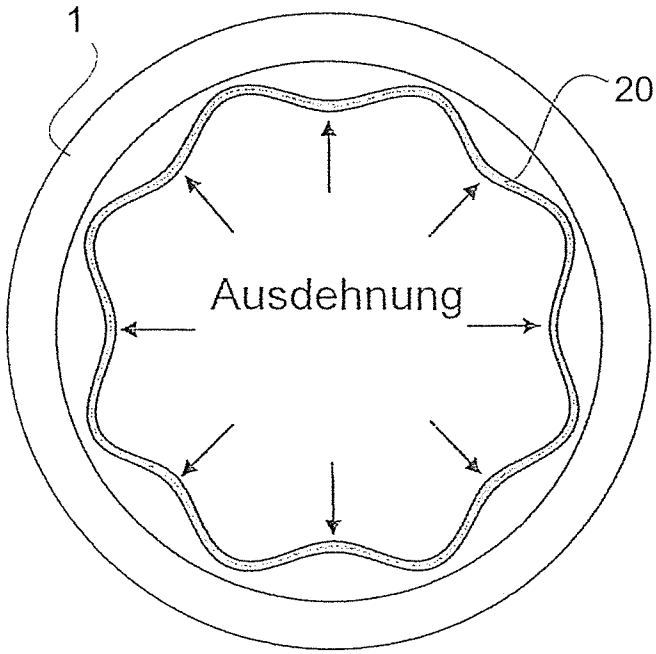


Fig. 4A

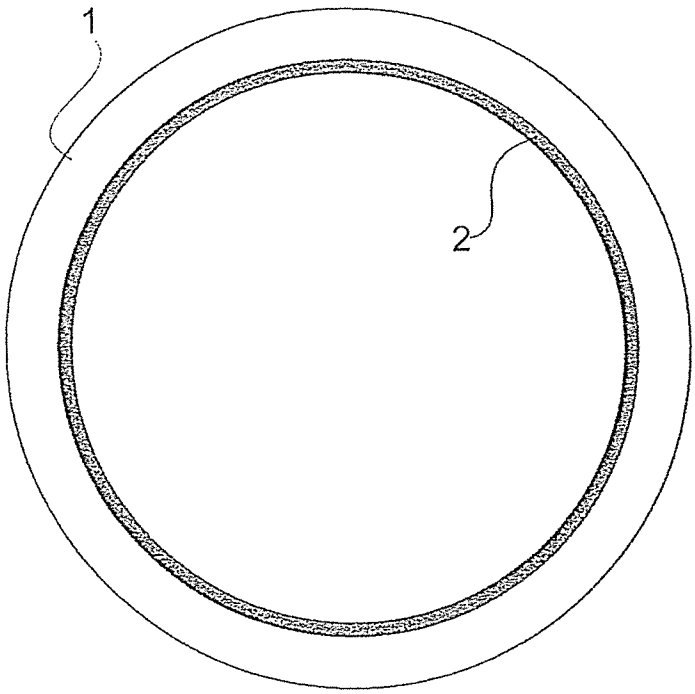


Fig. 4B

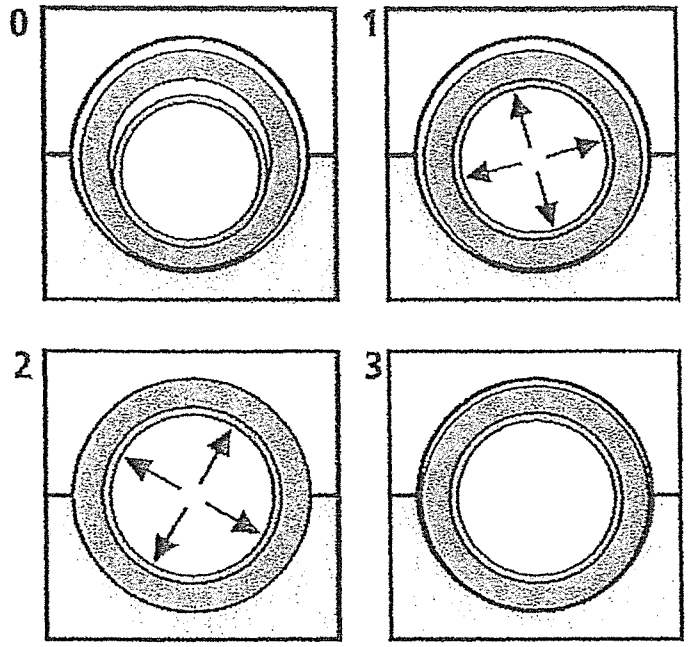


Fig. 5
(Stand der Technik)

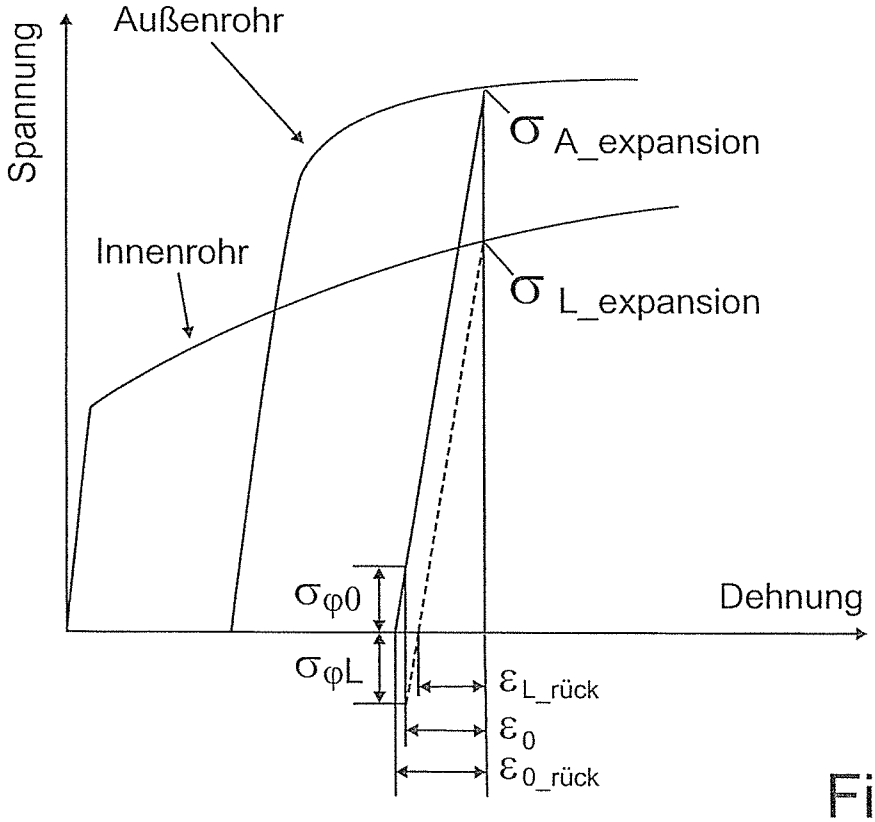


Fig. 6
(Stand der Technik)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/062811

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B21C37/15 B21D39/04
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)
B21C 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2007/022800 A1 (ZIFFERER L R [US] ET AL) 1 February 2007 (2007-02-01) paragraphs [0002], [0010], [0012] - [0014], [0020], [0080]; figures 5, 13A-13C	1,4,5, 8-10 2,3,6,7, 11
X A	US 2004/020659 A1 (HALL DAVID R [US] ET AL) 5 February 2004 (2004-02-05) paragraphs [0002], [0013], [0028]; claims 14, 15; figures 2, 3, 9	1,4,9 2,3,5-8, 10,11
Y A	DE 10 2013 103811 B3 (EISENBAU KRAEMER GMBH [DE]) 20 March 2014 (2014-03-20) cited in the application abstract; figures 1-3 paragraph [0026]	2,11 1,3-10

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
9 September 2015	17/09/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Charvet, Pierre

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/062811

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 01/97996 A1 (PLAATFORM CLAES HAAKAN LUNDGRE [SE]; LUNDGREN CLAES HAAKAN [SE]) 27 December 2001 (2001-12-27) abstract; figure 6D	3
Y	KR 2010 0121016 A (HYUNDAI HYSCO [KR]) 17 November 2010 (2010-11-17)	6
A	paragraph [0024]; figure 3	1-5,7-11
Y	WO 2004/103603 A1 (CLADTEK INTERNAT PTY LTD [AU]; MONTAGUE PAUL ANTHONY [AU]) 2 December 2004 (2004-12-02) cited in the application	6,7
A	page 10, lines 25-29; figures 6, 12, 13 page 12, lines 6-13	1-5,8-11
A	JP S58 65524 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 19 April 1983 (1983-04-19) abstract; figures 1-7	1-11
A	US 2005/082092 A1 (HALL DAVID R [US] ET AL) 21 April 2005 (2005-04-21) paragraphs [0003], [0014]; figures 5, 6, 10	1-11

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/062811

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007022800 A1	01-02-2007	US 2007022800 A1	01-02-2007
		US 2010229996 A1	16-09-2010
		WO 2007016587 A2	08-02-2007
US 2004020659 A1	05-02-2004	AT 323824 T	15-05-2006
		AU 2003252978 A1	23-02-2004
		CA 2459559 A1	12-02-2004
		DE 60304712 T2	12-04-2007
		EP 1527254 A1	04-05-2005
		MX PA04002246 A	07-03-2005
		US 2004020659 A1	05-02-2004
		US 2005039912 A1	24-02-2005
		WO 2004013462 A1	12-02-2004
DE 102013103811 B3	20-03-2014	DE 102013103811 B3	20-03-2014
		WO 2014170106 A1	23-10-2014
WO 0197996 A1	27-12-2001	AT 290933 T	15-04-2005
		AU 6447201 A	02-01-2002
		DE 60109454 D1	21-04-2005
		EP 1305124 A1	02-05-2003
		WO 0197996 A1	27-12-2001
KR 20100121016 A	17-11-2010	NONE	
WO 2004103603 A1	02-12-2004	BR PI0411149 A	11-07-2006
		CN 1822907 A	23-08-2006
		EP 1635969 A1	22-03-2006
		US 2007132228 A1	14-06-2007
		WO 2004103603 A1	02-12-2004
JP S5865524 A	19-04-1983	JP S5865524 A	19-04-1983
		JP S6251695 B2	31-10-1987
US 2005082092 A1	21-04-2005	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/062811

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B21C37/15 B21D39/04
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B21C 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	US 2007/022800 A1 (ZIFFERER L R [US] ET AL) 1. Februar 2007 (2007-02-01) Absätze [0002], [0010], [0012] - [0014], [0020], [0080]; Abbildungen 5, 13A-13C	1,4,5, 8-10 2,3,6,7, 11
X A	US 2004/020659 A1 (HALL DAVID R [US] ET AL) 5. Februar 2004 (2004-02-05) Absätze [0002], [0013], [0028]; Ansprüche 14, 15; Abbildungen 2, 3, 9	1,4,9 2,3,5-8, 10,11
Y A	DE 10 2013 103811 B3 (EISENBAU KRAEMER GMBH [DE]) 20. März 2014 (2014-03-20) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Absatz [0026]	2,11 1,3-10

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. September 2015	17/09/2015

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

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 01/97996 A1 (PLAATFORM CLAES HAAKAN LUNDGRE [SE]; LUNDGREN CLAES HAAKAN [SE]) 27. Dezember 2001 (2001-12-27) Zusammenfassung; Abbildung 6D	3
Y	KR 2010 0121016 A (HYUNDAI HYSCO [KR]) 17. November 2010 (2010-11-17)	6
A	Absatz [0024]; Abbildung 3	1-5,7-11
Y	WO 2004/103603 A1 (CLADTEK INTERNAT PTY LTD [AU]; MONTAGUE PAUL ANTHONY [AU]) 2. Dezember 2004 (2004-12-02) in der Anmeldung erwähnt	6,7
A	Seite 10, Zeilen 25-29; Abbildungen 6, 12, 13 Seite 12, Zeilen 6-13	1-5,8-11
A	JP S58 65524 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 19. April 1983 (1983-04-19) Zusammenfassung; Abbildungen 1-7	1-11
A	US 2005/082092 A1 (HALL DAVID R [US] ET AL) 21. April 2005 (2005-04-21) Absätze [0003], [0014]; Abbildungen 5, 6, 10	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/062811

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007022800 A1	01-02-2007	US 2007022800 A1	01-02-2007
		US 2010229996 A1	16-09-2010
		WO 2007016587 A2	08-02-2007
US 2004020659 A1	05-02-2004	AT 323824 T	15-05-2006
		AU 2003252978 A1	23-02-2004
		CA 2459559 A1	12-02-2004
		DE 60304712 T2	12-04-2007
		EP 1527254 A1	04-05-2005
		MX PA04002246 A	07-03-2005
		US 2004020659 A1	05-02-2004
		US 2005039912 A1	24-02-2005
		WO 2004013462 A1	12-02-2004
DE 102013103811 B3	20-03-2014	DE 102013103811 B3	20-03-2014
		WO 2014170106 A1	23-10-2014
WO 0197996 A1	27-12-2001	AT 290933 T	15-04-2005
		AU 6447201 A	02-01-2002
		DE 60109454 D1	21-04-2005
		EP 1305124 A1	02-05-2003
		WO 0197996 A1	27-12-2001
KR 20100121016 A	17-11-2010	KEINE	
WO 2004103603 A1	02-12-2004	BR PI0411149 A	11-07-2006
		CN 1822907 A	23-08-2006
		EP 1635969 A1	22-03-2006
		US 2007132228 A1	14-06-2007
		WO 2004103603 A1	02-12-2004
JP S5865524 A	19-04-1983	JP S5865524 A	19-04-1983
		JP S6251695 B2	31-10-1987
US 2005082092 A1	21-04-2005	KEINE	