



(10) **DE 10 2010 030 718 B4** 2014.11.20

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 030 718.1**  
(22) Anmeldetag: **30.06.2010**  
(43) Offenlegungstag: **05.01.2012**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **20.11.2014**

(51) Int Cl.: **F16L 47/02 (2006.01)**  
**B29C 65/06 (2006.01)**  
**B29C 65/14 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Lisa Dräxlmaier GmbH, 84137 Vilsbiburg, DE**

(74) Vertreter:  
**HOFFMANN - EITL, 81925 München, DE**

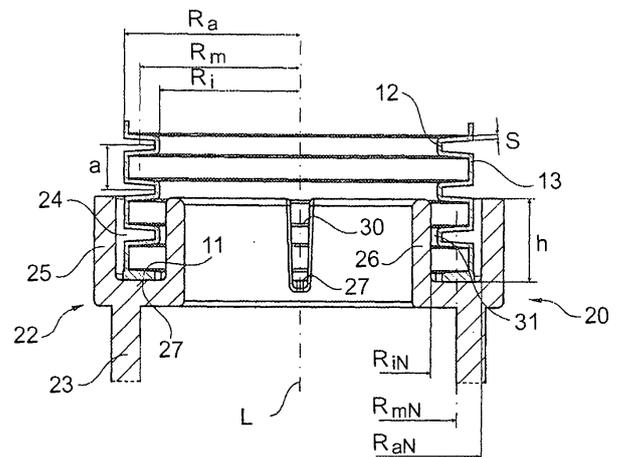
(72) Erfinder:  
**Katzlberger, Erich, Mettmach, AT; Junger,  
Andreas, Franking, AT; Auzinger, Christian, St.  
Peter/Hart, AT; Steinhuber, Thomas, 84364 Bad  
Birnbach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	37 00 981	A1
DE	10 2006 017 170	A1
FR	2 737 548	A1

(54) Bezeichnung: **Rohrverbindung und Verfahren zur Herstellung einer solchen Rohrverbindung**

(57) Hauptanspruch: Rohrverbindung, umfassend ein Rohr (10), das herstellungsbedingt einer Längentoleranz unterliegt, und wenigstens ein Anschlussstück (20) mit einer ringförmigen Nut (24), die einen Nutgrund (27) aufweist, wobei der Nutgrund (27) mit der Stirnseite (11) an einem Ende des Rohrs (10) verschmolzen ist, um das Rohr (10) mit dem Anschlussstück (20) zu verbinden, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (24) ein Ausgleichsvolumen ( $V_N$ ) definiert und überschüssige Schmelze aufnimmt wozu der innere Durchmesser ( $R_{iN}$ ) der Nut (24) kleiner ist als der Innendurchmesser ( $R_i$ ) des Rohrs (10) und der äußere Durchmesser ( $R_{aN}$ ) der Nut (24) größer ist als der Außendurchmesser ( $R_a$ ) des Rohrs (10), und das Ausgleichsvolumen ( $V_N$ ) der Nut (24) gestaltet ist, um Schmelze wenigstens entsprechend der Materialmenge des Rohrs (10) bei maximaler Längentoleranz aufnehmen zu können.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rohrverbindung und ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Rohrverbindung. Im Besonderen betrifft die vorliegende Erfindung dabei eine Rohrverbindung mit einem Rohr und wenigstens einem Anschlussstück, die im Zuge eines Rotationsschweißverfahrens stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

**[0002]** Im Stand der Technik sind Rohrverbindungen bekannt, die beispielsweise als Blowby-Rohr bezeichnet werden und der Rückführung von heißen Motor-Blowby-Gasen in den Ansaugtrakt, d. h. der Kurbelgehäuseentlüftung, dienen. Hierbei muss eine öldichte Verbindung vom Zylinderkopf zum Reinluftrohr hergestellt werden.

**[0003]** Derartige Rohrverbindungen setzen sich in der Regel aus einem Rohr, z. B. einem Wellrohr und an entgegengesetzten Enden des Rohrs angebrachten Anschlussstücken zum Anschließen an die Zylinderkopfhaube des Motors einerseits und an das Reinluftrohr andererseits zusammen.

**[0004]** Bisher erfolgte die Abdichtung zwischen den Anschlussstücken und dem Rohr über eine mitgespritzte Weichkomponente an den Anschlussstücken.

**[0005]** Aufgrund des Anstiegs des Biodieselanteils im Kraftstoff wird das in den Blowby-Gasen enthaltene Kondensat aggressiver, wodurch die Weichkomponenten der Anschlussstücke angegriffen werden und Undichtigkeiten auftreten können.

**[0006]** Um dies zu vermeiden liegt der vorliegenden Erfindung der Gedanke zu Grunde das Anschlussstück bzw. die Anschlussstücke mittels einem Rotationsschweißverfahren mit dem Rohr zu verbinden. Ein solches Rotationsschweißverfahren ist beispielsweise aus der FR 2 737 548 A1, die die Grundlage für den Oberbegriff von Anspruch 1 bildet, bekannt.

**[0007]** Weitere Rotationsschweißverbindungen sind aus der DE 10 2006 017 170 A1 und der DE 37 00 981 A1 bekannt.

**[0008]** Die DE 10 2006 017 170 A1 offenbart ein Fluidverbindungsteil, das über ein Mundstück verfügt, das eine Einführöffnung für eine Fluidleitung und eine äußere, gegenüber der Längsachse wenigstens abschnittsweise schräg gestellte Innenwand aufweist, so dass sich der Aufnahmeraum von der Einführöffnung in einer von der Einführöffnung wegweisenden Einführrichtung radial außenseitig wenigstens abschnittsweise verjüngt. Die Innenwand ist mit einer Stufenwand ausgebildet, die eine Stufenstruktur mit einer Anzahl von Schrägabschnitten mit einer gegenüber der mittleren Schrägstellung

der Stufenwand flacheren Schrägstellung und zwischen benachbarten Schrägabschnitten jeweils einen Stufenabschnitt mit einer gegenüber der mittleren Schrägstellung der Stufenwand steileren Schrägstellung aufweist. Dadurch ist das Fluidleitungsverbindungsteil mit der Technik des Reibschweißens auch mit verschiedenen dimensionierten Fluidleitungen zuverlässig vereinbar.

**[0009]** Die DE 37 00 981 A1 beschreibt ein Verfahren für die Verbindung von Teilen aus Polyamid durch Friktionsschweißen. Sie schlägt vor, bei Verbindungsstellen, die mindestens einen durch gegenüberliegende Flächen gebildeten, am Schweißvorgang nicht teilnehmenden Raum aufweisen und dass mindestens eine Schweißfläche mit einer zähen, bei Wärmeeinwirkung schmelzenden plastischen Masse bedeckt wird, die beim Schweißvorgang in den Spalt oder Raum verdrängt wird und die entstandenen Späne festhält und/oder aufnimmt.

**[0010]** Bei der Herstellung z. B. der oben beschriebenen Blowby-Rohre wird das Wellrohr zunächst auf Länge geschnitten bevor es mit den Anschlussstücken verbunden wird. Dabei kommt als Material des Wellrohrs in der Regel Polyamid zum Einsatz, das die Eigenschaft hat Feuchtigkeit stark zu absorbieren. Aufgrund unterschiedlicher Umgebungseinflüsse, wie beispielsweise der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit wird das Wellrohr länger oder kürzer. Darüber hinaus liegt das Wellrohr in der Regel gerollt als Meterware vor, was aufgrund der Krümmung beim Schnitt zu einer möglicherweise zur Längsachse schrägen Schnittkante führen kann.

**[0011]** In der Summe hat dies eine Längentoleranz der einzelnen Wellrohre zur Folge, so dass das Endmaß der Rohrverbindung, verbunden mit einem relativ hohen Ausschuss, nicht immer erreicht werden kann.

**[0012]** Unter Berücksichtigung der obigen Ausführungen liegt die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin eine Rohrverbindung der eingangs genannten Art derart weiter zu bilden, dass die Rohrverbindung mit verringertem Ausschuss und damit kostengünstiger hergestellt werden kann sowie ein Verfahren zu deren Herstellung zu schaffen.

**[0013]** Diese Aufgabe wird durch eine Rohrverbindung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung finden sich in den Unteransprüchen.

**[0014]** Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zur Grunde den Verbindungsprozess so zu gestalten, so dass je nach Längenmaß des Rohrs eine für das Ist-Maß (gewünschte Länge) der Rohrverbindung relevante Materialmenge des Rohrs und/oder

des Anschlussstücks aufgeschmolzen wird, wobei die Materialmenge vollständig in einer Nut des Anschlussstücks aufgenommen wird. Mit anderen Worten werden das Rohr und das Anschlussstück so lange unter Rotation zusammengedrückt, bis das gewünschte Ist-Maß der Rohrverbindung erreicht ist.

**[0015]** Dementsprechend definiert die vorliegende Erfindung eine Rohrverbindung umfassend ein Rohr und wenigstens ein Anschlussstück. Bei der Rohrverbindung kann es sich beispielsweise um das eingangs genannte Blowby-Rohr handeln. Das Rohr kann ein herkömmliches Wellrohr z. B. aus Polyamid sein. Gegebenenfalls könnte beim Extrudieren des Wellrohrs an dem jeweils mit dem Anschlussstück zu verbindenden Endteil ein glatter Endbereich mit glatter Außen- und Innenwandung ausgebildet sein. Das Anschlussstück dient der Verbindung des Rohrs mit einem weiteren Bauteil. Bezug nehmend auf das eingangs genannte Beispiel z. B. mit der Zylinderkopfhaut eines Motors bzw. dem Reinluftrohr. Das Anschlussstück ist beispielsweise aus Polyamid und kann glasfaserverstärkt sein. Erfindungsgemäß weist das Anschlussstück eine ringförmige Nut auf. Die Nut wird durch einen inneren Ring bzw. eine innere ringförmige Wand sowie einen Außenring bzw. eine äußere ringförmige Wand, die im Bereich eines Nutgrunds (Boden) verbunden sind, gebildet. Erfindungsgemäß ist der Nutgrund mit der Stirnseite an einem Ende des Rohrs verschmolzen. Dies erfolgt vorteilhafterweise im Zuge eines Rotationsschweißverfahrens, wie es später erläutert werden wird. Dabei ist es von besonderem Vorteil, dass die stoffschlüssige Verbindung zwischen Rohr und Anschlussstück nur zwischen dem Nutgrund und der Stirnseite erfolgt und nicht an den Innen- und Außenflächen des Rohrs. Die Nut ist erfindungsgemäß so gestaltet, dass sie ein Ausgleichsvolumen definiert und überschüssige Schmelze aufnimmt, wozu der innere Durchmesser der Nut kleiner ist als der Innendurchmesser des Rohrs und der äußere Durchmesser der Nut größer ist als der Außendurchmesser des Rohrs. Insbesondere sind die Durchmesser derart gewählt, dass beim Verbindungsprozess z. B. dem Rotationsschweißverfahren, das Rohr nicht mit den die ringförmige Nut definierenden Wänden in Kontakt kommt. Insbesondere wird bei Verwendung dünnwandiger Rohre, z. B. von Wellrohren, ist eine Reibung am Innenumfang zur Verhinderung von Lochbildung zu vermeiden. Die Nut der FR 2 737 548 A1 ist gestaltet, um das weichelastische Rohr beim Verbindungsvorgang zu stützen und zu halten und um eine Grat- bzw. Nahtbildung an der Verbindungsstelle zu vermeiden. Zu diesem Zweck sind die Durchmesser derart gewählt, dass sich das Rohr 1 an seiner Außen- und/oder Innenseite an den die Nut definierenden Wänden abstützen kann und um einen Austritt seitlich über die Stirnseite des Rohrs zu vermeiden. Die Nut der FR 2 737 548 A1 ist folglich nicht zur Aufnahme überschüssiger Schmelze geeignet. Darüber hin-

aus ist unter dem Begriff „überschüssige Schmelze“ Schmelze zu verstehen, die zur Verbindung des Anschlussstücks mit dem Rohr nicht erforderlich wäre, sondern lediglich auf Grundlage dessen entsteht, dass die Überlänge des Rohrs aufgrund dessen Längentoleranz auszugleichen ist. Folglich definiert der Begriff „Ausgleichsvolumen“ ein Volumen, das zu diesem Ausgleich gestaltet ist.

**[0016]** Beispielsweise kann das Rohr, wie es oben erläutert wurde, herstellungsbedingt einer Längentoleranz unterliegen und das Ausgleichsvolumen der Nut ist gestaltet, um Schmelze wenigstens entsprechend der Materialmenge des Rohrs bei maximaler Längentoleranz, d. h. maximaler Überlänge aufnehmen zu können.

**[0017]** Handelt es sich bei dem Rohr um ein Wellrohr, so wird das Ausgleichsvolumen durch:

$$V_N = 2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot S \cdot T \cdot (1 + 2/a \cdot (R_a - R_i - 2s)) \cdot k$$

errechnet.

T	Längentoleranz des Wellrohres [mm]
k	Ausgleichsfaktor für Luft einschlüsse (1,25–1,5)
R <sub>a</sub>	Radius Wellrohr außen
R <sub>i</sub>	Radius Wellrohr innen
R <sub>m</sub>	$= (R_a + R_i)/2$
s	Wandstärke Wellrohr
a	Teilung Wellrohr

**[0018]** Auf Grundlage dieses Volumens können Anpassungen an den jeweils gegebenen Anforderungen erfolgen, wobei die einzustellenden Parameter der Nut zusammen das entsprechende Volumen wie folgt ergeben:

$$V_N = 2 \cdot \pi \cdot R_{mN} \cdot (R_{aN} - R_{iN}) \cdot h$$

R <sub>aN</sub>	Radius Nut außen
R <sub>iN</sub>	Radius Nut innen
R <sub>mN</sub>	Radius Nut Mitte
H	Höhe Nut

**[0019]** Um eine optimale Verbindung zwischen dem Anschlussstück und dem Rohr zu erzielen, werden das Rohr und das Anschlussstück aus einem Material mit im Wesentlichen gleicher Schmelztemperatur gebildet. Rein beispielhaft kommt hier Polyamid für sowohl das Rohr als auch das Anschlussstück zum Einsatz. Das Anschlussstück kann jedoch verstärkt, z. B. glasfaserverstärkt, sein. Unter „im Wesentlichen“ ist zu verstehen, dass im Rotationsschweißverfahren beide Materialien aufgeschmolzen werden, um die bessere Verbindung zu erzielen, wenn auch die Schmelztemperatur in geringem Maß differieren kann.

**[0020]** Darüber hinaus besteht bei Verwendung einer derartigen Nut aufgrund dessen, dass der innere Durchmesser der Nut kleiner ist als der Innendurchmesser des Rohrs die Gefahr, dass sich in der Rohrverbindung gefördertes Fluid in einem Spalt bzw. Raum zwischen der Innenseite des Rohrs und der Außenseite der inneren Wand der Nut sammelt, wobei im Fall eines aggressiven Kondensats die Verbindung geschädigt wird und das Fluid über die so geschaffenen Schadstellen der Verbindung zwischen Rohr und Anschlussstück nach außen dringt. Um dies zu vermeiden, weist die Rohrverbindung der vorliegenden Erfindung vorteilhafterweise im Bereich des Nutgrunds wenigstens eine Durchgangsöffnung in der die Nut begrenzenden radial inneren Wand, dem Innenring auf, um möglicherweise in dem erwähnten Spalt vorhandenes Fluid abführen zu können. Bei dem Fluid kann es sich beispielsweise bei Verwendung für ein Blowby-Rohr um Kondensat handeln. Die Durchgangsöffnung kann beispielsweise eine Durchbrechung des Innenrings, z. B. eine Bohrung sein, die vollständig von Material des Innenrings umgeben wird. Alternativ ist auch eine Schlitzung des Innenrings denkbar, so dass der Innenring an seiner axial oberen Seite diskontinuierlich ist. Darüber hinaus ist es bevorzugt mehrere der erwähnten Durchgangsöffnungen entlang des Umfangs des Innenrings vorzusehen, die vorzugsweise in gleicher Teilung und weiter bevorzugt einander diametral gegenüberliegend angeordnet sind.

**[0021]** Insbesondere problematisch hat sich die unterschiedliche Länge der verwendeten Rohre dann erwiesen, wenn an beiden Enden des Rohrs Anschlussstücke vorzusehen waren, d. h. die Rohrverbindung zwischen zwei Bauteilen zu platzieren ist, zwischen denen ein vorgegebener Abstand herrscht, so dass beim Verbauen ein entsprechender Längenausgleich nicht möglich ist. Folglich umfasst die Rohrverbindung der vorliegenden Erfindung an beiden Enden des Rohrs jeweils ein Anschlussstück von denen wenigstens eins mit der beschriebenen Nut versehen ist.

**[0022]** Wie es bereits erwähnt wurde, schlägt die vorliegende Erfindung ferner ein Rotationsschweißverfahren zum Herstellen einer oben beschriebenen Rohrverbindung vor. Dabei können auf an sich bekannte Weise das Anschlussstück und/oder das Rohr rotiert und die Stirnseite eines Endes des Rohrs mit dem Nutgrund der Nut des Anschlussstücks in Kontakt gebracht werden, wobei das Material des Anschlussstücks und/oder des Rohrs durch Reibungswärme aufgeschmolzen wird. Das erfindungsgemäße Verfahren kennzeichnet sich dadurch, dass das Rohr und das Anschlussstück relativ zueinander aufeinander zu bewegt werden bis die gewünschte Endlänge der Rohrverbindung, d. h. das Ist-Maß in Axialrichtung erreicht ist. Während dieses Verfahrensschritts wird die entstehende überschüssige Schmel-

ze vollständig in dem Ausgleichvolumen der Nut aufgenommen. Dabei ist es besonders bevorzugt, dass primär Material des Rohrs aufgeschmolzen wird, um den Längenausgleich zu schaffen. Dies kann dadurch gewährleistet werden, dass die Schmelztemperatur des Rohrs etwas geringer ist als die des Anschlussstücks, durch Verstärkung des Anschlussstücks und/oder dadurch, dass ein relativ dünnwandiges und damit leichter aufschmelzbares Rohrmaterial, z. B. ein Wellrohr, Verwendung findet. Unter der Begrifflichkeit „primär“ ist dabei zu verstehen, dass in jedem Falle mehr Material des Rohrs als des Anschlussstücks aufgeschmolzen wird.

**[0023]** Um Löcher in der Zylinderwandung des Rohrs zu vermeiden, insbesondere bei der Verwendung sehr dünnwandiger Rohre ist es bevorzugt, dass die Zylinderwandung, sei es die Innenseite oder die Außenseite, mit dem Anschlussstück beim Verbindungsverfahren nicht in Kontakt kommt.

**[0024]** Um die Temperaturbeständigkeit einer derart erzeugten Rohrverbindung zu steigern, kann das nach o. g. Rotationsschweißverfahren erzeugte Produkt in einem folgenden Verfahrensschritt mit energiereichen Strahlen, insbesondere Gamma- oder Betastrahlen bestrahlt werden. Durch dieses prinzipiell im Stand der Technik bekannte strahleninduzierte Vernetzen der verwendeten Kunststoffe kann beispielsweise die Temperaturbeständigkeit der verwendeten Materialien (hier vorzugsweise Polyamid) von ca. 220°C auf über 300°C gesteigert werden, was erfindungsgemäß insbesondere beim Einsatz der Rohrverbindung als Blowby-Rohr zur Rückführung heißer Verbrennungsgase vorteilhaft ist.

**[0025]** Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung, die allein stehend oder in Kombination mit einem oder mehreren der obigen Merkmale umgesetzt werden können, es sei denn die Merkmale widersprechen einander, sind aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform ersichtlich. Diese erfolgt unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen, in denen:

**[0026]** Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Blowby-Rohrs als Beispiel einer Rohrverbindung der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0027]** Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Anschlussstücks der Rohrverbindung aus Fig. 1 zeigt; und

**[0028]** Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen Teil des Rohrs aus Fig. 1 im Bereich der Verbindung mit dem Anschlussstück entlang der Linie 3-3 in Fig. 1 zeigt.

**[0029]** In den folgenden Darstellungen sind gleiche Teile durch die gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet.

net. Darüber hinaus erfolgt die vorliegende Beschreibung anhand des Beispiels eines Blowby-Rohrs als Rohrverbindung. Es versteht sich jedoch, dass die vorliegende Erfindung auch auf andere Rohrverbindungen übertragbar ist.

**[0030]** Fig. 1 zeigt ein Blowby-Rohr als Beispiel einer Rohrverbindung mit einem Rohr, hier einem Wellrohr **10** und an entgegengesetzten Enden des Wellrohrs **10** angeordneten Anschlussstücken **20**.

**[0031]** Das Wellrohr **10** ist beispielsweise aus Polyamid gebildet und weist abwechselnd Wellenberge und Wellentäler auf, die in einer Teilung  $a$  (Fig. 3) angeordnet sind. Das Wellrohr **10** weist eine Wandstärke  $s$  auf. Die beiden Enden des Wellrohrs **10** weisen jeweils eine Stirnseite **11** auf, die die Zylinderöffnung des Wellrohrs **10** begrenzt. Das Wellrohr hat eine Innenseite **12** und eine Außenseite **13**, wobei die Innenfläche **12** den Innendurchmesser bzw. -radius  $R_i$  und die Außenfläche **13** den Außendurchmesser bzw. Außenradius  $R_a$  definiert. Das Wellrohr wird als Meterware meist gerollt zur Verfügung gestellt und zur Herstellung des in Fig. 1 dargestellten Blowby-Rohrs auf Länge geschnitten. Aufgrund der Eigenschaften von Polyamid, wie es eingangs beschrieben wurde, kann ein Wellrohr **10** bei einer Länge von z. B. etwa 200 mm ein Längentoleranz von  $\pm 10$  mm (ca. 5%) aufweisen. Darüber hinaus ist es aufgrund der Krümmung des Wellrohrs vor dem Schneiden, die aus dem Aufrollen des Wellrohrs zu Rollen resultiert, denkbar, dass die Stirnseite keinen Ring senkrecht zur Längserstreckung bzw. Längsmittelachse  $L$  (Fig. 3) bildet, sondern vielmehr schräg dazu verlaufen kann.

**[0032]** Das in Fig. 1 oben dargestellte Anschlussstück ist relativ zur Längsachse  $L$  gewinkelt. Es weist ebenso wie das Anschlussstück **20** an dem entgegengesetzten Ende zwei diametral gegenüberliegende Verriegelungen, hier Rasthaken **21**, auf, die zum Verbinden des Anschlussstücks an eine Zylinderkopfhaut eines Motors (nicht gezeigt) dient. Das Anschlussstück **20** am entgegengesetzten Ende (in Fig. 1 unten) dient der Verbindung mit einem Reinluftrohr. Die in Fig. 1 dargestellte Rohrverbindung dient damit zur Rückführung von Motor-Blowby-Gasen in den Ansaugtrakt und damit zur Kurbelgehäuseentlüftung.

**[0033]** Es muss eine mediendichte, d. h. vor allem öl- und luftdichte Verbindung vom Zylinderkopf zum Reinluftrohr hergestellt werden. Dabei erfolgt die Abdichtung zu den Anschlussstellen am Reinluftrohr bzw. Zylinderkopfhaut mit O-Ringen **29**.

**[0034]** Um eine öl- und luftdichte Verbindung zwischen den Anschlussstücken **20** und dem Wellrohr **10** herzustellen, wird ferner ein Rotationsschweißverfahren verwendet, um die Elemente zu verbinden. Dazu weisen die Anschlussstücke **20** jeweils einen An-

schlussabschnitt **22** auf. Das Anschlussstück **20** kann aus glasfaserverstärktem Polyamid gebildet sein.

**[0035]** Wenigstens einer dieser Anschlussabschnitte **22** kann erfindungsgemäß ausgestaltet sein.

**[0036]** Das in Fig. 1 unten dargestellte Anschlussstück **20** ist in Fig. 2 einzeln und perspektivisch dargestellt sowie in Fig. 3 entlang der Schnittlinie im Längsschnitt 3-3 aus Fig. 1.

**[0037]** Das Anschlussstück **20** umfasst einen zylinderförmigen Abschnitt **23**, an den sich der Anschlussbereich **22** anschließt. Der Anschlussbereich **22** weist hierbei eine ringförmige Nut **24** auf, die konzentrisch zur Längsachse  $L$  und dem Abschnitt **23** angeordnet ist. Die Nut **24** ist definiert durch eine radial außen liegende Wand **25** und eine radial innen liegende Wand **26** sowie den die Wände **25** und **26** verbindenden Nutgrund **27**.

**[0038]** Die Verbindung zwischen dem Wellrohr **10** und dem Anschlussstück **20** erfolgt durch ein Rotationsschweißverfahren. Damit erfolgt die Verbindung zwischen der Stirnseite **11** und dem Nutgrund **27** stoffschlüssig durch Aufschmelzen der beiden Materialien des Wellrohrs **10** und des Anschlussstücks **20**.

**[0039]** Zu diesem Zweck ist es bevorzugt das Wellrohr **10** und die Anschlussstücke **20** aus dem gleichen zumindest aber einem Material mit gleicher oder ähnlicher Schmelztemperatur zu bilden, so dass beim Verbindungsvorgang beide Materialien aufschmelzen und eine sichere Verbindung miteinander eingehen.

**[0040]** Das Volumen der Nut **24** definiert sich durch den Innenradius  $R_{iN}$  sowie den Außenradius  $R_{aN}$  und die Höhe  $h$  der Nut **24**. Bezüglich der Höhe  $h$  wird die Höhe der Wand **25** oder **26** herangezogen, die niedriger ist. Bei der dargestellten Ausführungsform ist die Höhe der Wände **25**, **26** in Längsrichtung  $L$  gleich. Es ist aber auch denkbar die radial innen liegende Wand **26** niedriger zu gestalten als die radial außen liegende Wand **25**. Das Volumen der Nut **24** ergibt sich demnach wie folgt:

$$V_N = 2 \cdot \pi \cdot R_{mN} \cdot (R_{aN} - R_{iN}) \cdot h$$

**[0041]** Das Volumen wird dabei so festgelegt, dass es in der Lage ist die maximale Überlänge des Wellrohrs **10** als aufgeschmolzenes Material aufzunehmen. D. h. im fertigen Zustand soll kein aufgeschmolzenes Material über die Wände **25** und/oder **26** vorstehen. Gemäß dem oben erwähnten Beispiel muss die Nut damit in der Lage sein Material des Wellrohrs **10** entlang einer Länge, resultierend aus der maximalen Toleranz, von wenigstens 10 mm als überschüssige Schmelze aufzunehmen.

**[0042]** Als Mindestwert für das Volumen  $V_N$  ergibt sich damit:

$$V_N = 2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot s \cdot T \cdot (1 + 2/a \cdot (R_a - R_i - 2s)) \cdot k$$

T	Längentoleranz des Wellrohrs [mm]
k	Ausgleichsfaktor für Luft einschlüsse (1,25–1,5)
$R_a$	Radius Wellrohr außen
$R_i$	Radius Wellrohr innen
$R_m$	$= (R_a + R_i)/2$
s	Wandstärke Wellrohr
a	Teilung Wellrohr

**[0043]** Darüber hinaus weist die radial innen liegende Wand **26** zwei (siehe **Fig. 2**) diametral gegenüberliegende Durchgangsöffnungen **30**, hier Schlitz auf. Die Schlitz sind an der Oberkante der radial innen liegenden Wand **26** offen und erstrecken sich bis zumindest zum Nutgrund **27**, vorzugsweise geringfügig darüber hinaus. In dem Zwischenraum **31** zwischen der Innenseite **12** des Wellrohrs **10** und der zur Nut **24** weisenden Seite der radial innen liegenden Wand **26** vorhandenes Fluid, bei dem vorliegenden Beispiel Kondensat aus den Blowby-Gasen, kann daher über die Schlitz aus dem Zwischenraum **31** abgeführt werden und wird in die Fluidströmung zurückgeführt, bzw. von der Fluidströmung mitgerissen. Ein Austreten des in diesem Zwischenraum **31** befindlichen Fluids durch die Verbindungsstelle im Bereich der Stirnseite **11** und des Nutgrunds **27** wird daher zuverlässig vermieden. Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform zwei solche Durchgangsöffnungen **30** beschrieben sind, ist es denkbar nur eine oder mehrere solche Öffnungen **30** vorzusehen. Bei mehreren sind diese bevorzugt gleichmäßig über den Umfang verteilt.

**[0044]** Aus der Darstellung in **Fig. 3** wird ferner ersichtlich, dass die radiale Dimensionen des Wellrohrs **10** und der Wände **25**, **26** so gewählt sind, dass der Radius  $R_{iN}$  kleiner als der Radius  $R_i$  und der Radius  $R_{aN}$  größer als der Radius  $R_a$  ist. Dadurch wird beim Rotationsschweißverfahren ein Kontakt der Innenseite **12** und der Außenseite **13** des Wellrohrs **10** mit den zur Nut **24** weisenden Seiten der Wände **25**, **26** vermieden. Damit kann das Auftreten von Löchern in der Wellrohrwandung **10** bei der Herstellung zuverlässig vermieden werden. Darüber hinaus wird ausreichend Raum geschaffen, um die überschüssige Schmelze, wie es oben beschrieben wurde, aufzunehmen.

**[0045]** Das Herstellungsverfahren wird im Folgenden kurz erläutert.

**[0046]** Zur Herstellung des Rohrs aus **Fig. 1** wird zunächst eines der Anschlussstücke **20** mit dem Wellrohr **10** verbunden. Dabei wird das Wellrohr **10** und/oder das Anschlussstück **20** rotiert und die Stirnseite **11** entsprechend mit dem Nutgrund **27** in Kontakt

gebracht. Dadurch schmelzen vorteilhafterweise beide Materialien in diesem Bereich auf und gehen eine stoffschlüssige Verbindung miteinander ein. Für diese Verbindung sind im Prinzip 1–2 mm aufgeschmolzenes Material bspw. des Wellrohrs **10** in Längsrichtung ausreichend. Im Anschluss wird das zweite Anschlussstück **20** mit dem Verbund aus Wellrohr **10** und am entgegengesetzten Ende verbundenen Anschlussstück **20** verbunden. Dabei wird der Verbund und/oder das zweite Anschlussstück **20** rotiert und die Stirnseite **11** mit dem Nutgrund **27** in Kontakt gebracht. Auch hier schmilzt durch Reibungswärme das Material auf, so dass die Elemente in diesem Bereich eine stoffschlüssige Verbindung eingehen. Um das Ist-Längsmaß in Richtung L zwischen den Anschlussstücken **20** zu erzielen, werden das Anschlussstück **20** und/oder das Wellrohr **10** aufeinander zu bewegt, d. h. gegeneinander gedrückt, so dass weiteres Material aufgeschmolzen wird bis die gewünschte Länge erzielt wird. Bei einem Wellrohr **10** mit einer noch vorhandenen Überlänge von 10 mm erfolgt eine Relativbewegung um 10 mm bis das Ist-Maß erreicht ist. Nach dem Abkühlen kann die fertige Rohrverbindung **10** entnommen werden. Das überschüssige Material wird vollständig im Ausgleichsvolumen  $V_N$  der Nut **24** aufgenommen.

**[0047]** Darüber hinaus wird bei der Verbindung sowohl des ersten als auch des zweiten Anschlussstücks **20** bei einem schiefen Schnitt schräg zur Längserstreckung L ein entsprechender Ausgleich geschaffen und es kann zuverlässig gewährleistet werden, dass eine Verbindung von Wellrohr **10** und Anschlussstück über den gesamten Umfang des Wellrohrs **10** erfolgt, wobei überschüssiges Material vollständig in der Nut **24** aufgenommen wird.

**[0048]** Obwohl die vorliegende Erfindung rein beispielhaft anhand der obigen Ausführungsform beschrieben wurde, versteht sich, dass verschiedenartige Modifikationen möglich sind. Beispielsweise könnte statt dem Wellrohr **10** auch ein Rohr mit glatter Außenfläche eingesetzt werden. Auch wäre es denkbar das Wellrohr **10** im Bereich der Verbindung mit den Anschlussstücken **20** mit glatter Außenfläche (Zylinderfläche) auszugestalten. Auch sind andere Materialien als das erwähnte Polyamid denkbar, wobei jedoch bevorzugt gleiche oder zumindest hinsichtlich ihrer Schmelztemperatur vergleichbare Materialien zum Einsatz kommen.

### Patentansprüche

1. Rohrverbindung, umfassend ein Rohr (**10**), das herstellungsbedingt einer Längentoleranz unterliegt, und wenigstens ein Anschlussstück (**20**) mit einer ringförmigen Nut (**24**), die einen Nutgrund (**27**) aufweist, wobei der Nutgrund (**27**) mit der Stirnseite (**11**) an einem Ende des Rohrs (**10**) verschmolzen ist, um das Rohr (**10**) mit dem Anschlussstück (**20**) zu verbind-

den, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nut (24) ein Ausgleichsvolumen ( $V_N$ ) definiert und überschüssige Schmelze aufnimmt wozu der innere Durchmesser ( $R_{iN}$ ) der Nut (24) kleiner ist als der Innendurchmesser ( $R_i$ ) des Rohrs (10) und der äußere Durchmesser ( $R_{aN}$ ) der Nut (24) größer ist als der Außendurchmesser ( $R_a$ ) des Rohrs (10), und das Ausgleichsvolumen ( $V_N$ ) der Nut (24) gestaltet ist, um Schmelze wenigstens entsprechend der Materialmenge des Rohrs (10) bei maximaler Längentoleranz aufnehmen zu können.

2. Rohrverbindung nach Anspruch 1, bei der das Rohr (10) ein Wellrohr ist und das Ausgleichsvolumen ( $V_N$ ) durch  $V_N = 2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot s \cdot T \cdot (1 + 2/a \cdot (R_a - R_i - 2s)) \cdot k$  vorgegeben ist, wobei

T Maximale Längentoleranz des Wellrohres [mm]

k Ausgleichsfaktor für Lufteinschlüsse (1,25–1,5)

$R_a$  Radius Wellrohr außen

$R_i$  Radius Wellrohr innen

$R_m = (R_a + R_i)/2$

s Wandstärke Wellrohr

a Teilung Wellrohr

3. Rohrverbindung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der das Rohr (10) und das Anschlussstück (20) aus einem Material mit im Wesentlichen gleicher Schmelztemperatur, vorzugsweise Polyamid, bestehen.

4. Rohrverbindung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der zumindest im Bereich des Nutgrunds (27) wenigstens eine Durchgangsöffnung (30) in einer die Nut (24) begrenzenden radial inneren Wand (26) vorgesehen ist, über die zwischen der Innenseite des Rohrs (12) und der Außenseite der radial inneren Wand (26) vorhandenes Fluid aus der Nut (24) abführbar ist.

5. Rohrverbindung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der an beiden Enden des Rohrs (10) jeweils ein Anschlussstück (20) angeordnet ist.

6. Verfahren zum Herstellen einer Rohrverbindung nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend die Schritte:

Rotieren des Anschlussstücks (20) und/oder des Rohrs (10);

in Kontakt bringen der Stirnseite (11) eines Endes des Rohrs (10) mit dem Nutgrund (27) der Nut (24) des Anschlussstücks (20), wobei das Material des Anschlussstücks (20) und/oder des Rohrs (10) durch Reibungswärme aufgeschmolzen wird, gekennzeichnet durch

Aufeinander zu bewegen des Rohrs (10) und des Anschlussstücks (20) bis die gewünschte Endlänge der Rohrverbindung erreicht ist, wobei die dabei entstehende Schmelze vollständig in dem Ausgleichsvolumen ( $V_N$ ) der Nut (24) aufgenommen wird und die Zy-

linderwand des Rohrs (10) nicht in Kontakt mit dem Anschlussstück (20) kommt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem beim Aufeinander zu bewegen des Rohrs (10) und des Anschlussstücks (20) primär Material des Rohrs (10) aufgeschmolzen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohrverbindung mit energiereicher Gamma- oder Betastrahlung bestrahlt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

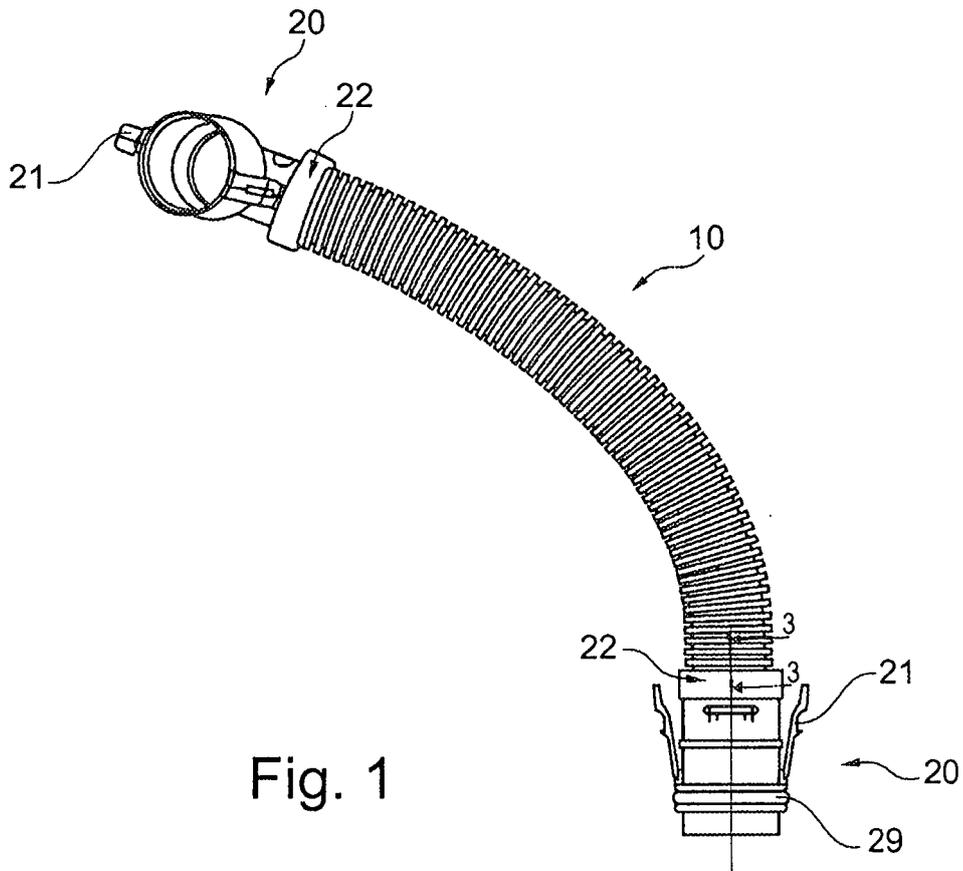


Fig. 1

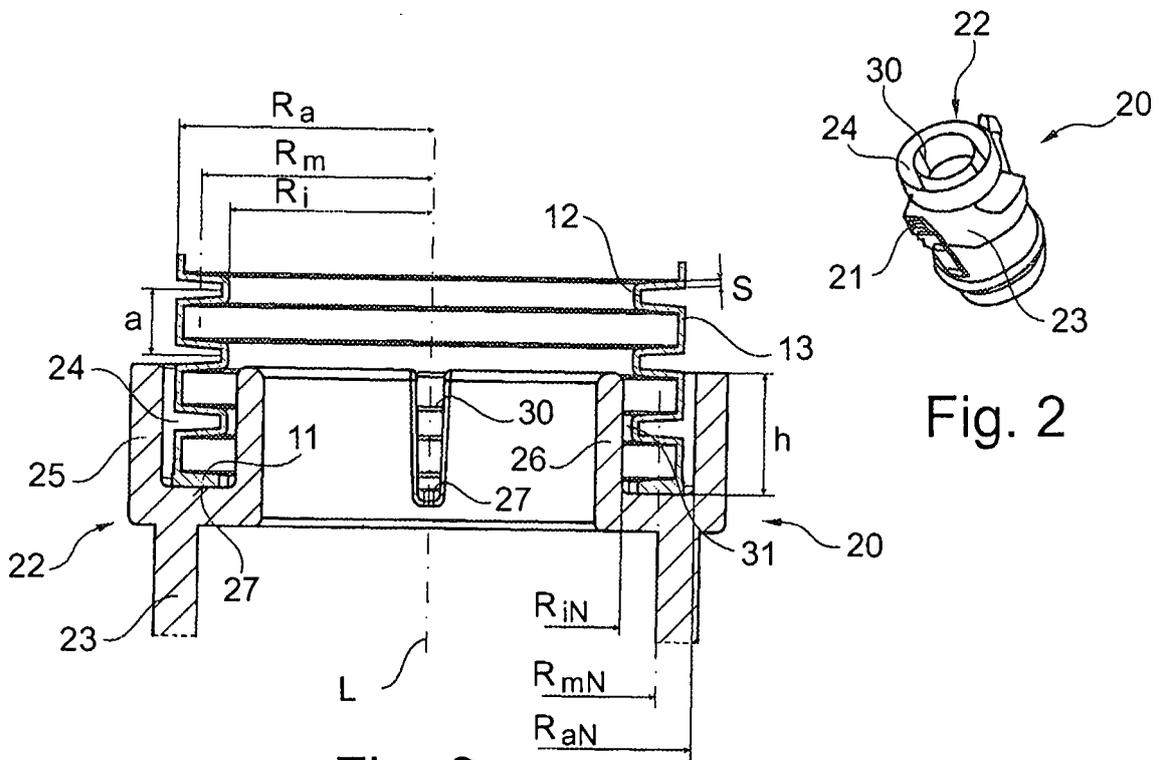


Fig. 2

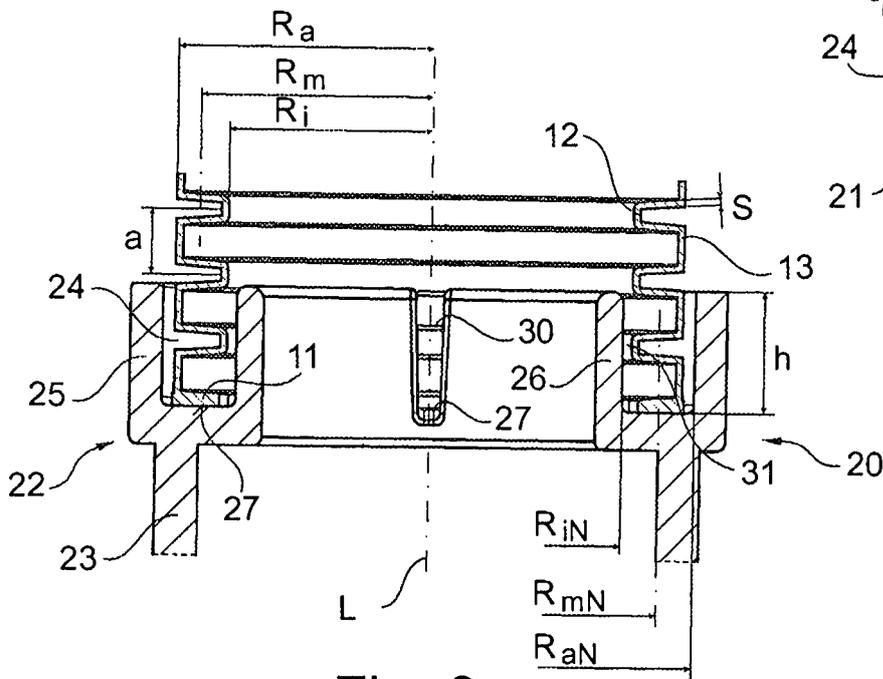


Fig. 3