



(10) **DE 10 2012 023 801 A1** 2014.03.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 023 801.0**

(22) Anmeldetag: **05.12.2012**

(43) Offenlegungstag: **06.03.2014**

(51) Int Cl.: **B23P 15/26 (2006.01)**

**F28F 1/10 (2006.01)**

**B21D 51/16 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**13/570,806**                      **09.08.2012**      **US**

(71) Anmelder:  
**Modine Manufacturing Co., Racine, Wis., US**

(74) Vertreter:  
**Hofer & Partner, 81543, München, DE**

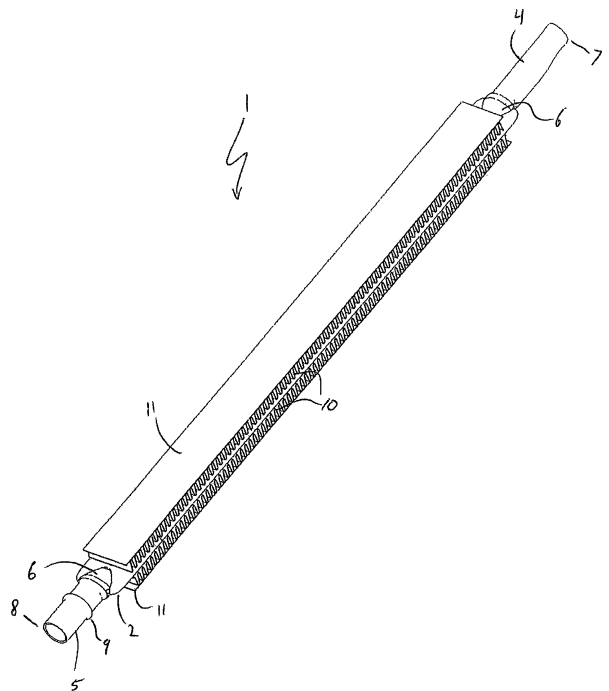
(72) Erfinder:  
**Lindell, Eric, Waterford, Wis., US; Mantri, Girish,  
Franklin, Wis., US; Merklein, Brian, Hartford, Wis.,  
US; Ouradnik, Zachary, Racine, Wis., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Wärmetauscherrohr, Wärmetauscherrohranordnung und Verfahren zum Herstellen desselben**

(57) Zusammenfassung: Ein Rohr (2) zur Verwendung in einer Wärmetauscherrohranordnung (1) wird durch Ausbilden eines Rundrohrs (2), Reduzieren des Durchmessers eines Endbereichs des Rundrohrs (2) und Abflachen eines weiteren Bereichs des Rundrohrs (2) hergestellt. Ein Übergangsbereich (6) wird teilweise durch Reduzieren des Durchmessers und ferner durch Abflachen des Rohrs (2) erzeugt.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Rohre und auf Rippen- und Rohranordnungen für Wärmetauscher und auf Verfahren zum Herstellen derselben.

**[0002]** Es sind großräumige Wärmetauscher bekannt, die eigenständige, einzelne ersetzbare Rohranordnungen enthalten, und ein Rohr, um eine erste Flüssigkeit bzw. ein Fluid zu fördern, und einen zweiten Wärmeübertragungs-Flächenbereich für eine zweite Flüssigkeit aufweisen, um Wärme zu oder von der ersten Flüssigkeit zu übertragen. Als Beispiele sind Wärmetauscher dieses Typs, die als Schwergewichte- bzw. Hochleistungs-Radiatoren fungieren, um Abwärme von einem Motorkühlmittel zur Luft zu übertragen, im US-Patent Nr. 3,391,732 von Murray und US-Patent Nr. 4,236,577 von Neudeck beschrieben. Die Rohranordnungen, die in diesen Wärmetauschern verwendet werden, weisen einen zentralen Rippenbereich zum Wärmetausch und nicht gerippte zylindrische Endbereiche zum Einsetzen in Dichtungstüllen auf.

**[0003]** Wärmetauscherrohranordnungen der oben beschriebenen Art werden im Wesentlichen aus Kupfer mit erweiterten Luftseitenflächen im Rippenbereich, der zu einem Rohr verlötet wird, konstruiert. Kupfer bietet den Vorteil hoher Wärmeleitfähigkeit, günstiger Herstellbarkeit und guter Festigkeit und Lebensdauer. Doch der stetig steigende Kupferpreis hat zu einer Nachfrage für alternative kostengünstige Materialien geführt.

**[0004]** Aluminium hat Kupfer als bevorzugtes Konstruktionsmaterial in anderen Wärmetauschern (zum Beispiel Autokühler und handelsübliche Radiatoren) ersetzt, aber Kupfer in Hochleistungswärmetauschern dieser Art nicht erfolgreich ersetzt. Aluminium weist im Wesentlichen eine geringere Festigkeit als Kupfer auf, was zu Bedenken hinsichtlich der Lebensdauer führt. Dies ist speziell bei Anwendungen problematisch, wo einzelne Rohranordnungen in einem Bereich entfernt und eingesetzt werden müssen, wenn Beschädigungen während dieses Handlings bzw. Umgangs wahrscheinlich auftreten. Außerdem erfordert die Verbindung von Kupferkomponenten im Wesentlichen höhere Temperaturen als das Löten von Kupfer und führt zu Herstell- bzw. Fertigungsschwierigkeiten. Somit gibt es hier noch einiges zu verbessern. Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen eines Wärmetauscherrohrs zu schaffen, das die Überwindung der Nachteile des Standes der Technik ermöglicht. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1. Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

**[0005]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst eine Rohranordnung für einen Wärmetauscher ein Rohr mit einem flachen bzw. ebenen Bereich mit beabstandeten breiten Rohrseiten, die durch gegenüberliegende schmale Rohrseiten verbunden sind. Die Rohranordnung umfasst ferner zwei Rippenanordnungen, wobei jede Wellenscheitel und Wellentäler bzw. Mulden, die durch Flanken verbunden sind, und zwei im Wesentlichen ebene Seitenbleche aufweist. Mulden von einer Rippenanordnung werden mit einer der breiten Rohrseiten und Wellenscheitel dieser Rippenanordnung werden mit einer Fläche von einem der Seitenbleche verbunden. Wellentäler der anderen Rippenanordnung werden mit der anderen breiten Rohrseite und Wellenscheitel dieser Rippenanordnung mit einer Fläche des anderen Seitenblechs verbunden.

**[0006]** In einigen Ausführungsformen umfasst das Rohr zylindrische Bereiche an Längsenden des Rohrs mit dem flachen Bereich, der zwischen den zylindrischen Bereichen angeordnet ist. In einigen Ausführungsformen sind das Rohr, die Rippenanordnungen und die Seitenbleche durch hartgelötete Verbindungen verbunden und in einigen Ausführungsformen sind sie aus einer oder mehreren Aluminiumlegierungen ausgebildet. Gemäß einigen Ausführungsformen ist die Dicke der breiten Rohrseiten mindestens zweimal so dick wie die Seitenbleche.

**[0007]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst eine Rohranordnung für einen Wärmetauscher eine Flüssigkeitsströmung bzw. Fluidströmungsleitung, die sich in Längsrichtung über zumindest einen Bereich der Rohranordnung erstreckt. Die Fluidströmungsleitung weist eine Hauptabmessung und eine geringe bzw. kleinere Abmessung auf, wobei beide senkrecht zur Längsrichtung sind und die geringe Abmessung im Wesentlichen kleiner als die Hauptabmessung ist. Eine durchgehende Rohrwand umschließt die Strömungsleitung. Zwei im Wesentlichen ebene Seitenbleche sind von der durchgehenden Rohrwand in Richtung der geringen Abmessung abstandsgleich und mit der Rohrwand durch Wellenstrukturen bzw. dünne Stege verbunden.

**[0008]** In einigen Ausführungsformen weist die durchgehende Rohrwand ein Rohrwand-Schwerpunktträgheitsmoment bezüglich einer Achse in die Hauptabmessungsrichtung auf. In einigen Ausführungsformen ist das Schwerpunktträgheitsmoment der Rohranordnung bezüglich dieser Achse mindestens fünfmal so groß wie das Rohrwand-Schwerpunktträgheitsmoment und in einigen Ausführungen mindestens zehnmal so groß.

**[0009]** In einigen Ausführungsformen ist ein erster zylindrischer Rohrbereich mit der durchgehenden Rohrwand an einem ersten Ende der Strömungslei-

tung und ein zweiter zylindrischer Rohrbereich mit der durchgehenden Rohrwand an einem zweiten Ende der Strömungsleitung verbunden. In einigen dieser Ausführungsformen ist der Außenumfang, der durch die durchgehende Rohrwand definiert ist, größer als der Außenumfang von zumindest einem der zylindrischen Rohrbereiche.

**[0010]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Verfahren zum Herstellen einer Wärmetauscheranordnung ein Vorsehen eines Rohrs, erster und zweiter gewellter Rippenanordnungen und erster und zweiter im Wesentlichen ebener Seitenbleche. Die erste gewellte Rippenanordnung ist zwischen dem ersten Seitenblech und einer ersten breiten und flachen Seite des Rohrs, und die zweite gewellte Rippenanordnung zwischen dem zweiten Seitenblech und einer zweiten breiten und flachen Seite des Rohrs angeordnet. Eine Druckkraft wird auf gegenüberliegende Seiten der Seitenbleche aufgebracht, um Scheitel und Mulden der Rippenanordnungen mit den Seitenblechen und den breiten und flachen Seiten in Kontakt zu bringen und die hartgelöteten Verbindungen werden zwischen der ersten Rippenanordnung und dem ersten Seitenblech, der ersten Rippenanordnung und der ersten breiten und flachen Seite, der zweiten Rippenanordnung und dem zweiten Seitenblech und der zweiten Rippenanordnung und der zweiten breiten und flachen Seite erzeugt bzw. erstellt.

**[0011]** In einigen dieser Ausführungsformen werden das Rohr, die Rippenanordnungen und Seitenbleche auf eine Temperatur in einer Vakuumumgebung erhöht, um die hartgelöteten Verbindungen zu erzeugen. In anderen Ausführungsformen werden sie auf eine Temperatur in einer gesteuerten bzw. kontrollierten Schutzgasumgebung erhöht. In einigen Ausführungsformen umfasst ein Vorsehen des Rohrs, der Rippenanordnungen und Seitenbleche ein Vorsehen eines Materials, das mit Hartlot beschichtet ist.

**[0012]** In einigen Ausführungsformen wird die Druckkraft durch ein erstes Trennblech, das zum ersten Seitenblech benachbart ist, und durch ein zweites Trennblech, das zum zweiten Seitenblech benachbart ist, übertragen. In einigen dieser Ausführungsformen weisen die Trennbleche einen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, der im Wesentlichen mit dem des Rohrs, der Seitenbleche und der Rippenanordnungen übereinstimmt. In einigen Ausführungsformen ist das erste Trennblech eins von mehreren Trennblechen, die zum ersten Seitenblech benachbart sind.

**[0013]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Verfahren zum Herstellen von Wärmetauscherrohranordnungen ein Vorsehen mehrerer Rohre, mehrerer gewellter Rippenanordnungen und mehrerer im Wesentlichen ebener Seitenbleche.

Jedes der Rohre ist zwischen Paaren von gewellten Rippenanordnungen und jede der gewellten Rippenanordnungen zwischen einem der Rohre und einem der Seitenbleche angeordnet. Die Rohre, gewellten Rippenanordnungen und Seitenbleche sind in einem Stapel angeordnet. Trennbleche sind zwischen benachbarten Paaren der Seitenbleche und benachbart zu den Seitenblechen an äußersten Enden des Stapels angeordnet. Eine Drucklast wird auf den Stapel in Stapelrichtung aufgebracht. Hartgelötete Verbindungen werden an Kontaktpunkten zwischen den gewellten Rippenanordnungen und den Rohren und zwischen den gewellten Rippenanordnungen und den Seitenblechen erzeugt und die hartgelöteten Rohranordnungen werden von den Trennblechen entfernt.

**[0014]** In einigen dieser Ausführungsformen werden die Rohre, Rippenanordnungen und Seitenbleche auf eine Temperatur in einer Vakuumumgebung erhöht, um die hartgelöteten Verbindungen zu erzeugen. In anderen Ausführungsformen werden sie auf eine Temperatur in einer gesteuerten Schutzgasumgebung erhöht. In einigen Ausführungsformen umfasst das Vorsehen der Rohre, Rippenanordnungen und Seitenbleche das Vorsehen eines Materials, das mit einem Hartlot beschichtet ist.

**[0015]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Rohr für einen Wärmetauscher einen ersten zylindrischen Bereich, der sich von einem ersten Ende des Rohrs erstreckt, einen zweiten zylindrischen Bereich, der sich von einem zweiten Ende des Rohrs erstreckt, und einen flachen Bereich, der zwischen den Enden angeordnet ist und zwei breite und flache, parallel voneinander beabstandete Seiten aufweist, die durch zwei relativ kurze Seiten verbunden sind. Übergangsbereiche sind zwischen jedem der zylindrischen Bereiche und dem flachen Bereich angeordnet. Die Schnittpunkte der Übergangsbereiche und jede der breiten und flachen Seiten des Rohrs definieren kurvenförmige Wege bzw. Bahnen.

**[0016]** In einigen dieser Ausführungsformen weisen die beiden relativ kurzen Seiten ein bogenförmiges Profil auf. In einigen Ausführungsformen umfasst jeder der kurvenförmigen Wege einen Apex bzw. eine Spitze auf, die an einer Mittelebene des Rohrs angeordnet ist, und in einigen dieser Ausführungsformen ist ein bogenförmiges Wegsegment an der Spitze angeordnet.

**[0017]** In einigen Ausführungsformen erstreckt sich der Übergangsbereich, der zu einem der zylindrischen Bereiche benachbart ist, über eine Länge, die zumindest gleich dem Durchmesser dieses Bereichs ist. In einigen Ausführungsformen ist der Außenumfang des flachen Bereichs des Rohrs größer als der Außenumfang von zumindest einem der zy-

lindrischen Bereiche, und in einigen Ausführungsformen ist er zumindest 25% größer.

**[0018]** In einigen Ausführungsformen definiert der flache Rohrbereich eine Rohr-Hauptabmessung zwischen äußersten Punkten der beiden relativ kurzen Seiten, und jeder der kurvenförmigen Wege ist länger als die Rohr-Hauptabmessung. In einigen Ausführungsformen wird das Rohr aus einer Aluminiumlegierung hergestellt.

**[0019]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ein Wärmetauscherrohr aus einem Rundrohr durch Reduzieren eines Durchmessers des Rundrohrs in einem ersten Bereich des Rundrohrs ausgebildet und ein zweiter Bereich, der zum ersten Bereich benachbart ist, wird abgeflacht, um zwei voneinander beabstandete breite und flache Seiten im zweiten Bereich zu definieren. In einigen Ausführungsformen enden die ersten Bereiche an einem Ende des Rohrs. In einigen Ausführungsformen wird der zweite Bereich nach dem Reduzieren des Durchmessers des ersten Bereichs abgeflacht.

**[0020]** In einigen Ausführungsformen wird der Durchmesser des ersten Bereichs durch einen Gesenkschmiedevorgang bzw. Rundknetvorgang reduziert. In einigen Ausführungsformen wird der zweite Bereich durch Zusammenpressen auf diesen Bereich in einer Stanz- bzw. Prägeform abgeflacht. In einigen Ausführungsformen wird das Rohr aus einer Aluminiumlegierung hergestellt.

**[0021]** In einigen Ausführungsformen wird ein Dorn in das Rohr vor dem Abflachen des zweiten Bereichs eingesetzt und vom Rohr nach dem Abflachen des zweiten Bereichs entfernt.

**[0022]** In einigen Ausführungsformen wird der Durchmesser eines dritten Bereichs des Rundrohrs reduziert, wobei der dritte Bereich zum zweiten Bereich benachbart ist. In einigen Ausführungsformen endet der dritte Bereich an einem zweiten Ende des Rohrs. In einigen Ausführungsformen wird der zweite Bereich nach dem Reduzieren des Durchmessers des dritten Bereichs abgeflacht.

**[0023]** Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnung. Darin zeigt:

**[0024]** Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Wärmetauscherrohranordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

**[0025]** Fig. 2 eine Draufsicht der Wärmetauscherrohranordnung von Fig. 1.

**[0026]** Fig. 3 eine Detailansicht des Bereichs von Fig. 2, die durch die Linie III-III begrenzt ist.

**[0027]** Fig. 4 eine Draufsicht der Wärmetauscherrohranordnung von Fig. 1.

**[0028]** Fig. 5 eine perspektivische Explosionsansicht der Wärmetauscherrohranordnung von Fig. 1.

**[0029]** Fig. 6 eine Draufsicht eines Stapels von Wärmetauscherrohranordnungen, die gemäß einer Ausführungsform der Erfindung hergestellt sind.

**[0030]** Fig. 7 eine Draufsicht von bestimmten Komponenten des Stapels von Fig. 6.

**[0031]** Fig. 8 eine perspektivische Ansicht eines Wärmetauscherrohrs gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

**[0032]** Fig. 9 eine perspektivische Teilansicht eines Wärmetauscherrohrs gemäß dem Stand der Technik.

**[0033]** Fig. 10 eine Teilbereichsansicht entlang der Linien X-X von Fig. 8.

**[0034]** Fig. 11 eine Teilansicht entlang der Linien XI-XI von Fig. 8.

**[0035]** Fig. 12 eine perspektivische Teilansicht des teilweise ausgebildeten Rohrs von Fig. 8.

**[0036]** Fig. 13A und Fig. 13B schematische Ansichten eines Ausbildungs- bzw. Formungsvorgangs, um das Rohr von Fig. 8 herzustellen.

**[0037]** Bevor irgendeine der Ausführungsformen der Erfindung detailliert erläutert wird, ist es selbstverständlich, dass die Erfindung bei ihrer Anwendung nicht auf die Details der Konstruktion und die Anordnung der Komponenten, die in der folgenden Beschreibung dargestellt oder in der beigefügten Zeichnung veranschaulicht sind, begrenzt ist. Die Erfindung ist für andere Ausführungsformen geeignet und wird auf unterschiedliche Arten genutzt und ausgeführt. Es ist ebenfalls selbstverständlich, dass die hier verwendete Formulierung und Terminologie dem Zweck der Beschreibung dient und nicht einschränkend zu betrachten ist. Die Verwendung von "umfassend", "aufweisen" oder "haben" und Abänderungen davon bedeutet hier, dass sie alle nachstehend verzeichneten Begriffe und Äquivalente davon sowie zusätzliche Begriffe einschließen. Sofern nicht anders angegeben, werden die Ausdrücke "angeordnet", "verbunden", "gelagert" und "gekoppelt" und Änderungen davon allgemein verwendet und schließen sowohl direkte als auch indirekte Anordnungen, Verbindungen, Lagerungen und Kopplungen ein. Ferner sind "verbunden" und "gekoppelt" nicht auf physika-

lische oder mechanische Verbindungen oder Kopp-  
lungen beschränkt.

**[0038]** Eine Wärmetauscherrohranordnung **1** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 1** bis **Fig. 5** dargestellt. Diese Rohranordnung **1** kann als eine von vielen einzelnen Rohren eines Wärmetauschers, zum Beispiel Radiator, in großen schweren Gerätschaften, wie zum Beispiel Bagger, Minenlastwagen, Aggregaten bzw. Notstromaggregaten, etc., verwendet werden. Es sollte jedoch selbstverständlich sein, dass die Rohranordnung **1** in Wärmetauschern unterschiedlicher Typen und Größen verwendet werden kann.

**[0039]** Die Rohranordnung **1** umfasst ein Rohr **2**, das sich von einem ersten Ende **7** zu einem zweiten Ende **8** erstreckt. Das Rohr **2** definiert eine Fluidströmungsleitung, wobei ein Fluid bzw. eine Flüssigkeit (zum Beispiel ein Kühlmittel bzw. Motorkühlmittel) durch die Rohranordnung **1** befördert wird. Als ein Beispiel kann die Rohranordnung **1** in einem Kühlmittelradiator verwendet werden, um Abwärme von einem Kühlmittelfluss zurück bzw. abzuweisen, wenn der Kühlmittelfluss durch das Rohr **2** von einem der Enden **7**, **8** zum anderen der Enden **7**, **8** fließt bzw. strömt.

**[0040]** D[as Roh]r **2** umfasst einen ebenen bzw. flachen Bereich **3**, der zwischen den Enden **7**, **8** angeordnet ist. Der flache Bereich **3** (am besten durch **Fig. 11** beschrieben) umfasst erste und zweite parallele, breite und flache bzw. ebene Seiten **12**. Die breiten und flachen Seiten **12** sind voneinander beabstandet und durch zwei gegenüberliegende, beabstandete schmale Rohrseiten **15** verbunden. Während die schmalen Rohrseiten **15** mit bogenförmigem Profil in der beispielhaften Ausführungsform dargestellt sind, können die schmalen Rohrseiten **15** in anderen Ausführungsformen gerade oder von einer anderen Profilform sein. Die beiden breiten und flachen Seiten **12** und die beiden schmalen Seiten **15** definieren zusammen eine durchgehende Rohrwand **25** der Fluidströmungsleitung mit einem einen offenen Raum definierenden Inneren zur durchgehenden Rohrwand **25**, um den Fluss einer Flüssigkeit durch das Rohr **2** zu ermöglichen. Während kein Fall in der beispielhaften Ausführungsform dargestellt ist, ist es in einigen Fällen vorteilhaft, eine Oberflächenverbesserung oder Fließ- bzw. Stromverwirbelungsmerkmale innerhalb der Strömungsleitung vorzusehen, um die Wärmeübertragungsrates bzw. -leistung zwischen einer Flüssigkeit, die durch das Rohr **2** und die Rohrwand **25** hindurchgeht, zu verbessern.

**[0041]** Bezüglich **Fig. 11** weist der flache Bereich **3** des Rohrs **2** eine geringe Rohrabmessung  $d_1$ , die als Abstand zwischen nach außen gerichteten Flächen der beiden breiten und flachen Seiten **12** definiert ist, und eine Rohrhauptabmessung  $d_2$  auf, die als Abstand zwischen äußersten Punkten der bei-

den schmalen Seiten **15** definiert ist. In einigen, in hohem Maße wünschenswerten Ausführungsformen ist die Hauptabmessung  $d_2$  um ein Mehrfaches größer als die geringe Abmessung  $d_1$ . Zum Beispiel ist die Hauptabmessung der beispielhaften Ausführungsform neunmal größer als die geringe Abmessung.

**[0042]** Die Rohranordnung **1** umfasst ferner zwei gewundene bzw. gewellte Rippenanordnungen **10**, die entlang des flachen Bereichs **3** angeordnet sind. Die Rippenanordnungen **10** umfassen mehrere Flanken **16**, die durch Scheitel **18** und Mulden **17** in abwechselnder Weise verbunden sind, so dass jede der Rippenanordnungen **10** eine ungefähre Sinusform aufweist (am besten in **Fig. 3** zu sehen). Die Rippenanordnungen **10** können deutlich bzw. einfach sein, wie in **Fig. 3** dargestellt, oder sie können zusätzliche Merkmale umfassen, um die Wärmeübertragung, strukturelle Festigkeit, Lebensdauer oder Kombinationen davon zu erhöhen. In einigen Ausführungsformen können zum Beispiel die Rippenanordnungen **10** Lüftungsschlitze, Unebenheiten bzw. Höcker, Schlitze, Lanzen oder andere bekannte Merkmale umfassen, um die Wärmeübertragung und/oder strukturelle Steifigkeit der Flanken **16** zu verbessern. In anderen Ausführungsformen kann ein Kantensaum bzw. eine Stoßkante an einem oder an beiden der Enden einer Rippenanordnung **10**, die zu den schmalen Rohrseiten **15** benachbart sind, vorgesehen werden. Dieser Kantensaum kann ein besonders vorteilhafter Widerstand gegen Beschädigungen sein, die beim Zusammenstoßen mit Steinbrocken oder anderem Schmutz bzw. Geröll hervorgerufen werden.

**[0043]** Dünne Seitenbleche **11** sind ebenfalls in der Rohranordnung **1** enthalten. Diese Seitenbleche **11** sind zu den gegenüberliegenden breiten und flachen Seiten **12** des Rohrs **2** parallel und durch die Rippenanordnungen **10** auf jeder Seite abstandsgleich. Folglich sehen die Flanken **16**, Scheitel **18** und Mulden **17** der Rippenanordnungen eine Mehrzahl von dünnen Stegen vor, um die Seitenbleche **11** von der durchgehenden Rohrwand **25** mit Abstand anzuordnen. Die Seitenbleche **11** sind im Wesentlichen eben, können aber Merkmale umfassen, wie zum Beispiel gebogene Kanten, um eine erhöhte Steifigkeit und/oder um die Anordnung zu unterstützen.

**[0044]** Die Räume zwischen den Flanken **16** sehen Fließ- bzw. Strömungskanäle für eine Flüssigkeit vor, um eine Wärmeübertragung auf die Flüssigkeit, die durch das Rohr **2** hindurchgeht, zu ermöglichen, so dass Wärme zwischen den beiden Flüssigkeiten ausgetauscht werden kann. Eine Umgebungsluft kann zum Beispiel durch die Fließkanäle geleitet werden, um das Kühlmittel eines Motor-Kühlmantels, das durch das Rohr **2** hindurchgeht, zu kühlen. Es ist jedoch selbstverständlich, dass verschiedene ande-

re Flüssigkeiten in Wärmeübertragungsbezug unter Verwendung der Rohranordnung **1** gestellt werden können. Jeder der Fließkanäle zwischen den Flanken **16** wird ferner durch eine der Mulden **17** und Scheitel **18** und durch eine der flachen Seiten **12** des Rohrs **2** und der im Wesentlichen ebenen Seitenbleche **11** definiert. Durch vollständiges Begrenzen der Fließkanäle auf diese Weise wird die Flüssigkeit, die durch diese Kanäle hindurchgeht, daran gehindert, die Kanäle vorzeitig zu verlassen, wodurch die Fähigkeit bzw. Leistung zur Wärmeübertragung verbessert wird.

**[0045]** Das Rohr **2**, Rippenanordnungen **10** und Seitenbleche **11** werden bevorzugt zusammen verbunden, um eine monolithische Struktur zu bilden, um sowohl einen guten Thermokontakt zwischen den in Wärmeübertragungsbezug zu setzenden Flüssigkeiten als auch eine gute strukturelle Integrität bzw. Festigkeit zu schaffen. Während verschiedene Materialien verwendet werden können, um die Rohranordnung **1** zu konstruieren, werden das Rohr **2**, Rippenanordnungen **10** und Seitenbleche **11** in bevorzugten Ausführungsformen aus Metallen mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit, wie zum Beispiel Aluminium, Kupfer und dergleichen, ausgebildet. Die Komponenten können zusammen verbunden werden, um die Rohranordnung **1** durch verschiedene Prozesse, die Hartlöten, Löten, Kleben, etc., umfassen, auszubilden.

**[0046]** Um eine gute Wärmeübertragung zwischen den Flüssigkeiten zu fördern, kann es für die Rippenanordnungen **10** und Seitenbleche **11** vorteilhaft sein, sich über die gesamte Hauptabmessung  $d_2$  des flachen Bereichs **3** zu erstrecken. In einigen Fällen kann es vorteilhaft sein, die Rippenanordnungen **10** und Seitenbleche **11** etwas über die Außenkanten der schmalen Rohrseiten **15** hinaus zu erweitern, um die Fluidströmungsleitung vor Schäden durch Zusammenstoßen mit Steinen oder anderem Geröll zu schützen.

**[0047]** Auch bei der Einbeziehung von sehr dünnen Seitenblechen **11** wurde herausgefunden, dass sie die Rohranordnung **1** sehr versteifen, insbesondere bezüglich des Biegens um die Schwerpunktsachse herum bei der Rohrhauptabmessung  $d_2$ . Die Rippenanordnungen **10** sehen eine sehr kleine Steifigkeit in diese Richtung infolge ihrer verschlungenen Art vor, so dass die durchgehende Rohrwand **25** in Abwesenheit der Seitenbleche **11** den einzigen Widerstand beim Biegen um die Schwerpunktsachse herum bietet. Infolge der relativ kleinen geringen Abmessung  $d_1$  des flachen Rohrbereichs **3** ist der Widerstand zum Biegen um die Schwerpunktsachse herum allein durch die durchgehende Rohrwand **25** ziemlich klein und der Abstand der Seitenbleche **11** weg von der Schwerpunktsachse um einen Abstand, der im Wesentlichen größer als die geringe Abmessung  $d_1$  ist, bietet einen wesentlichen Vorteil.

**[0048]** Der Einfluss der Seitenbleche **11** auf die Biegesteifigkeit der Rohranordnung **1** um die Schwerpunktsachse herum bei der Rohrhauptabmessung  $d_2$  kann durch Vergleich des Schwerpunktträgheitsmoments um diese Achse der Rohranordnung **1** herum mit dem des Rohrs **2** allein quantitativ bestimmt werden (bei den Rippenanordnungen **10** kann angenommen werden, dass sie keine Mitwirkung bzw. keinen Beitrag zum Schwerpunktträgheitsmoment vorsehen bzw. leisten, außer durch die Aufrechterhaltung des Versetzens der Seitenbleche **11** von den flachen Seiten **12** des Rohrs **2**). Für eine beispielhafte Ausführungsform mit einer Rohrwanddicke von 0,8 mm, einer Seitenblechdicke von 0,25 mm, einer Rippenanordnungshöhe von 6,55 mm, einer geringen Abmessung von 3,7 mm und einer Hauptabmessung von 23,27 mm wird das Schwerpunktträgheitsmoment um die Rohrhauptabmessungsachse herum für die Rohranordnung und das Rohr allein jeweils zu  $925 \text{ mm}^4$  und  $76 \text{ mm}^4$  berechnet. Mit anderen Worten, das Schwerpunktträgheitsmoment der Rohranordnung um die Rohrhauptabmessungsachse herum ist ungefähr zwölf Mal so groß wie die des Rohrs selbst. In bevorzugten Ausführungsformen ist das Schwerpunktträgheitsmoment der Rohranordnung um die Rohrhauptabmessungsachse herum zumindest fünfmal so groß wie die des Rohrs selbst, und in sehr bevorzugten Ausführungsformen zumindestens zehnmal so groß. Dies ist besonders wünschenswert, wenn das Rohr **2** aus einem Material, das ein relativ kleines Elastizitätsmodul aufweist, zum Beispiel Aluminiumverbindungen, konstruiert wird.

**[0049]** Das Rohr **2** der beispielhaften Ausführungsform umfasst ferner einen ersten zylindrischen Bereich **4**, der zum ersten Ende **7** benachbart ist, und einen zweiten zylindrischen Bereich **5**, der zum zweiten Ende **8** benachbart ist, mit dem flachen Bereich **3**, der zwischen den ersten und zweiten zylindrischen Bereichen angeordnet ist. Diese zylindrischen Bereiche **4**, **5** ermöglichen ein zuverlässiges und leakagefreies Einsetzen der Rohranordnung **1** in aufnehmende Tüllen, die in gegenüberliegenden Köpfen bzw. Oberteilen eines Wärmetauschers (nicht dargestellt) angeordnet sind. Um die Größe des Rohrs, die zur effektiven Wärmeübertragung verfügbar bzw. vorhanden ist, zu maximieren, wird die Länge der zylindrischen Endbereiche vorzugsweise auf einem Minimum beibehalten und die Länge des flachen Bereichs **3** ist vorzugsweise 90% oder mehr der gesamten Länge des Rohrs **2**. Eine umlaufende Wulst **9** ist am zylindrischen Bereich **5** der exemplarischen Ausführungsform vorgesehen, um die Abwärtsbewegung der Rohranordnung **1** zu begrenzen, wenn sie vertikal in einem Wärmetauscher angeordnet ist.

**[0050]** Während die in den beigefügten Figuren dargestellten Ausführungsformen die zylindrischen Endbereiche an beiden Enden des Rohrs umfassen, ist es selbstverständlich, dass in einigen Beispielen ei-

ne Rohranordnung **1** ohne einen oder beider zylindrischer Endbereiche **4**, **5** sein kann. Wenn diese zylindrischen Endbereiche nicht inbegriffen sind, können die jeweiligen aufnehmenden Tüllen mit aufnehmenden Öffnungen vorgesehen werden, die dem Profil der durchgehenden Rohrwand **25** im flachen Bereich **3** entsprechen.

**[0051]** In bestimmten bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird eine Wärmetauscherrohranordnung **1** durch Erzeugen von hartgelöteten Verbindungen zwischen einem Aluminiumrohr **2**, ersten und zweiten gewellten Aluminiumrippenanordnungen **10** und ersten und zweiten Aluminiumseitenflächen **11** hergestellt. Die erste gewellte Rippenanordnung **10** ist zwischen dem ersten Seitenblech **11** und einer ersten breiten und flachen Seite **12** des Rohrs **2** angeordnet, während die zweite gewellte Rippenanordnung **10** zwischen dem zweiten Seitenblech **11** und einer zweiten breiten und flachen Seite **12** des Rohrs **2** angeordnet ist. Die Anordnung wird zusammengedrückt, um die Scheitel **18** und Mulden **17** der Rippenanordnungen **10** mit den benachbarten Teilen in Kontakt zu bringen, so dass hartgelötete Verbindungen an Kontaktpunkten gebildet werden können.

**[0052]** Ein Hartlot mit einer Schmelztemperatur, die kleiner als die Schmelztemperaturen des Rohrs **2**, Rippenanordnungen **10** und Seitenbleche **11** ist, wird verwendet, um hartgelötete Verbindungen zu erzeugen. Solch ein Zusatzwerkstoff ist typischerweise Aluminium mit kleinen Mengen von anderen Elementen (zum Beispiel Silizium, Kupfer, Magnesium und Zink), die zum Reduzieren der Schmelztemperatur zugegeben werden. Das Hartlot kann vorteilhafterweise als Schicht auf einer von mehreren der hart zu lötenden Komponenten vorgesehen werden. In einigen Ausführungsformen werden beide Seiten des Blechmaterials, das zum Ausbilden der gewellten Rippenanordnungen **10** verwendet wird, mit dem Hartlot beschichtet, wodurch das erforderliche Hartlot an allen Kontaktpunkten vorgesehen wird, wo hartgelötete Verbindungen erwünscht bzw. verlangt werden, während es vermieden wird, ein Hartlot an Stellen aufzuweisen, wo Verbindungen nicht notwendig oder unerwünscht sind.

**[0053]** Während viele Verfahren verwendet werden können, um die Temperatur des Rohrs **2**, der Rippenanordnungen **10** und der Seitenbleche **11** zu erhöhen, um das Hartlot zu schmelzen und die hartgelötete Verbindung zu bilden, sind das Vakuumlöten und kontrollierte Atmosphärenlöten (auch controlled atmosphere brazing genannt) zwei besonders bevorzugte Verfahren. Beim Vakuumlöten werden die montierten Teile in einem geschlossenen Ofen angeordnet und im Wesentlichen wird die gesamte Luft entfernt, um eine Vakuumumgebung zu erzeugen. Bei diesem Prozess bzw. Vorgang wird das in den Legierungen vorhandene Magnesium freige-

setzt, wenn die Teile erwärmt werden, und dient zum Auflösen der Oxidschicht, die auf den äußeren Flächen der Komponenten vorhanden ist, um dem geschmolzenen Hartlot das Verbinden mit dem vorliegenden Aluminium zu ermöglichen. Die Oxidschicht wird vom Reformieren und Eingreifen in die metallurgische Verbindung durch das Fehlen von Sauerstoff in der Vakuumumgebung abgehalten.

**[0054]** Beim kontrollierten Atmosphärenlöten wird ein Flussmittel auf die Komponenten vor dem Erwärmen aufgebracht. Ein Aufwärmen der Teile tritt in einer Schutzgasumgebung auf, um die Reformation der Oxidschicht zu verhindern, nachdem das Flussmittel reagiert und die Oxidschicht verdrängt, die auf den Fügeflächen der Teile vorhanden ist. Mit der verdrängten Oxidschicht verbindet sich das geschmolzene Hartlot mit dem vorliegenden Aluminium, um die hartgelötete Verbindung zu erzeugen.

**[0055]** Es kann besonders wünschenswert sein, mehrere der Rohranordnungen **1** einzeln bzw. eine nach der anderen zu löten, insbesondere hartzulöten, um den Durchsatz in einer Fertigungs- bzw. Herstellungsumgebung zu erhöhen. **Fig. 6** stellt ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung dar, wobei vier Rohranordnungen **1** gleichzeitig hergestellt werden. Es ist selbstverständlich, dass dasselbe Verfahren verwendet werden kann, um jeweils mehr als vier oder weniger als vier der Rohranordnungen herzustellen.

**[0056]** In der Ausführungsform von **Fig. 6** sind Rohre **2**, gewellte Rippenanordnungen **10** und im Wesentlichen ebene Seitenbleche **11** vorgesehen. Jedes der Rohre **2** ist zwischen Paaren der gewellten Rippenanordnungen **10** und jede der gewellten Rippenanordnungen **10** zwischen einem der Rohre **2** und einem der im Wesentlichen ebenen Seitenbleche **11** angeordnet. Die Seitenbleche **11** sind zwischen benachbarten Paaren der im Wesentlichen ebenen Seitenbleche **11** angeordnet. Die Rohre **2**, gewellten Rippenanordnungen **10** und im Wesentlichen ebenen Seitenbleche **11** sind in einem Stapel **26** angeordnet. Zusätzliche Trennbleche **19** sind benachbart zu den im Wesentlichen ebenen Seitenblechen **11** an den äußersten Enden des Stapels **26** angeordnet und eine Drucklast wird auf den Stapel **26** in Stapelrichtung aufgebracht, um die Scheitel **18** und Mulden **17** der gewellten Rippenanordnungen mit den benachbarten Seitenblechen **11** und den breiten und flachen Seiten **12** der Rohre **2** in Kontakt zu bringen.

**[0057]** Um eine einheitliche bzw. gleichmäßige Drucklast auf den Stapel **26** aufzubringen, können Stäbe **21** mit einer hohen Steifigkeit (zum Beispiel Strukturstahlkanäle) auf den äußersten Enden des Stapels **26** verwendet werden. Die Drucklast kann aufrechterhalten werden, nachdem sie auf den Stapel durch die Verwendung von Metallbändern bzw. Me-

tallstreifen **22**, die den Stapel **26** an mehreren Stellen umschließen, aufgebracht wurde. Die Streifen **22** werden über die Stäbe **21** gestrafft bzw. zusammengezogen, während der Stapel **26** zusammengedrückt wird, so dass eine Spannung in den Streifen **22** die Drucklast aufrecht erhält. Nach diesem Zusammenbauen bzw. Montieren wird der Stapel **26** in einem Lötofen angeordnet, um die einzelnen Rohranordnungen **1** zu erzeugen. Der Stapel **26** wird innerhalb des Ofens auf eine zum Schmelzen des Hartlotes geeignete Temperatur erwärmt, wobei danach der Stapel **26** gekühlt wird, um das geschmolzene Hartlot wieder zu verfestigen, wodurch hartgelötete Verbindungen an den Kontaktpunkten erzeugt werden. Nach dem Kühlen können die einzelnen Rohranordnungen **1**, die zu einzelnen monolithischen Strukturen gelötet wurden, von den Trennblechen **19** entfernt werden. Die Trennbleche **19** können mit einer Schicht vorgesehen werden, um jede metallurgische Verbindung zwischen den Trennblechen **19** und den Seitenblechen **11** zu verhindern, wenn diese unerwünschte Verbindung andernfalls bei Löttemperatur, auch ohne Vorhandensein von Hartlot, auftreten kann.

**[0058]** Wenn der Stapel **26** auf eine Löttemperatur erwärmt ist, wird eine Wärmeausdehnung der metallischen Werkstoffe im Stapel **26** auftreten. Beim Aluminiumlöten werden die Komponenten typischerweise auf eine Löttemperatur von 550°C bis 650°C erwärmt. Dieser Temperaturbereich ist im Wesentlichen höher als der, der zum Löten von Kupferkomponenten angewendet wird, und folglich ist die Wärmeausdehnung, die durch die Komponenten der Rohranordnungen **1** während des Verbindungsprozesses wahrgenommen bzw. festgestellt wird, im Wesentlichen größer, wenn die Komponenten aus Aluminium sind, als wenn sie aus Kupfer sind.

**[0059]** Im Rahmen der Erfindung durchgeführte Untersuchungen haben ergeben, dass während des Lötprozesses sichergestellt werden muss, dass die Rippenanordnungen **10** nicht durch das Erwärmen auf Löttemperatur und Herunterkühlen auf Umgebungstemperatur deformiert werden. Anders als beim traditionellen Herstellen gelöteter Aluminiumradiatoren, das viele Reihen von Rohren und Rippenanordnungen umfasst, die miteinander zu einem monolithischen gelöteten Kern verbunden werden, sind die Flanken **16** der Rippenanordnungen **10** durch Scherkräfte, die durch Wärmeausdehnungsdifferenzen zwischen den Komponenten der Rohranordnungen **1** und der Trennbleche **19** aufgebaut werden, für eine Deformierung anfällig. In einigen Ausführungsformen der Erfindung wird dieses Problem durch eine übliche Übereinstimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten der Trennbleche **19** mit dem der Rohre **2**, Rippenanordnungen **10** und Seitenbleche behoben. Dies kann durch Ausbilden der Trennbleche **19** aus ähnlichen Aluminiumverbindungen oder aus ei-

nem anderen Material, das eine ähnliche Wärmeausdehnungsrate aufweist, erreicht werden.

**[0060]** Alternativ oder zusätzlich können viele einzelne Trennbleche **19** zwischen jeder benachbarten Rohranordnung **1** verwendet werden, wie in **Fig. 7** dargestellt. Aussparungen **20** sind zwischen benachbarten Blechen der einzelnen Trennbleche **19** vorgesehen. In dem Fall, wo Trennbleche **19** aus einem Material mit einem im Wesentlichen unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten als die Materialien, aus denen die Rohre **2**, Rippenanordnungen **10** und Seitenbleche **11** konstruiert werden, konstruiert werden, können sich die Aussparungen **20** während des Erwärmens und Kühlens des Stapels **26** vergrößern oder verkleinern, wodurch die Deformierung der Rippenanordnungen **10** im Wesentlichen verringert wird, was sich andernfalls aus der Nichtübereinstimmung bei den Wärmeausdehnungskoeffizienten ergeben könnte. Die Aussparungen **20** dienen als Unterbrechungen, um die Akkumulation bzw. Ansammlung der durch Deformation bzw. Verdrehung herbeigeführten Wärmeausdehnung zu vermeiden, so dass jede derartige Deformation auf einzelne bzw. getrennte Kontaktbereiche unterhalb eines jeden der einzelnen Trennbleche **19** begrenzt ist. Das in **Fig. 7** dargestellte Fertigungsverfahren kann besonders vorteilhaft sein, wenn ein temperaturresistenteres Material, wie zum Beispiel Edelstahl, für die Trennbleche **19** verwendet wird und die Komponenten der Rohranordnungen **1** aus Aluminium hergestellt sind.

**[0061]** Das Rohr **2** wird nun detaillierter mit speziellem Bezug zu den **Fig. 8** bis **Fig. 13** erörtert. Wie vorab beschrieben, umfasst die Ausführungsform des Rohrs **2**, das in **Fig. 8** dargestellt ist, einen flachen Rohrbereich **3**, der zwischen einem ersten zylindrischen Rohrbereich **4** und einem zweiten zylindrischen Rohrbereich **5** angeordnet ist. Der erste zylindrische Rohrbereich **4** erstreckt sich vom ersten Ende **7** des Rohrs **2**, während der zweite zylindrische Rohrbereich **5** sich vom zweiten Ende **8** des Rohrs **2** erstreckt. Übergangsbereiche **6** sind zwischen dem flachen Bereich **3** und jedem der zylindrischen Bereiche **4** und **5** angeordnet. Die Übergangsbereiche **6** sehen einen gleichmäßigen kontinuierlichen Strömungsweg für eine Flüssigkeit, die durch das Rohr **2** hindurchgeht, sowie ein Vermeiden von Stellen bzw. Orten mechanischer Spannungskonzentration im Rohrmaterial vor.

**[0062]** Wie detailliert in der teilweisen Schnittansicht von **Fig. 10** dargestellt, erstreckt sich ein Übergangsbereich **6** über eine Länge **L**, die sich von einer Stelle **27**, die nahe dem Ende **7** des Rohrs **2** ist, bis zu einer Stelle **14**, die fern vom Ende **7** ist, spannt. Die Länge **L** ist vorzugsweise zumindest gleich dem Durchmesser des zylindrischen Endbereichs **4**, obwohl sie in einigen alternativen Ausführungsformen in der Dimen-



sion kleiner als der Durchmesser des jeweiligen Endbereichs sein kann. Wie in **Fig. 8** ersichtlich, erstreckt sich die breite und flache Seite **12** über die Stellen **14** an beiden Enden hinaus, so dass zumindest ein Bereich der breiten und flachen Seite **12** entlang des Rohrs **2** zwischen den Stellen **27** und **14** angeordnet ist, die den Anfang und das Ende eines Übergangsbereich **6** definieren.

**[0063]** In bevorzugten Ausführungsformen definieren die Schnittpunkte der Übergangsbereiche **6** und die breiten und flachen Seiten **12** des flachen Rohrereichs **3** kurvenförmige Wege bzw. Bahnen **13**. Diese kurvenförmigen Wege **13** sehen eine vorteilhafte Versteifung des flachen Bereichs **3** des Rohrs **2** bezüglich eines Biegemoments um die Rohrhauptabmessungsachse herum vor. Zu Vergleichszwecken ist ein Rohr **102** des Stands der Technik in **Fig. 9** dargestellt und umfasst einen flachen Bereich **103**, der mit einem zylindrischen Bereich **104** mittels eines Übergangsbereichs **106** verbunden ist. Der Schnittpunkt des Übergangsbereichs **106** und der flache Bereich **103** definieren einen geraden Weg bzw. Bahn **113** auf der breiten und flachen Seite **112** des flachen Bereichs **103**. Der gerade Weg **113** erstreckt sich in die Rohrhauptabmessung und das Biegen um die Hauptabmessungsachse herum ist ziemlich einfach. Dies kann während der Installation und/oder Entfernung einer Rohranordnung, die das Rohr **102** von einem Wärmetauscher enthält, besonders nachteilig sein, wenn eine derartige Installation und derartige Entfernung häufig Biegemomente dieses Typs auf das Rohr aufbringt. Dieses Problem wird besonders verschlimmert bzw. verschärft, wenn das Rohr aus einem Material mit ziemlich geringer Festigkeit, wie zum Beispiel geglühtes Aluminium, konstruiert ist.

**[0064]** Im Rahmen der Erfindung durchgeführte Untersuchungen haben ergeben, dass der kurvenförmige Weg **13** einen wesentlichen Versteifungseffekt vorsieht, um einem Biegemoment des zuvor erwähnten Typs zu widerstehen, und verhindert ein Knicken oder eine andere Beschädigung am Rohr **2** während der Installation, Entfernung oder einem anderen Handling des Rohrs **2** oder einer Rohranordnung **1** mit einem Rohr **2**. Während ein Vorteil bzw. Nutzen von jedem nicht linearen bzw. nicht geraden Weg abgeleitet werden kann, kann es für den Weg **13** sehr vorteilhaft sein, durch eine Reihe von verbundenen bogenförmigen Wegsegmenten definiert zu werden.

**[0065]** In der beispielhaften Ausführungsform umfasst jeder kurvenförmige Weg **13** einen Apex bzw. eine Spitze, die an der ungefähren Mittelebene des Rohrs **13** angeordnet ist, so dass die Spitze an einem Punkt **14** entlang des Wegs **13**, der am weitesten vom Ende **7** (im Fall des Übergangsbereichs zwischen dem flachen Bereich **3** und dem ersten zylindrischen Ende **4**) oder vom Ende **8** (im Fall des Übergangsbereichs zwischen dem flachen Bereich **3** und

dem zweiten zylindrischen Ende **5**) angeordnet ist. Der Weg **13** umfasst vorzugsweise ein bogenförmiges Wegsegment an der Spitze, so dass Spannungskonzentrationen an der Spitze vermieden werden.

**[0066]** In einigen bevorzugten Ausführungsformen ist der äußere Umfang (d. h. Umfang) von zumindest einem der beiden zylindrischen Bereiche **4**, **5** kleiner als der äußere Umfang der durchgehenden Rohrwand **25** im flachen Bereich **3**. Dies ermöglicht vorteilhafterweise einen relativ großen Wärmeübertragungsoberflächenbereich pro Einheit Länge im flachen Bereich **3**, ohne dass ein jeweiliger großer Durchmesser an einem oder an beiden der Enden **7**, **8** erforderlich ist. Ein kleinerer Durchmesser an den Enden kann vorteilhaft sein, wenn er einen geringeren Abstand von benachbarten Rohranordnungen ermöglichen kann und zum Beispiel weniger Dichtfläche an den Enden erfordert. In einigen bevorzugten Ausführungsformen überschreitet der äußere Umfang des flachen Bereichs **3** den äußeren Umfang von zumindest einem der beiden zylindrischen Endbereiche um mindestens 25%.

**[0067]** Wärmetauscher mit flüssigkeitsfördernden Rohren mit einem abgeflachten Profil über ihre gesamte Länge sind beim Stand der Technik bekannt, wobei sie jahrzehntelang als Radiatoren oder dergleichen verwendet wurden. Flache Rohre dieses Typs werden gewöhnlich auf eine oder zweite Arten konstruiert. Sie werden entweder in der flachen Form aus einem Materialrohling bzw. Materialknüppel extrudiert und/oder tiefgezogen und in einzelne Längen geschnitten, oder sie werden in einer Rohrmühle von Rollen durch Umformen der Blechform in eine runde Form, Nahtschweißen, Flachwalzen zur flachen Rohrform und Schneiden in einzelne Rohrlängen erzeugt.

**[0068]** Bei Rohren, wie zum Beispiel dem Rohr **102** gemäß dem Stand der Technik (**Fig. 9**) mit einem abgeflachten Bereich **103** und einem zylindrischen Endbereich **104**, werden die Enden des flachen Rohrs in einer zylindrischen Form ausgebildet, um den zylindrischen Endbereich **104** und den Übergangsbereich **106** zu bilden. Dieser Vorgang kann schnell und leicht ausgeführt werden, wenn das Rohr aus hochverformbarem Material, wie zum Beispiel Kupfer, konstruiert wird, und nur die äußeren Enden des Rohrs **2** zu bilden sind. Jedoch ist dieses Verfahren nicht zum Erhalten eines Übergangsbereichs **6**, wie zuvor beschrieben, geeignet.

**[0069]** Die Übergangsbereiche **6** können durch anfängliches Ausbilden des Rohrs **2** in einer runden Form mit einem Außendurchmesser, der gleich dem gewünschten äußeren Umfang bzw. Außenumfang einer durchgehenden Rohrwand **25** im flachen Bereich **3** ist, ausgebildet werden. Bezüglich **Fig. 12** werden als nächstes die Enden des runden Rohrs

bzw. Rundrohrs **2** im Durchmesser reduziert, um die zylindrischen Enden **4** und **5** sowie einen verjüngten Übergangsbereich **6'** zwischen den Enden **4**, **5** und dem Mittelbereich **3'**, der die originale runde Form behält, auszubilden. Diese Durchmesserreduzierung kann zum Beispiel durch Gesenkschmieden der Rohrenden durchgeführt werden. In einigen bevorzugten Ausführungsformen werden die Enden beim Durchmesser um mindestens 20% reduziert, um das erwünschte Verhältnis der äußeren Umfänge zwischen dem flachen Bereich **3** und den zylindrischen Endbereichen **4**, **5** zu erreichen.

**[0070]** Wie in **Fig. 13A** und **Fig. 13B** dargestellt, können die Profile des flachen Bereichs **3** des Rohrs **2** durch Ausbilden dieses Bereichs **3'** des Rohrs **2** zwischen einer ersten Umformwerkzeughälfte **22** und einer zweiten Umformwerkzeughälfte **23** definiert werden. Das Rohr **2** wird zwischen die Werkzeughälften **22**, **23** eingesetzt, wenn sich das Werkzeug in einer offenen Position befindet, d. h., wenn die zwei Werkzeughälften voneinander getrennt sind, wie in **Fig. 13A** dargestellt. Mit dem so angeordneten Rohr **2** schließt das Werkzeug, um somit in der geschlossenen Position von **Fig. 13B** zu sein, wodurch der flache Bereich **3** des Rohrs **2** zur geringeren Abmessung  $d_1$  und der Hauptabmessung  $d_2$  umgeformt wird. Optional kann ein Dorn **24** innerhalb des Rohrs **2** vor dem Umformvorgang angeordnet werden, um ein Knicken oder eine andere unerwünschte Deformation der breiten und flachen Rohrwände **12** während des Umformvorgangs zu verhindern. Der Dorn **24** kann nach Anwendung vom Rohr **2** entfernt werden, nachdem der Umformvorgang beendet ist. Die Geometrie der Übergangsbereiche **6** kann durch Einschließen ergänzender negativer Darstellungen der Geometrie bei den Kontaktflächen der Werkzeughälften **22** und **23** hergestellt werden, so dass die erwünschte Geometrie der Übergangsbereiche **6** in das Rohr **2** während des Umformvorgangs ausgebildet wird.

**[0071]** Obwohl die vorliegende Erfindung erfindungsgemäß in den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist sie nicht auf diese oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt. Abänderungen und Varianten der oben beschriebenen Ausführungsformen erscheinen den Durchschnittsfachleuten im Licht der oben genannten Lehre. Sie werden durch die folgenden Ansprüche definiert.

**[0072]** Die Ausführungsformen, die oben beschrieben und in den Figuren dargestellt sind, sind nur beispielhaft dargestellt und stellen keine Beschränkung der Konzepte und Grundsätze der vorliegenden Erfindung dar. Als solches ist es für einen Durchschnittsfachmann nachvollziehbar, dass verschiedene Änderungen möglich sind.

**[0073]** Zusammenfassend kann Folgendes festgehalten werden:

Ein Rohr **2** zur Verwendung in einer Wärmetauscherrohranordnung **1** wird durch Ausbilden eines Rundrohrs **2**, Reduzieren des Durchmessers eines Endbereichs des Rundrohrs **2** und Abflachen eines weiteren Bereichs des Rundrohrs **2** hergestellt. Ein Übergangsbereich **6** wird teilweise durch Reduzieren des Durchmessers und ferner durch Abflachen des Rohrs **2** erzeugt.

**[0074]** Neben der voranstehenden schriftlichen Offenbarung der Erfindung wird hiermit ergänzend auf die zeichnerische Darstellung in **Fig. 1** bis **Fig. 13B** Bezug genommen.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Rohranordnung
<b>2, 102</b>	Rohr bzw. Wärmetauscherrohr bzw. Rundrohr
<b>3, 103</b>	flacher bzw. ebener Bereich
<b>3'</b>	Mittelbereich
<b>4</b>	1. zylindrischer Rohrbereich/Endbereich
<b>5</b>	2. zylindrischer Rohrbereich/Endbereich
<b>6, 106</b>	Übergangsbereich
<b>6'</b>	verjüngter Übergangsbereich
<b>7</b>	erstes Ende
<b>8</b>	zweites Ende
<b>9</b>	Wulst
<b>10</b>	Rippenanordnung
<b>11</b>	ebenes Seitenblech
<b>12, 112</b>	breite und flache bzw. ebene Seitenkurvenförmiger Weg bzw. Bahn
<b>13</b>	1. und 2. Ort bzw. Stelle
<b>14, 27</b>	schmale Rohrseiten
<b>15</b>	Flanken
<b>16</b>	Mulde bzw. Wellental
<b>17</b>	Scheitel bzw. Wellenscheitel
<b>18</b>	Trennblech
<b>19</b>	Aussparung
<b>20</b>	Stäbe
<b>21</b>	Metallbänder bzw. -streifen
<b>22</b>	1. Umformwerkzeughälfte
<b>23</b>	2. Umformwerkzeughälfte
<b>24</b>	Dorn
<b>25</b>	durchgehende Rohrwand
<b>26</b>	Stapel
<b>104</b>	zylindrischer Rohr- bzw. Endbereich
<b>113</b>	gerader Weg bzw. Bahn

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 3391732 [0002]
- US 4236577 [0002]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Ausbilden eines Wärmetauscherrohrs (2) aus einem Rundrohr (2), umfassend:  
 – Reduzieren eines Durchmessers des Rundrohrs (2) in einem ersten Bereich des Rundrohrs (2); und  
 – Abflachen eines zweiten Bereichs des Rundrohrs (2), der zum ersten Bereich benachbart ist, um zwei voneinander beabstandete, breite und flache Seiten (12) im zweiten Bereich auszubilden.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der erste Bereich an einem ersten Ende des Rohrs (2) endet.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das Abflachen des zweiten Bereichs eintritt, nachdem der Durchmesser des Rundrohrs (2) im ersten Bereich reduziert ist.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Reduzieren des Durchmessers ein Ausführen eines Gesenkschmiedevorgangs am ersten Bereich des Rundrohrs (2) umfasst.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Durchmesser des Rundrohrs (2) im ersten Bereich um zumindest 20% reduziert wird.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Rohr (2) eine Aluminiumlegierung aufweist.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Abflachen des zweiten Bereichs ein Zusammenpressen des zweiten Bereichs des Rundrohrs (2) in einer Prägeform umfasst.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, das ferner aufweist:  
 – Einsetzen eines Dorns (24) in das Rohr (2) vor dem Abflachen des zweiten Bereichs; und  
 – Entfernen des Dorns (24) vom Rohr (2) nach dem Abflachen des zweiten Bereichs.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, das ferner ein Ausbilden einer Umfangswulst (9) im ersten Bereich des Rundrohrs (2) aufweist.

10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, das ferner ein Reduzieren eines Durchmessers des Rundrohrs (2) in einem dritten Bereich des Rundrohrs (2) aufweist, wobei der dritte Bereich zum zweiten Bereich benachbart ist.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei der Durchmesser des Rundrohrs (2) im dritten Bereich um mindestens 20% reduziert wird.

12. Verfahren gemäß Anspruch 10 oder 11, wobei der dritte Bereich an einem zweiten Ende des Rohrs (2) endet.

13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, das ferner ein Ausbilden einer Umfangswulst (9) an zumindest einem der ersten und dritten Bereiche des Rundrohrs (2) aufweist.

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei das Abflachen des zweiten Bereichs nach dem Reduzieren des Durchmessers des Rundrohrs (2) in den ersten und dritten Bereichen eintritt.

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Reduzieren des Durchmessers des Rundrohrs (2) zumindest ein teilweises Ausbilden eines Übergangsbereichs (6) zwischen den ersten und zweiten Bereichen umfasst.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei das Abflachen des zweiten Bereichs ferner das Ausbilden des Übergangsbereichs (6) umfasst.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15 oder 16, wobei das Abflachen des zweiten Bereichs ein Ausbilden kurvenförmiger Schnittpunkte zwischen dem Übergangsbereich (6) und den breiten und flachen Seiten (12) im zweiten Bereich umfasst.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

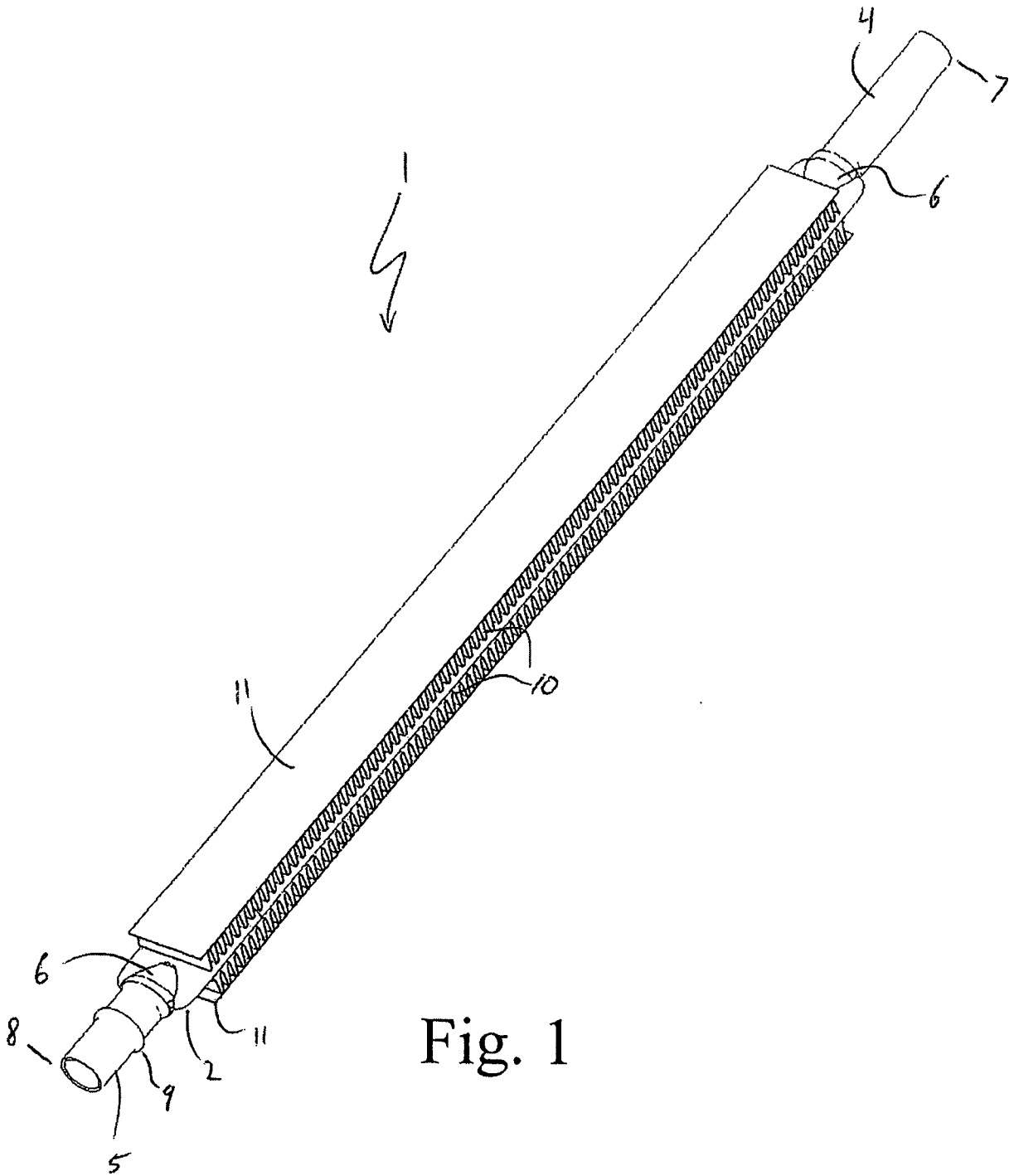
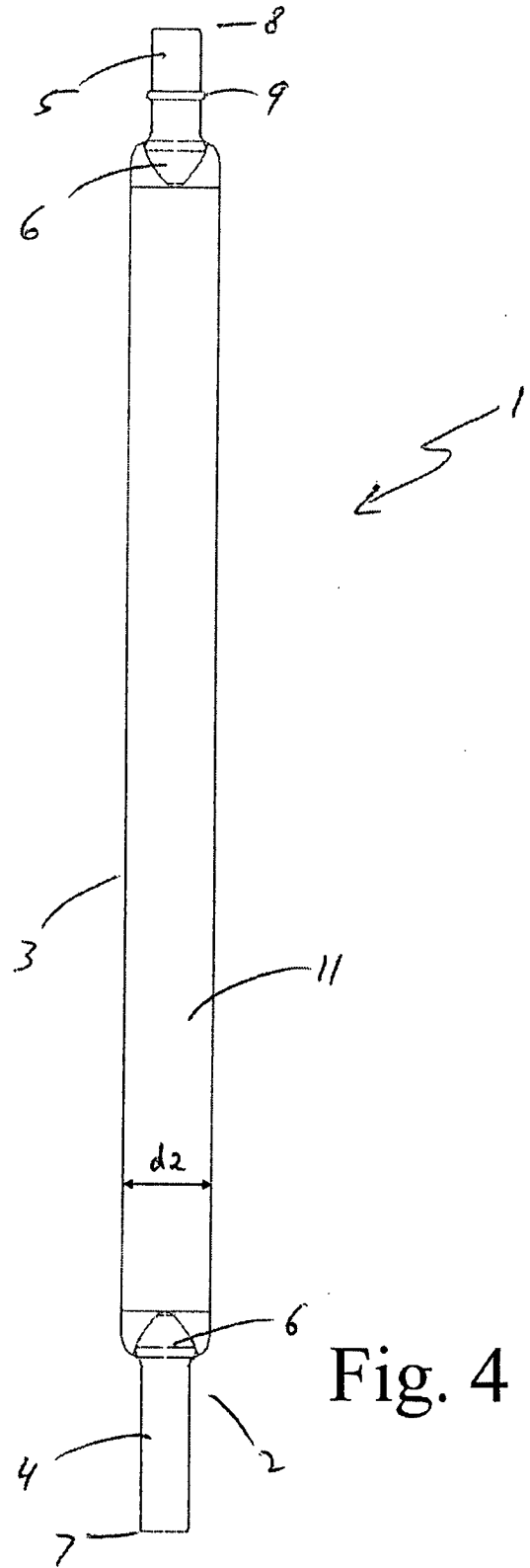
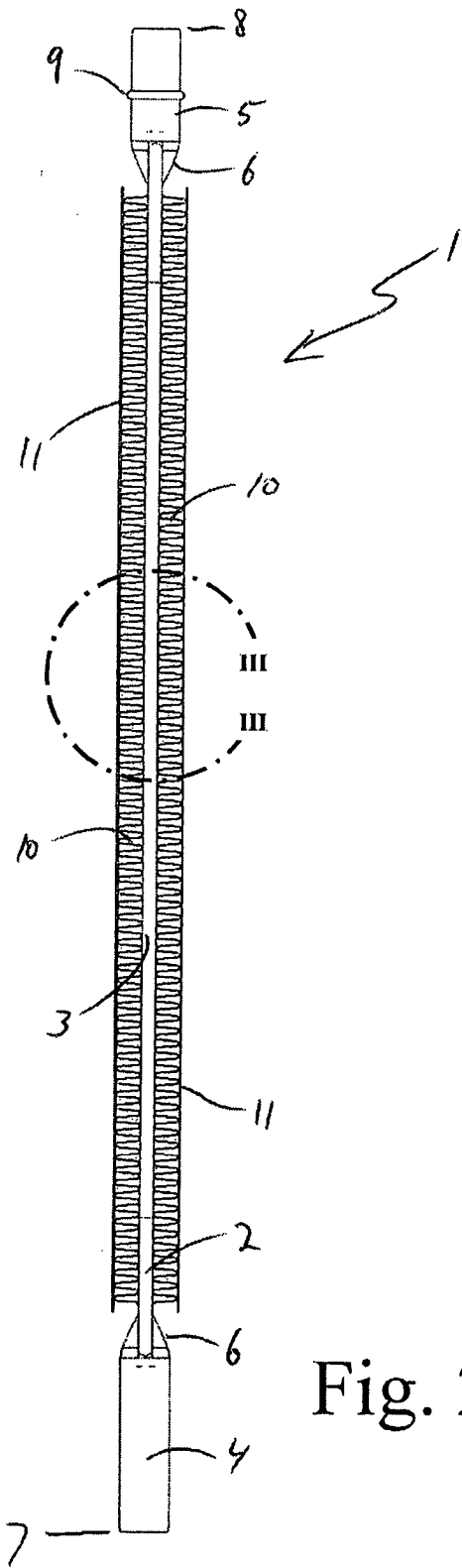


Fig. 1



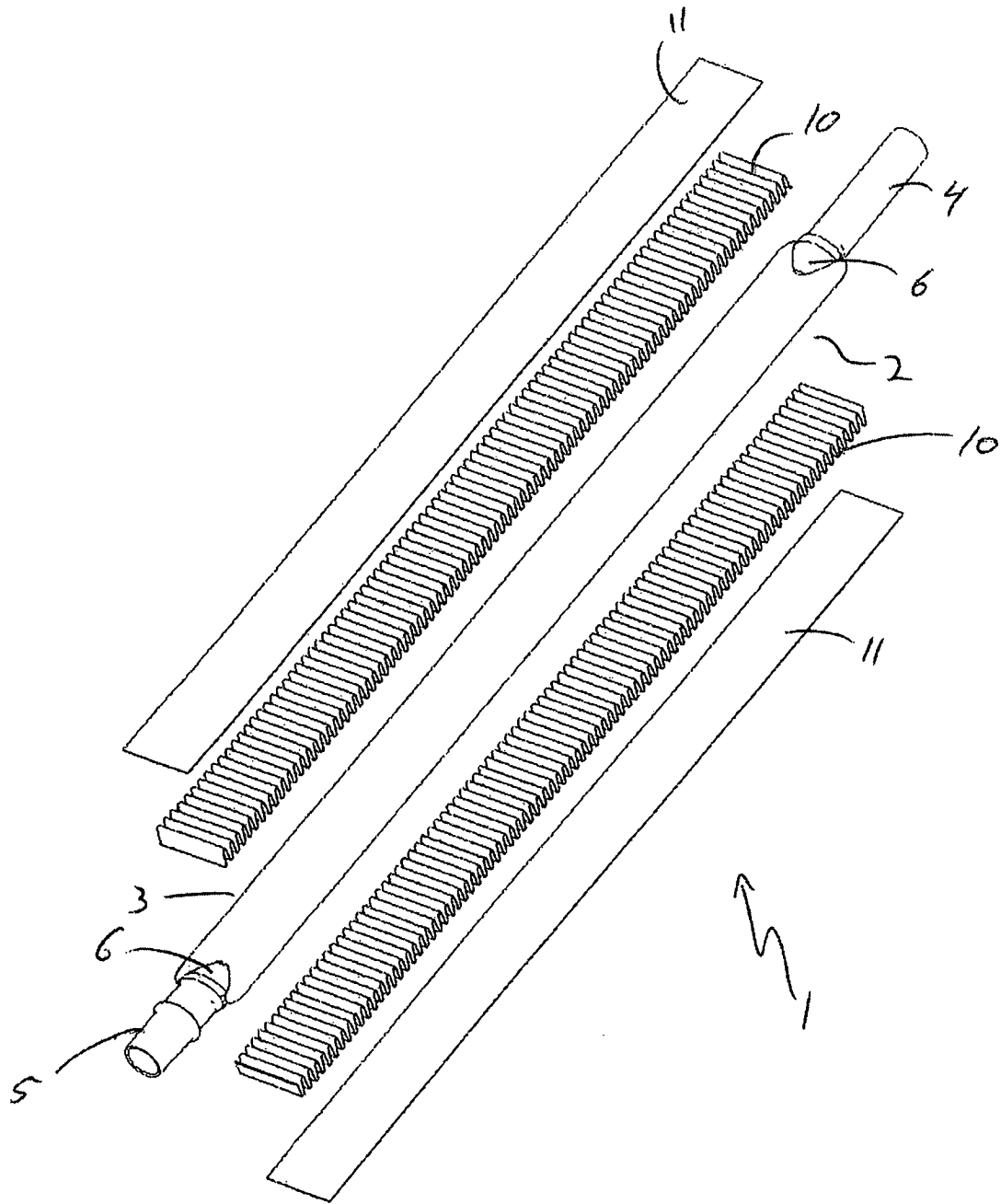


Fig. 5

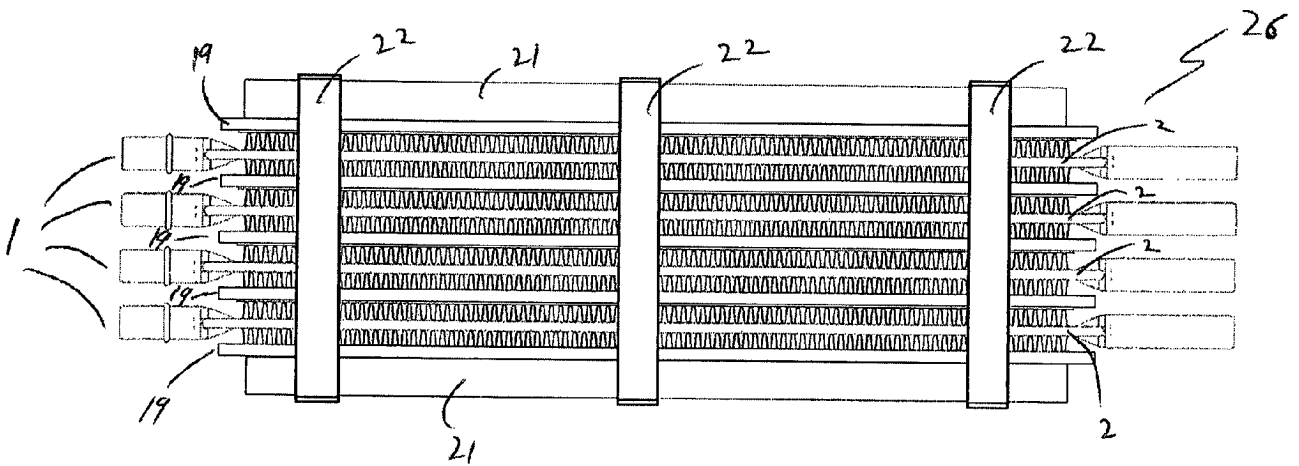


Fig. 6

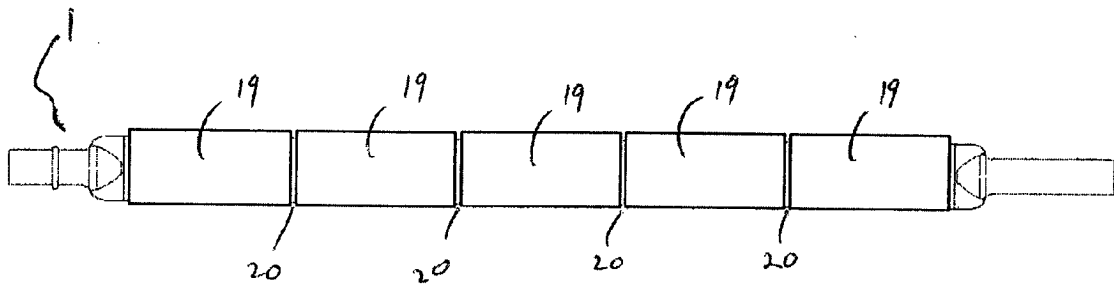


Fig. 7



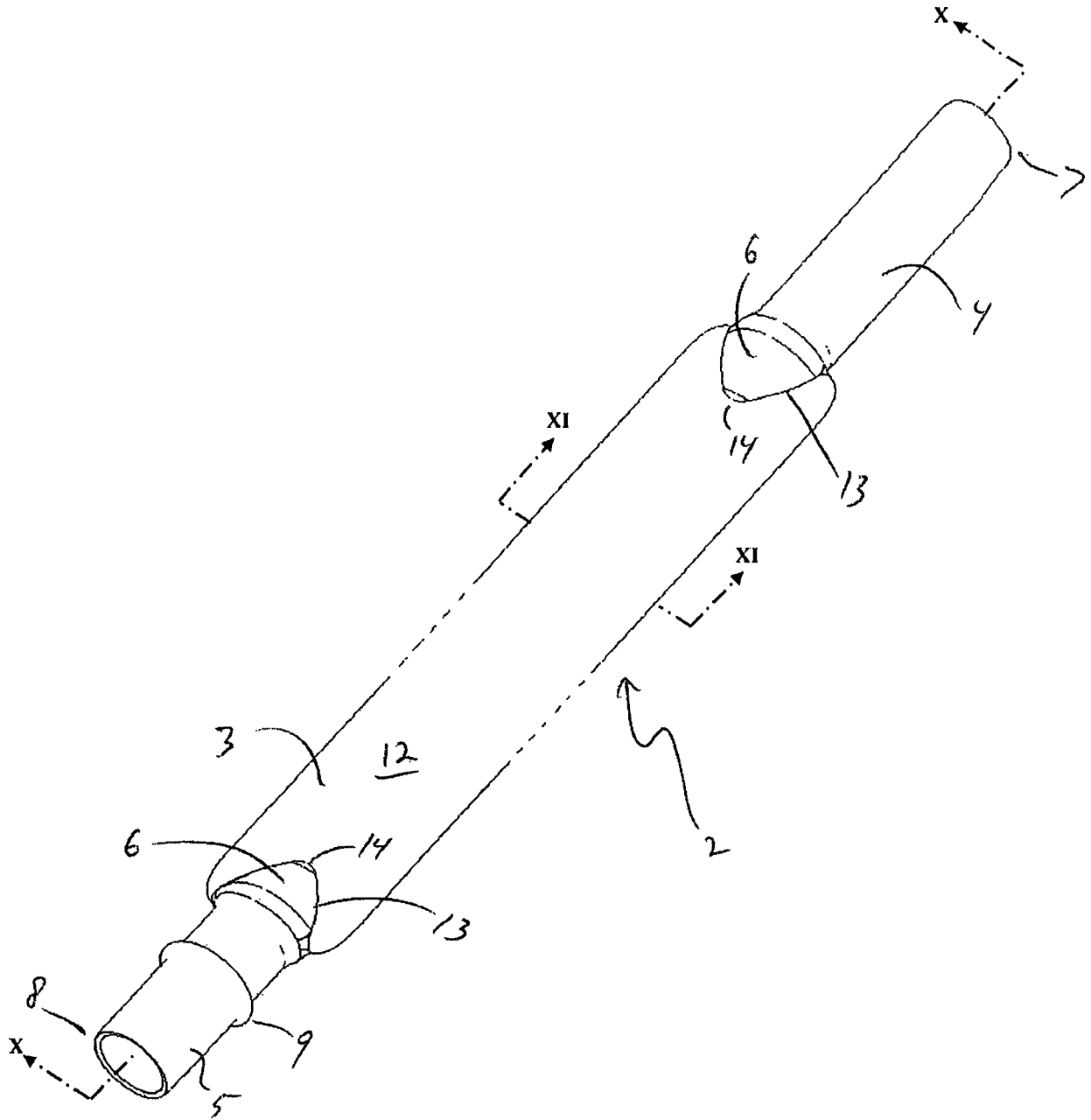


Fig. 8

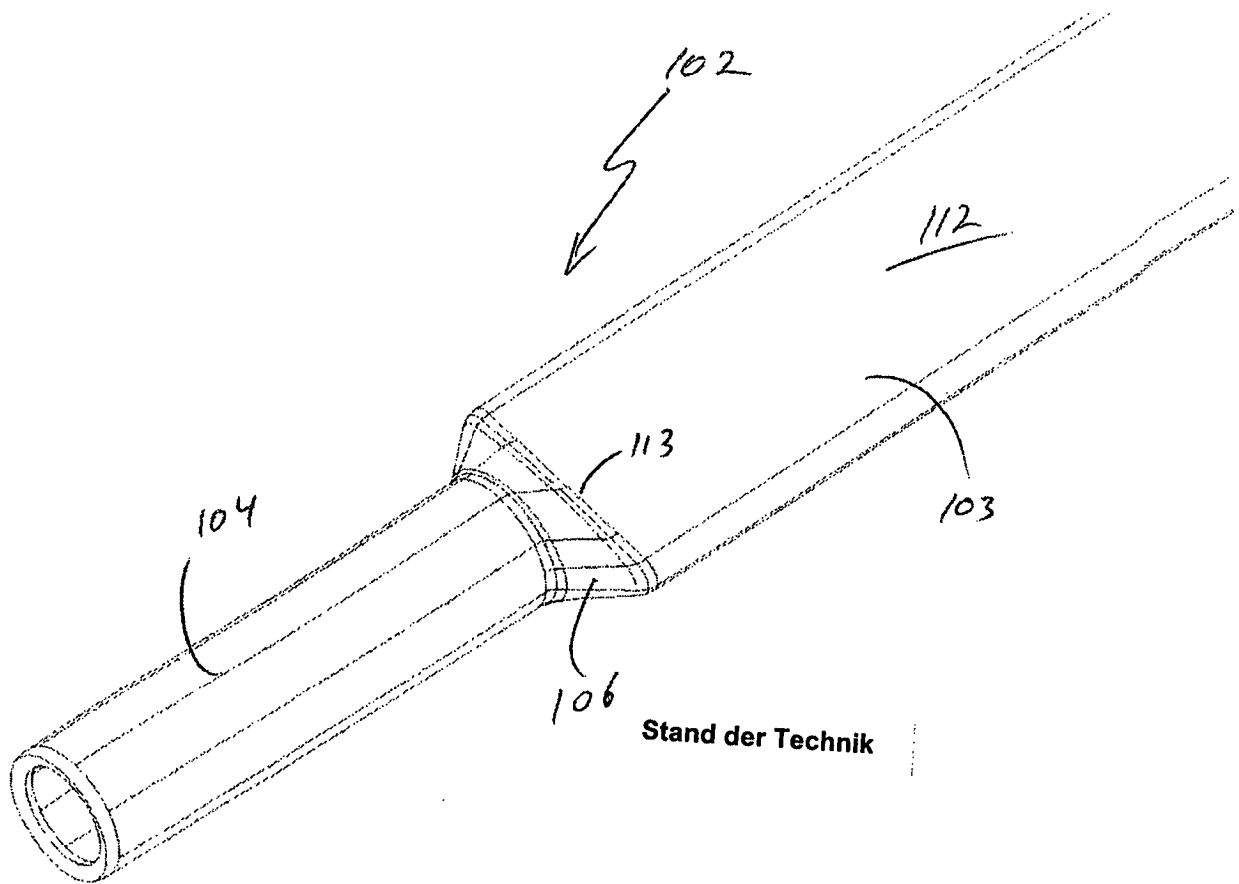


Fig. 9

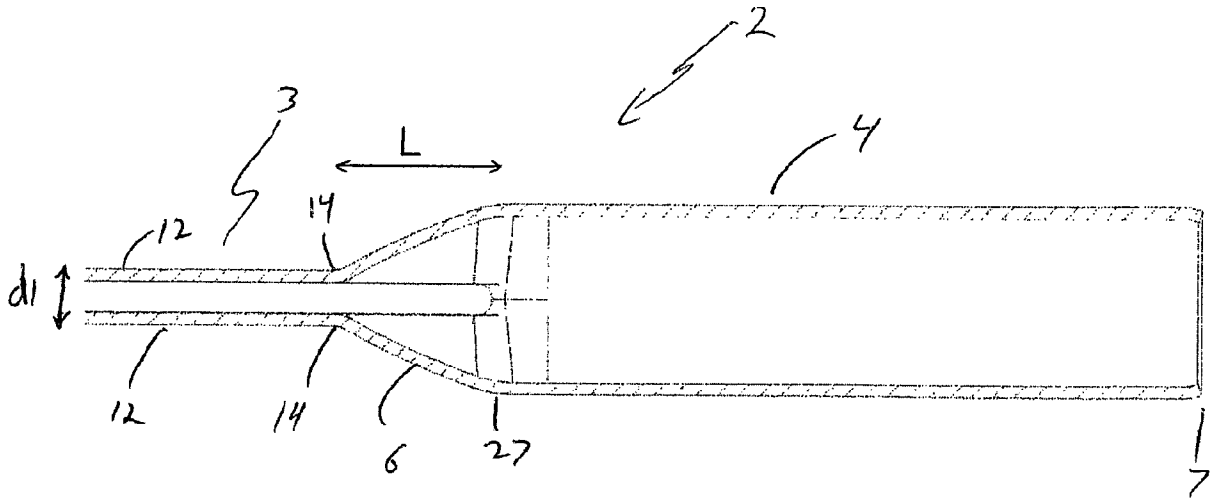


Fig. 10

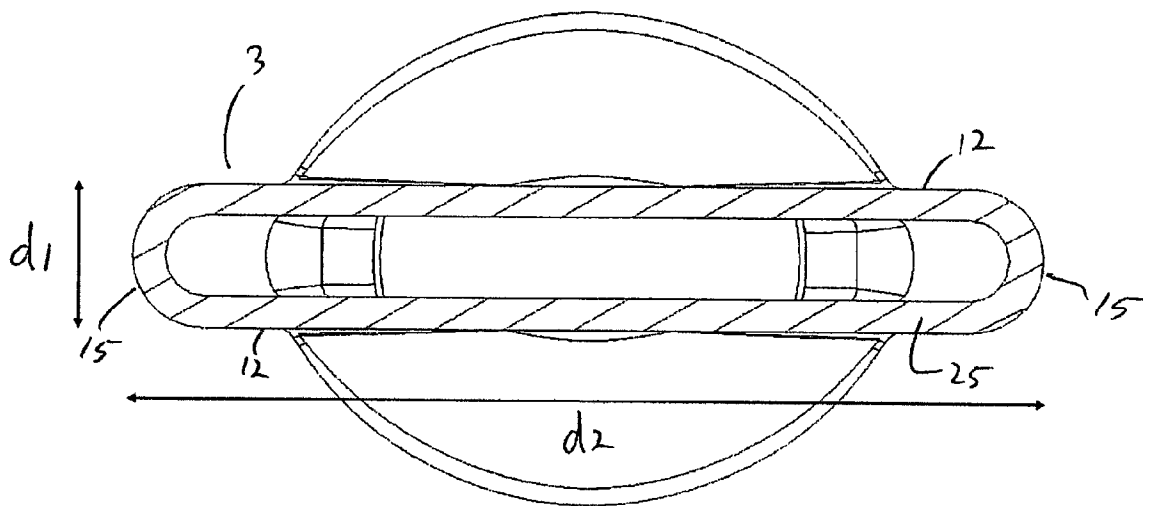


Fig. 11

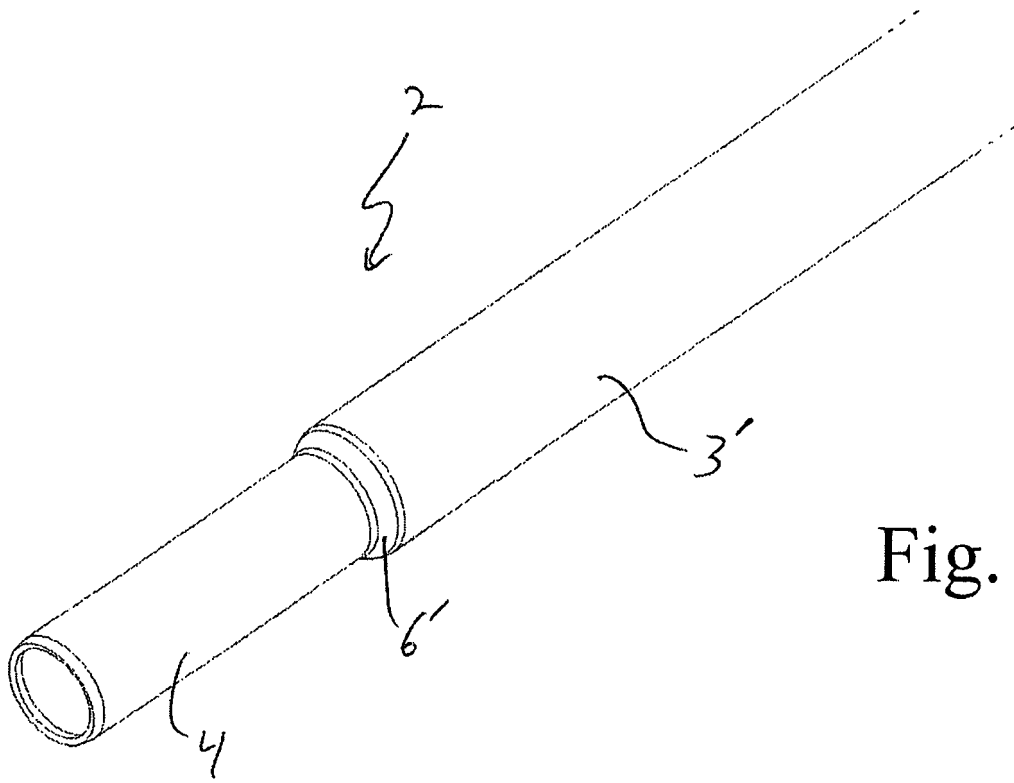


Fig. 12

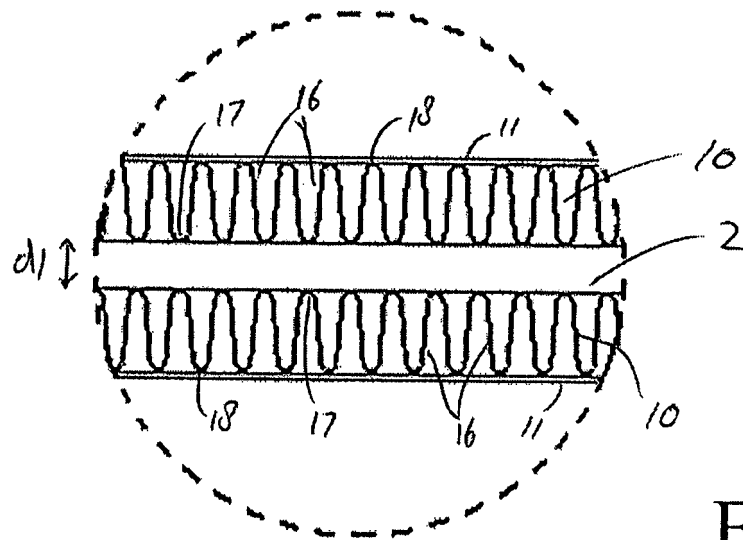


Fig. 3

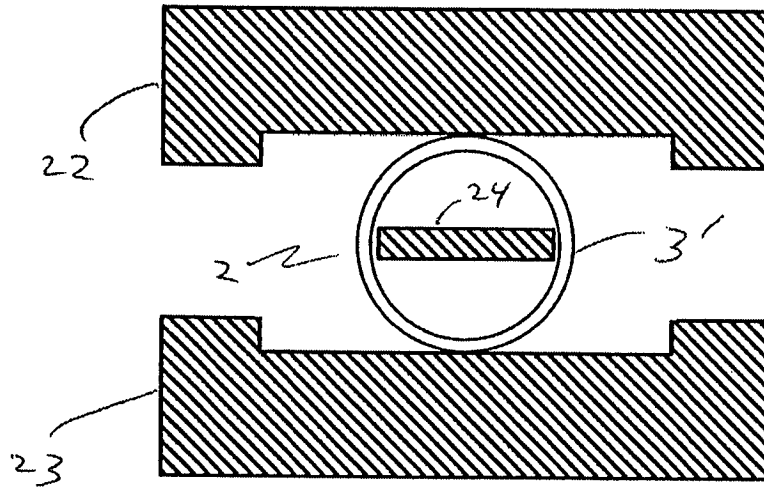


Fig. 13A

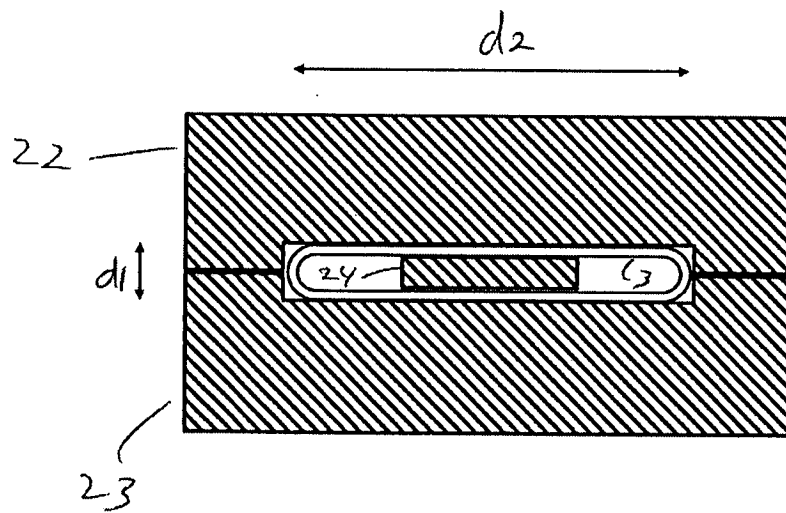


Fig. 13B