



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäss § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

201 941

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51) F 28 F 1/24

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP F 28 F/ 2372 220  
(31) 292/81

(22) 05.02.82  
(32) 06.02.81

(44) 17.08.83  
(33) HU

(71) siehe (73),  
(72) SZUCS, LASZLÓ, DR. DIPL.-ING.; SZABÓ, JÓZSEF, DIPL.-ING.; TASNÁDI, CSABA, DIPL.-ING.; HU;  
(73) ENERGIAGAZDALKODÁSI INTÉZET; BUDAPEST, HU  
(74) PAB (PATENTANWALTSBUERO BERLIN) 1486356 1130 BERLIN FRANKFURTER ALLEE 286

(54) WAERMEAUSTAUSCHER UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Wärmeaustauscher bestehend aus mindestens einem Rohr und einer zieharmonikaähnlichen gebogenen Verrippung aus wärmeleitendem Material. Durch die Erfindung wird ein kostengünstig herzustellender Wärmeaustauscher mit wesentlich verbesserten wärmetechnischen Eigenschaften vorgeschlagen, die zu einer erheblichen Reduzierung der Aufwendungen an wärmetechnischen Anlagen führt. Das Wesen der Erfindung besteht in einer konstruktiven Veränderung der Verrippung, wobei mindestens einer der Rippenflügel 4A; 4B jeder Rippe 2 Strukturen 18A; 18B; die die Kontinuität des Rippenflügelmaterials unterbrechen und/oder gebogene Oberflächen 5A; 5B aufweist, die mit einer Ebene senkrecht zur Achse 10 des Rohres 1 einen spitzen Winkel  $\alpha$  bildet. Fig. 12

Heat exchanger and method of making it  
(Wärmeaustauscher und Verfahren zur Herstellung)

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Wärmeaustauscher, bestehend aus mindestens einem Rohr und mindestens einer Verrippung, hergestellt aus einem wärmeleitenden Material, das in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebogen wurde, wobei die Verrippung Rippen aufweist, von denen jede im wesentlichen senkrecht zu der Achse des Rohres angeordnet ist und Flügel und einen Rippenmittelteil zwischen denselben umfaßt, und wobei die Rippen mit ihrem Rippenmittelteil an dem Rohr befestigt werden. Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren für die Herstellung eines derartigen Wärmeaustauschers.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Zu den bekannten technischen Lösungen gehört ein Wärmeaustauscher, der ein Rohr und eine an demselben angebrachte Drahtverrippung umfaßt, wobei der Draht nach zweckentsprechender Verformung in eine ziehharmonikaähnliche Form gebogen und im Anschluß daran entlang einer der Erzeugenden der geometrischen Form mit Hilfe einer unlösbaren Verbindung, wie beispielsweise durch eine Schweiß- oder Lötverbindung, an der Mantelfläche des Rohres befestigt wird. Ein derartiger Wärmeaustauscher ist in der HU-PS 153,573 beschrieben worden.

Weiterhin ist eine Kühllamellen-Verrippung in der HU-PS 144, 706 beschrieben worden, in welchem Falle ein in eine Zickzackform gebogener Metallstreifen zwischen zwei Kühlrohren angebracht wird und wobei der genannte Metallstreifen die Kühlrippenstruktur bildet.

Im Falle jeder der beiden vorstehend angeführten Lösungen bestehen die Rippen aus einem nichtunterbrochenen (kontinuierlichen) Material, und ihre Oberflächen sind in der Durchflußrichtung des strömenden Mediums unter einem rechten Winkel zur Rohrachse angeordnet. Wärmeaustauscher dieser Ausführungsform besitzen den Vorteil, daß ihre Herstellung ohne Schwierigkeiten automatisiert werden kann. Hinzu kommt, daß sie auch als Schweißkonstruktion hergestellt werden können; das heißt, sie können sogar im Falle hoher Temperaturen zur Anwendung gelangen.

Ziel der Erfindung:

Das Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, einen neuartigen Wärmeaustauscher der genannten Ausführungsform zur Verfügung zu stellen, der verbesserte wärmetechnische Eigenschaften aufweist, ohne daß seine Herstellung wesentlich komplizierter oder kostenaufwendiger wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Die vorliegende Erfindung basiert auf der Überlegung, daß Strukturen, welche die Kontinuität des Materials unterbrechen (wie zum Beispiel Aussparungen, herausgedrückte Abschnitte oder Hohlprägungen) und an Teilen des biegegestanzten wärmeleitenden Materials (wie zum Beispiel Metallbandmaterial), das die Rippen bildet, zur Anwendung gelangen, und/oder Verdrallungen, die an Teilen zur Anwendung gelangen, welche die Rippen bilden, eine wesentliche Verbesserung der Wärmeübertragungseigenschaften des Wärmeaustauschers erbringen. Für die Herstellung dieser Strukturelemente oder Verdrallungen ist nur eine unbedeutende Erweiterung oder Modifizierung der Fertigungsstraße, auf der mit Rippen versehene Wärmeaustauscher hergestellt werden, erforderlich.

Somit ist der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Wärmeaustauscher, der aus mindestens einem Rohr und mindestens einer Verrippung besteht, die aus einem wärmeleitenden Material hergestellt wird, das in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebogen wurde, wobei die genannte Verrippung Rippen aufweist, von denen jede im wesentlichen senkrecht zu der Achse des genannten Rohres angeordnet ist und Flügel sowie ein Rippenmittelteil zwischen den Flügeln umfaßt, und wobei die genannten Rippen mit ihrem Rippenmittelteil an dem genannten Rohr befestigt werden. Entsprechend der Erfindung weist mindestens einer der genannten Flügel jeder der Rippen Strukturelemente, welche die Kontinuität des Flügelmaterials unterbrechen, und/oder verdrahlte Oberflächenbereiche auf, die einen spitzen Winkel mit einer Ebene bilden, welche senkrecht zur Achse des genannten Rohres liegt. Bei dem wärmeleitenden Material, das durch Biegestanzen in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebracht wird, handelt es sich vorzugsweise um ein Metallband; doch kann es beispielsweise auch ein verformter Draht sein, bei dem Abschnitte mit einem Rippen entsprechenden Querschnitt ausgebildet werden.

Bei einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel des Wärmeaustauschers entsprechend der vorliegenden Erfindung wird jede der genannten Rippen am stirnseitigen Ende ihrer Flügel mit Verbindungsteilen versehen, von denen jeder jeweils mit einer unmittelbar benachbarten Rippe verbunden wird und wobei mindestens einer der genannten Verbindungsteile, bezogen auf den Rippenmittelteil, unter einem spitzen Winkel verdraht wird. Entsprechend einem anderen Ausführungsbeispiel werden beide Verbindungsteile, bezogen auf den Rippenmittelteil, unter einem spitzen Winkel gleicher Winkelgröße, aber in entgegengesetzter Richtung verdraht.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die Rippen in ihren Rippenmittelteilen, welche

an dem genannten Rohr angebracht werden, bezogen auf eine Ebene, die senkrecht zur Achse des Rohres verläuft, unter einem spitzen Winkel gebogen. Diese Ausführungsform resultiert in einer Verdrallung der gesamten Verrippung in einer Richtung.

Die Verdrallung der Rippen wird erleichtert durch eine Ausführungsform, bei der jede der genannten Rippen am stirnseitigen Ende ihrer Flügel mit Verbindungsteilen versehen wird, von denen jeder jeweils mit einer unmittelbar benachbarten Rippe verbunden wird und eine erste Aussparung aufweist, und wobei der oberhalb der genannten ersten Aussparungen gelegene Teil jeder einzelnen Rippe, jeweils bezogen auf eine Ebene, die senkrecht zur Achse des genannten Rohres verläuft, unter einem spitzen Winkel gebogen wird. Bevorzugterweise wird jede der genannten Rippen auf einer Seite ihres Rippenmittelteiles mit einer zweiten Aussparung versehen, wobei die genannte Seite des Rippenmittelteiles die von dem genannten Rohr abgewandte Seite darstellt, und die oberhalb der genannten ersten Aussparungen gelegenen Teile der genannten Flügel werden, bezogen auf eine Ebene, die senkrecht zur Achse des genannten Rohres verläuft, in einer entgegengesetzten Richtung gebogen.

Entsprechend einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante werden die genannten Strukturen durch Hohlprägungen gebildet, die an den genannten Flügeln vorgesehen werden.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel des Wärmeaustauschers entsprechend der vorliegenden Erfindung wird jede der genannten Rippen am stirnseitigen Ende ihrer Flügel mit Verbindungsteilen versehen, von denen jeder mit einer unmittelbar benachbart gelegenen Rippe verbunden wird, und die genannten Strukturen werden durch dritte Aussparungen gebildet, welche in den genannten Verbindungsteilen beginnen und sich in Längsrichtung entlang der genannten Flügel zum Rippenmittelteil hin erstrecken.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsvariante werden die genannten Strukturen durch Löcher und/oder herausgedrückte Teile gebildet, welche den Wärmeaustausch mittels Unterbrechung des Flügelmaterials verbessern.

Bei einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel des Wärmeaustauschers entsprechend der vorliegenden Erfindung werden die genannten Rippen mittels Abkantungen, welche an dem Mittelteil der Rippen hergestellt werden, durch Schweißverbindung an dem genannten Rohr, welches einen kreisrunden Querschnitt besitzt, angebracht; und die genannten Abkantungen weisen eine solche geometrische Form auf, daß sie an dem genannten Rohr auf einem Umfangsbereich von mindestens sechzig Grad anliegen. Eine derartige Verbindung gewährleistet eine gute Wärmeübertragung und Widerstandsfähigkeit.

Bei einem anderen in hohem Maße vorteilhaften Ausführungsbeispiel des Wärmeaustauschers entsprechend der vorliegenden Erfindung werden zwei Verrippungen, welche aus einem biegegestanzten Material hergestellt wurden, auf einander entgegengesetzt liegenden Seiten an dem genannten Rohr angebracht, und die beiden genannten Verrippungen weisen Rippen auf, welche Flügel mit Oberflächenbereichen umfassen, die in Richtungen gebogen sind, welche einander entgegengesetzt verlaufen. In zweckdienlicher Weise werden an den gegenläufig zueinander verdrehten Flügeln der genannten Verrippungen Öffnungen vorgesehen.

Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren für die Herstellung eines mit Rippen bestückten Wärmeaustauschers. Ein Verfahren entsprechend der vorliegenden Erfindung umfaßt die Arbeitsstufen der Herstellung von Rippen durch Biegestanzung eines Streifens eines wärmeleitenden Werkstoffes in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form und der Anbringung der genannten Rippen aus dem biegege-

stanzten Material an einem Rohr in einer Richtung quer zur Längsachse desselben; wobei Aussparungen, Löcher und/oder herausgedrückte Abschnitte an Teilen des genannten Materialstreifens, welche den genannten Rippen entsprechen, vor der genannten Abkantverformung durch Biegestanzen des Streifens hergestellt werden und/oder mindestens ein Teil der Oberfläche der genannten Rippen, bezogen auf eine Ebene, welche senkrecht zu der Achse des genannten Rohres verläuft, eine Verdrallung erfährt, nachdem die genannten Rippen an dem genannten Rohr angebracht worden sind.

Ein anderes Verfahren entsprechend der vorliegenden Erfindung umfaßt die Arbeitsstufen der Formung von Profilabschnitten mit einem Querschnitt, der dem der Rippen entspricht, mittels kontinuierlicher oder schrittweiser Verformung eines Drahtes aus einem wärmeleitenden Werkstoff, der Biegestanzung des verformten Drahtes in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form sowie der Anbringung der genannten biegegestanzten Profile an einem Rohr in einer Orientierung quer zur Längsachse des Rohres; wobei Aussparungen, Löcher und/oder herausgedrückte Abschnitte an den genannten Profilabschnitten mit dem Querschnitt, der den Rippen entspricht, vor der genannten Abkantverformung durch Biegestanzen des verformten Drahtes hergestellt werden und/oder mindestens ein Teil der Oberfläche der genannten Profilabschnitte, bezogen auf eine Ebene, welche senkrecht zu der Achse des genannten Rohres verläuft, eine Verdrallung erfährt, nachdem die genannten Profile, deren Querschnitt den Rippen entspricht, an dem genannten Rohr angebracht worden sind.

Die beiden vorstehend angeführten Verfahrensweisen, nämlich zum einen die Herstellung von Aussparungen, Löchern und/oder herausgedrückten Abschnitten, und zum anderen die Formgebung durch Biegen, können auch zusammen zur Anwendung gebracht werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens entsprechend der vorliegenden Erfindung erfolgt die genannte Anbringung der Rippen mittels Schweißverbindung.

Bei einer weiteren zweckmäßig gestalteten Ausführungsform des Verfahrens entsprechend der vorliegenden Erfindung werden vor der Durchführung der genannten Arbeitsstufe des Biegestanzens im Bereich der Kante des mittleren Abschnittes der genannten Rippen oder Profile halbrunde Abkantungen hergestellt; und die genannten Rippen oder Profile werden mittels Punktschweißverbindung der genannten Abkantungen an dem genannten Rohr angebracht.

Aussparungen, herausgedrückte Abschnitte oder Hohlprägungen können an dem Rippenmaterial für Wärmeaustauscher entsprechend der vorliegenden Erfindung mittels eines einfachen Stanzwerkzeuges und unter Anwendung einer als solchen bekannten Technologie kontinuierlich hergestellt werden; beispielsweise bevor das Rippenmaterial biegegestanzt und die Verrippung an das Rohr angeschweißt wird. Auf diese Art und Weise wird dann verhindert, daß die Herstellung dieser Strukturelemente die weiteren Arbeitsgänge, wie beispielsweise das Biegestanzen in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form sowie das Schweißen, störend beeinträchtigt. Falls die Durchführung von Biegearbeitsgängen erfolgt, nachdem die genannte Verrippung an das Rohr angeschweißt worden ist, so kann der Schweißkopf ohne Schwierigkeiten zwischen den noch nicht gebogenen, geraden Rippen eingeführt werden; und dies macht eine Verrippung mit engen Rippenabständen möglich, welche unter dem Blickwinkel der Wärmetechnik vorteilhaft ist.

Mit Hilfe des Lösungsweges entsprechend der vorliegenden Erfindung kann das sehr effektive kontinuierliche Verfahren zur Herstellung von Rippenrohren - welches eines der wirt-



schaftlichsten Verfahren für die Herstellung von Wärmeaustauschern mit angeschweißter querverlaufender Verrippung darstellt - für die Fertigung von Wärmeaustauschern nutzbar gemacht werden, von denen für die Lösung ein und derselben wärmetechnischen Aufgabe dreißig bis fünfzig Prozent weniger ausreichend sind als im Falle bekannter Ausführungsformen.

Ausführungsbeispiele:

Die vorliegende Erfindung wird in dieser Beschreibung im folgenden auf der Grundlage vorteilhafter Ausführungsbeispiele beschrieben werden, welche in den Zeichnungen veranschaulicht worden sind, bei denen

Figur 1 eine perspektivische Detailansicht eines Ausführungsbeispiels des Wärmeaustauschers entsprechend der vorliegenden Erfindung darstellt;

Figur 2 und Figur 3 Schnittansichten zweier weiterer Ausführungsbeispiele darstellen;

Figur 4 eine Schnittansicht eines Schnittverlaufes entlang der Linie A-A in der Figur 3 darstellt;

Figur 5 eine Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels darstellt;

Figur 6 und Figur 7 perspektivische Detailansichten von zwei weiteren Ausführungsbeispielen darstellen;

Figur 8 eine Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels darstellt;

Figur 9 eine Schnittansicht eines Schnittverlaufes entlang der Linie B-B in der Figur 8 darstellt;

Figur 10, Figur 11 und Figur 12 perspektivische Detailansichten von drei weiteren Ausführungsbeispielen darstellen;

Figur 13 eine Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels darstellt, wobei der veranschaulichte Schnitt entlang der Linie D-D in der Figur 14 verläuft;

Figur 14 eine Schnittansicht eines Schnittverlaufes entlang der Linie C-C in der Figur 13 darstellt und

Figur 15 eine Draufsicht eines Details des Ausführungsbeispiels entsprechend den Figuren 13 und 14 darstellt.

Identische Elemente - beziehungsweise solche mit einer identischen Funktion - sind in den Figuren durch identische Bezugszeichen gekennzeichnet worden.

In der Figur 1 sind zwei Verrippungen, welche in eine zieharmonikaähnliche geometrische Form gebogen wurden, an einem Rohr 1 angebracht, wobei von den Rippen dieser Verrippungen in der Zeichnung nur die Rippen 12, 2 und 22 sowie 12', 2' und 22' zu sehen sind. Die Rippen der beiden Verrippungen sind entlang der Achse 10 des Rohres 1 annähernd parallel und voreinander angeordnet. Die Rippe 2 umfaßt zwei Flügel, 4A und 4B, und ein Rippenmittelteil 3 zwischen diesen beiden Flügeln. Die Rippe 2 wird mit den beiden unmittelbar benachbart gelegenen Rippen, 12 und 22, mittels Verbindungsteilen 5A und 5B verbunden, welche an den stirnseitigen Enden der genannten Flügel 4A und 4B vorgesehen sind. In entsprechender Weise wird die Rippe 2' mittels Verbindungsteilen 5A' und 5B' mit unmittelbar benachbarten Rippen 12' und 22' verbunden. Die Rippen 2 und 2' werden an den Rippenmittelteilen 3 beziehungsweise 3' an das Rohr 1 angeschweißt. Die Rippen 2 und 2' sind im wesentlichen senkrecht zu der Achse 10 des Rohres 1 angeordnet. Die Durchflußrichtung des

strömenden Mediums, welche durch die Pfeile 21 veranschaulicht worden ist, verläuft annähernd parallel zu der Ebene der Rippen 2 und 2'. Entsprechend der Erfindung werden in den Verbindungsteilen 5A und 5B Aussparungen 7A und 7B vorgesehen, welche sich entlang der Flügel 4A und 4B parallel zu den Kanten der Flügel 4A und 4B zum Rippenmittelteil 3 hin erstrecken und dann eine leichte Krümmung nach unten aufweisen, um auf diese Weise günstige Wärmeleitungsbedingungen in der Rippe 2 zu gewährleisten. Die Rippe 2' besitzt die entsprechenden Aussparungen 7A' und 7B', doch in diesem Falle weisen die Aussparungen, 7A' und 7B', eine Krümmung nach oben auf, wenn sie sich dem Rohr 1 nähern. Die Abmessung der Rippe 2 in der Durchflußrichtung des strömenden Mediums betrage " $L_0$ ", falls die Aussparungen 7A und 7B nicht vorgesehen worden wären. Bei Berücksichtigung der genannten Aussparungen 7A und 7B hat die entsprechende Abmessung die Größe " $L$ ", welche kleiner als die Hälfte der Abmessung " $L_0$ " ist. Nach unseren Messungen ergeben Aussparungen 7A und 7B, wenn sie im Falle einer Durchströmgeschwindigkeit von zwei bis zehn Metern pro Sekunde und bei einer Abmessung " $L_0$ " von einem Zentimeter bis zu drei Zentimetern angewandt werden, eine Verbesserung der Wärmeübertragung von dreißig bis fünfzig Prozent.

In der Figur 2 ist in der Mitte der Rippe 2 eine Reihe von Löchern 8 vorgesehen. In die Verbindungsteile 5A und 5B sind Aussparungen eingearbeitet worden, deren Zweck es ist, eine bessere Flexibilität zu gewährleisten. Die Rippe 2' ist in entsprechender Weise gestaltet. In diesem Falle wird die an den Rippenflügeln 4A und 4B ausgebildete Grenzschicht durch die Löcher 8 unterbrochen. Bei dieser Ausführungsvariante wird die Wärmeübertragung nicht in dem gleichen Ausmaße verbessert werden wie im Falle des Ausführungsbeispiels entsprechend der Figur 1; aber nichtsdestoweniger kann diese Ausführung in vielen Anwendungsfällen auf Grund der Einfachheit des Lochstanzverfahrens und wegen des ge-

ringeren Druckabfalles, der an den Rippen auftritt, recht vorteilhaft sein.

In der Figur 3 weist die Rippe 2 herausgedrückte Abschnitte 9 auf, wie dies in der Figur 4 veranschaulicht worden ist; und diese herausgedrückten Teile 9 bewirken eine "Umlenkung" des strömenden Mediums durch die Öffnungen, welche an den genannten herausgedrückten Abschnitten 9 gebildet werden, in der Weise, wie dies mit Hilfe der Pfeile 21 angedeutet worden ist. Bei dieser Ausführung erfüllen die herausgedrückten Abschnitte 9 auch die Funktion einer wärmeübertragenden Oberfläche. Diese Lösung ist unter wärmetechnischem Aspekt in hohem Maße vorteilhaft und kann in erster Linie in Fällen angewandt werden, in denen das durchströmende Medium nicht dazu tendiert, einen Niederschlag zu bilden.

Entsprechend dem Ausführungsbeispiel, welches in der Figur 5 veranschaulicht worden ist, werden drei herausgedrückte Abschnitte 9 in halbkreisförmiger Anordnung im Rippenmittellteil 3 ausgebildet, neben denen sich die Aussparungen 11A und 11B befinden, welche in die Verbindungsteile 5A und 5B eingearbeitet werden und sich entlang der Flügel 4A und 4B nach innen erstrecken. Diese herausgedrückten Abschnitte 9 können in der gleichen Weise ausgeführt werden wie jene, welche in der Figur 4 veranschaulicht worden sind. In diesem Falle wird die Wärmeübertragung der Flügel 4A und 4B durch die genannten Aussparungen 11A und 11B verbessert, während die Wärmeübertragung der Oberflächenbereiche in der Nähe des Rohres 1 durch die genannten herausgedrückten Abschnitte 9 verbessert wird. Die letztgenannten Elemente gewährleisten gleichzeitig die Durchspülung der Toträume, welche sich hinter dem Rohr 1 bilden; und machen es dadurch unmöglich, daß sich ein Bereich ergibt, in dem das hindurchgeführte Medium stagniert.

Die Figur 6 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel, bei dem verdrahlte Rippen 12, 2 und 22 vorgesehen wurden. Die Stellung der nichtverdrahlten Rippe 2 ist durch einen gestrichelten Linienzug dargestellt worden. Eine Erzeugende 13 am Rippenmittelteil 3 und eine andere Erzeugende 15 an dem Verbindungsteil 5B der Rippe 2 stehen senkrecht zu der Achse 10 des Rohres 1. Die Erzeugende 14A des Verbindungsteiles 5A ist, bezogen auf die senkrechte Erzeugende 14, unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  verdraht worden. Demzufolge besitzt der Flügel 4A eine Oberfläche, die verdraht und gleichzeitig gebogen ist. Die Rippen 12 und 22, die sich hinter beziehungsweise vor der genannten Rippe 2 befinden, sowie die weiteren Rippen, welche in der Zeichnung nicht dargestellt worden sind, werden natürlich in entsprechender Weise verdraht und gebogen.

Das Ausführungsbeispiel, welches in der Figur 6 veranschaulicht worden ist, kann auch in einer Form ausgeführt werden, bei welcher der Flügel 4B in einem zweckdienlichen Beispiel an dem Verbindungsteil 5B ebenfalls unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  verdraht wird, und zwar bezogen auf die senkrechte Erzeugende 15 in einer Richtung, welche zu der Richtung im Falle der Erzeugenden 14A entgegengesetzt verläuft. Nichtsdestoweniger ist ein anderes Ausführungsbeispiel möglich, bei dem die Verdrahtwinkel in ihrer Größe nicht identisch sind oder wo die Verdrahtrichtung bei den beiden Flügeln, 4A und 4B, die gleiche ist. Mit Hilfe dieser unterschiedlichen Verdrahtungen kann der Wärmeaustauscher spezifischen Bedingungen gegebener Anwendungen angepaßt werden, wodurch beispielsweise die Ablenkung des strömenden Mediums erreicht werden kann.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn die in dem vorigen Abschnitt erwähnten Verdrahtwinkel entgegengesetzt zueinander liegen; das heißt, wenn die beiden Flügel, 4A und 4B, ein und derselben Rippe 2 in einander entgegengesetzten

Richtungen verdrallt worden sind; und wenn gleichzeitig die Richtung der Verdrallung der Flügel, welche zu der Rippe 2' (nicht dargestellt in der Figur 6) gehören, die auf der anderen Seite des Rohres 1 angebracht wird, der Richtung der Verdrallung der Flügel 4A und 4B entgegengesetzt verläuft. In diesem Falle werden die Flügel der Rippen, welche auf der Seite des eintretenden strömenden Mediums an dem Rohr 1 angebracht worden sind, das strömende Medium in zwei Richtungen lenken, während die Flügel der Rippen, welche an der anderen Seite an dem Rohr 1 angebracht worden sind, das strömende Medium wieder zurücklenken. Auf Grund der symmetrischen Ausführung des Wärmeaustauschers bietet dieses Ausführungsbeispiel besondere Vorteile im Hinblick auf die Installation des Wärmeaustauschers.

Vom Gesichtspunkt der Fertigungstechnologie ist es vorteilhaft, wenn die ganze Rippe 2 in einem einzigen Arbeitsgang verdrallt wird, indem der an das Rohr 1 angeschweißte Rippenmittelteil 3 entsprechend gebogen wird. Ein solches Ausführungsbeispiel ist in der Figur 7 veranschaulicht worden, wobei die Erzeugende 13A des Mittelabschnittes der genannten Rippe 2 nahe der Rippenmitte 3, bezogen auf die Erzeugende 13, welche senkrecht zu der Achse 10 des Rohres 1 verläuft, unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  gebogen worden ist, so daß die gesamte Rippe 2, bezogen auf eine Ebene, welche senkrecht zu der Achse 10 des Rohres 1 verläuft, annähernd unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  verdrallt wird.

Vom Gesichtspunkt der Hydrodynamik ist es vorteilhaft, an der Oberfläche der Flügel 4A und 4B der Rippe 2 Strukturen auszubilden, indem - vorzugsweise vor der Abkantverformung - Hohlprägungen 17A und 17B hergestellt werden, wie sie in den Figuren 8 und 9 veranschaulicht worden sind.

Die Figur 10 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Verbindungsteile 5A und 5B zwischen der Rippe 2 und den unmittelbar benachbart gelegenen Rippen (von denen in der Zeichnung nur die Rippe 12 angedeutet worden ist) mit halbseitigen Aussparungen 18A und 18B versehen worden sind, wobei die genannten Aussparungen 18A und 18B gleichzeitig die Abkantverformung in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form erleichtern. In diesem Falle kann die Verdrallung des oberen Teiles der Rippe 2 sogar erfolgen, nachdem der in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebogene Materialstreifen angeschweißt worden ist. Die Stellungen der Rippen 2 und 12, welche diese vor ihrer Verdrallung einnehmen, sind durch einen gestrichelten Linienzug angedeutet worden; und die Erzeugenden 14A und 15A der gebogenen Flügel 4A und 4B bilden einen spitzen Winkel  $\alpha$  mit den vor der Verdrallung vorliegenden Erzeugenden 14 beziehungsweise 15.

Die Figur 11 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Aussparungen 19A und 19B in den Verbindungsteilen 5A und 5B aus Gründen einer Erhöhung der mechanischen Festigkeit der Verrippung nur in dem mittleren Bereich vorgesehen worden sind. Im Falle einer derartigen Ausführungsform kann der oberhalb der Aussparungen 19A und 19B gelegene Teil der Rippe 2, bezogen auf eine Ebene, welche senkrecht zu der Achse 10 des Rohres 1 verläuft, ohne Schwierigkeiten unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  verdrallt werden. Die Figur 11 zeigt die Rippe 2 in einer Stellung ohne Verdrallung. Die Stellung, welche die verdrallte Rippe 2 einnimmt, ist durch die Erzeugende 13A angedeutet worden, welche mit der Erzeugenden 13 der noch nicht gebogenen Rippe 2 einen spitzen Winkel  $\alpha$  bildet.

Es kann vorteilhaft sein, wenn das Ausführungsbeispiel, welches in der Figur 10 veranschaulicht worden ist, in der Weise modifiziert wird, daß die Flügel 4A und 4B in Rich-

tungen verdrallt werden, die entgegengesetzt zueinander verlaufen. Eine derartige Ausführungsvariante ist in der Figur 12 veranschaulicht worden, wobei eine weitere Aussparung 20 am Rippenmittelteil 3 im mittleren Abschnitt zwischen den Flügeln 4A und 4B vorgesehen wird, wodurch das Verdrallen der oberen Teile der genannten Flügel 4A und 4B in einander entgegengesetzten Richtungen erleichtert wird; wobei diese Verdrallung - entsprechend dem hier veranschaulichten Ausführungsbeispiel - unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  von identischer Größe erfolgt. Die Stellung des oberen Flügelteiles vor der Verdrallung ist in dieser Figur ebenfalls durch einen gestrichelten Linienzug angedeutet worden.

Unter dem Blickwinkel der Wärmetechnik und der Fertigungstechnologie kann ein besonderer Vorteil erzielt werden, wenn Aussparungen, Löcher, herausgedrückte Abschnitte und Verdrallungen zusammen zur Anwendung gelangen, wie dies bei dem Ausführungsbeispiel der Fall ist, das in den Figuren 13 bis 15 veranschaulicht worden ist.

Die Figur 13 ist eine Schnittansicht eines Schnittverlaufes entlang der Linie D-D in der Figur 14; die Figur 14 ist eine Schnittansicht eines Schnittverlaufes entlang der Linie C-C in der Figur 13; während die Figur 15 eine Draufsicht darstellt, bei welcher die Verrippung, welche am unteren Teil des Rohres 1 angebracht wird, im Interesse besserer Veranschaulichung nicht eingezeichnet worden ist. Im Falle dieses Ausführungsbeispiels erleichtern die Aussparungen 19A und 19B, welche an den Verbindungsteilen 5A und 5B der Rippe 2 vorgesehen werden, sowie die Öffnungen 24A und 24B in den Flügeln 4A beziehungsweise 4B die Verdrallung des oberen Teiles der Rippe 2 besonders dann, wenn die Verrippung bereits vorher an das Rohr 1 angeschweißt worden ist. Weiterhin wird in den mittleren Bereich der Rippe 2 ein Loch 25 eingearbeitet. In entsprechender Weise



wird die Rippe 2' der Verrippung, welche an der anderen Seite des genannten Rohres 1 angebracht wird, mit Aussparungen 19A' und 19B' sowie mit einem Loch 25' versehen. Als ein Ergebnis der Verdrallung ergibt sich ein Druckunterschied in bezug auf die beiden Seiten der Rippen (zum Beispiel die beiden Seiten der Rippe 2), der auf hydromechanischen Gesetzmäßigkeiten beruht. Auf Grund dieser Tatsache wird ein Strömen des Mediums durch die Öffnungen 24A und 24B sowie durch das Loch 25 ausgelöst, welche in dem gekrümmten Bereich angeordnet sind, wodurch die Grenzschicht 27 angezogen, und somit die Wärmeübertragung in einem signifikanten Ausmaße verbessert wird.

Aus der Figur 13 ist ersichtlich, daß die Verrippungen an den beiden einander gegenüberliegenden Seiten des Rohres 1 in Richtungen verdrallt werden, die entgegengesetzt zueinander verlaufen. Bezogen auf eine Ebene, welche senkrecht zu der Achse 10 des Rohres 1 verläuft, werden die Rippen 12, 2 und 22 unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  nach rechts gebogen, wohingegen die Rippen 12', 2' und 22', ebenfalls unter einem spitzen Winkel  $\alpha$ , nach links gebogen werden; wobei die Verdrallung vorzugsweise unter einem Winkel von zwanzig bis fünfundzwanzig Grad erfolgt. Die Rippen 12, 2 und 22 werden mit Abkantungen 16, 6 beziehungsweise 26 versehen, welche an dem Rohr 1 auf einem Umfangsbereich von mindestens sechzig Grad anliegen. Die Anbringung der Rippen 12, 2 und 22 der einen Verrippung an dem Rohr 1 kann mittels Punktschweißverbindung an den Abkantungen 16, 6 und 26 erfolgen. In entsprechender Weise werden die Rippen 12', 2' und 22' der anderen Verrippung, welche auf der gegenüberliegenden Seite des genannten Rohres 1 angebracht wird, mittels Punktschweißverbindung an den Abkantungen 16', 6' und 26' an dem genannten Rohr 1 befestigt.

Bei den in den Figuren veranschaulichten Ausführungsbeispielen des Wärmeaustauschers entsprechend der vorliegenden

Erfindung werden die Rippen im wesentlichen parallel zueinander angeordnet, und ihre Längsachse verläuft im wesentlichen senkrecht zu der Achse 10 des Rohres 1. Dies ist nicht notwendigerweise der Fall, sondern es sind durchaus auch andere Ausführungsformen möglich, bei denen die Verrippung in einer Zickzackform gestaltet wird; das heißt, bei denen die einander unmittelbar benachbarten Rippen nicht parallel zueinander angeordnet werden, sondern unter einem spitzen Winkel zueinander stehen. Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden zwar alle Rippen parallel zueinander angeordnet, ihre Längsachsen verlaufen jedoch gegenüber der Achse 10 des genannten Rohres 1 unter einem Winkel, der nicht die Größe von neunzig Grad hat. Unter dem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die einzige wesentliche Tatsache die, daß es sich bei der Verrippung in bezug auf das Rohr um eine Querverrippung handeln sollte. Das Rohr kann ebenfalls einen anderen Querschnitt haben als den eines Kreisringes.

Bei dem Wärmeaustauscher entsprechend der vorliegenden Erfindung können mehrere Rohre in einer geeigneten Weise aufeinander abgestimmt angeordnet werden. Jedes derselben sollte mit einer Verrippung versehen werden, die entsprechend der vorliegenden Erfindung gestaltet ist. Die Verrippung braucht nur auf einer Seite des Rohres vorhanden zu sein, oder sie kann auf beiden, einander gegenüberliegenden Seiten des Rohres vorgesehen werden. Die Verrippung und das Rohr können mittels Schweißen, Löten oder irgendeiner anderen Verfahrensweise verbunden werden, welche als solche bekannt ist.

Im Falle der Ausführungsbeispiele, die in den Zeichnungen veranschaulicht worden sind, handelt es sich bei dem wärmeleitenden Material, das in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebogen wird, um einen Metallstreifen. Dies ist jedoch - in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfin-

dung - keine absolute Notwendigkeit. Der wesentliche Punkt besteht darin, daß das Material, welches in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebogen worden ist, Teile umfassen sollte, welche Flügel bilden, deren Querschnitt einer länglichen zweidimensionalen Figur entspricht - wie zum Beispiel einem Rechteck im Falle eines Metallstreifens -, deren Längsachse im wesentlichen senkrecht zu der Achse des Rohres verläuft; wobei die mögliche Verdrallung des Flügels entsprechend der vorliegenden Erfindung dabei unberücksichtigt gelassen wurde. Die längliche zweidimensionale Figur kann jedoch auch Profilumrisse aufweisen, die nicht geradlinig verlaufen, wie beispielsweise zwei Kreisbogen. In diesem Falle wird der Querschnitt der Flügel ausgebildet, welcher von einem hydrodynamischen Gesichtspunkt vorteilhaft ist.

Bei der Herstellung eines Wärmeaustauschers entsprechend der vorliegenden Erfindung kann entweder von einem wärmeleitenden Bandmaterial oder von einem wärmeleitenden Drahtmaterial ausgegangen werden. Es kann vorteilhaft sein, zum Beispiel ein Metallband zu verwenden. In Fällen, in denen irgendein Drahtmaterial mit einem gegebenen Querschnitt als Ausgangsmaterial verwendet wird, wie beispielsweise Aluminiumdraht mit einem kreisrunden Querschnitt, können zuerst die Profilabschnitte mit einem annähernd rechteckigen Querschnitt, welche den Flügeln entsprechen, durch Kaltumformung hergestellt werden. Es ist keine absolute Notwendigkeit, daß die Drahtabschnitte zwischen diesen Profilabschnitten ebenfalls einen annähernd rechteckigen Querschnitt besitzen sollten. Entsprechend der vorliegenden Erfindung werden Aussparungen, Löcher, Hohlprägungen und/oder herausgedrückte Abschnitte vor der Abkantverformung hergestellt, wohingegen die Verdrallung der Rippen nach der Befestigung der Verrippung am Rohr - vorzugsweise nach dem Anschweißen der Verrippung an das Rohr - erfolgt.

Erfindungsansprüche:

1. Ein Wärmeaustauscher, bestehend aus mindestens einem Rohr (1) und mindestens einer Verrippung, hergestellt aus einem wärmeleitenden Material, das in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebogen wurde, wobei die genannte Verrippung Rippen (2) umfaßt, von denen jede im wesentlichen senkrecht zu der Achse (10) des genannten Rohres (1) angeordnet ist und Flügel (4A, 4B) und ein Rippenmittelteil (3) zwischen denselben umfaßt, und wobei die genannten Rippen (2) mit ihrem Rippenmittelteil (3) an dem genannten Rohr (1) befestigt sind, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens einer der genannten Flügel (4A, 4B) jeder der Rippen (2) Strukturen, welche die Kontinuität des Rippenflügelmaterials unterbrechen, und/oder gebogene Oberflächen umfaßt, welche mit einer Ebene, die senkrecht zur Achse (10) des genannten Rohres (1) verläuft, einen spitzen Winkel ( $\alpha$ ) bilden.

2. Wärmeaustauscher nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß jede der genannten Rippen (2) am Ende ihrer Flügel (4A, 4B) mit Verbindungsteilen (5A, 5B) versehen ist, von denen jeder mit einer unmittelbar benachbarten Rippe (12, 22) verbunden wird, und daß mindestens einer der genannten Verbindungsteile (5A), bezogen auf den Rippenmittelteil (3), unter einem spitzen Winkel ( $\alpha$ ) verdreht ist (Fig.6).

3. Wärmeaustauscher nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß die beiden genannten Verbindungsteile (5A, 5B), bezogen auf den Rippenmittelteil (3), unter einem spitzen Winkel ( $\alpha$ ) gleicher Winkelgröße, aber in entgegengesetzter Richtung verdreht sind.

4. Wärmeaustauscher nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die genannten Rippen (2) in ihren Rippenmittelteilen (3),

die an dem genannten Rohr (1) befestigt werden, bezogen auf eine senkrecht zur Achse (10) des genannten Rohres (1) verlaufende Ebene, unter einem spitzen Winkel ( $\alpha$ ) gebogen sind (Fig.7).

5. Wärmeaustauscher nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß jede der genannten Rippen (2) an den Enden ihrer Flügel (4A, 4B) mit Verbindungsteilen (5A, 5B) versehen ist, von denen jeder mit einer unmittelbar benachbarten Rippe (12, 22) verbunden wird und eine erste Aussparung (18A, 18B; 19A, 19B) aufweist, und daß der oberhalb der genannten ersten Aussparungen (18A, 18B; 19A, 19B) gelegene Teil der einzelnen Rippen (2) jeweils bezogen auf eine senkrecht zur Achse (10) des genannten Rohres (1) verlaufende Ebene unter einem spitzen Winkel ( $\alpha$ ) gebogen ist (Fig.10 und Fig.13 bis 15).

6. Wärmeaustauscher nach Punkt 5, gekennzeichnet dadurch, daß jede der genannten Rippen (2) auf einer Seite ihres Rippenmittelteiles (3) eine zweite Aussparung (20) aufweist, wobei die genannte Seite die gegenüber dem genannten Rohr (1) abgewandte Seite darstellt, und daß die oberhalb der genannten ersten Aussparungen (18A, 18B) gelegenen Teile der genannten Flügel (4A, 4B), bezogen auf eine senkrecht zur Achse (10) des genannten Rohres (1) verlaufenden Ebene, in einer entgegengesetzten Richtung gebogen sind (Fig.12).

7. Wärmeaustauscher nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die genannten Strukturen durch Hohlprägungen (17A, 17B) gebildet werden, welche an den genannten Flügeln (4A, 4B) hergestellt werden (Fig.8 und Fig.9).

8. Wärmeaustauscher nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß jede der genannten Rippen (2) an den Enden ihrer Flügel (4A, 4B) mit Verbindungsteilen (5A, 5B) versehen ist, von denen jeder mit einer unmittelbar benachbarten Rippe (12,

22) verbunden wird, und daß die genannten Strukturen durch dritte Aussparungen (7A, 7B) gebildet werden, welche in den genannten Verbindungsteilen (5A, 5B) beginnen und sich in Längsrichtung entlang der genannten Flügel (4A, 4D) zum Rippenmittelteil (3) hin erstrecken (Fig.1).

9. Wärmeaustauscher nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die genannten Strukturen durch Löcher (8) gebildet werden, welche in die genannten Flügel (4A, 4B) eingearbeitet werden (Fig.2).

10. Wärmeaustauscher nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die genannten Strukturen durch herausgedrückte Teile (9) gebildet werden, welche in den genannten Flügeln (4A, 4B) hergestellt werden (Fig.3 und Fig.4).

11. Wärmeaustauscher nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die genannten Rippen (2') mittels Abkantungen (6'), welche an ihrem Rippenmittelteil (3') ausgebildet werden, an das genannte Rohr (1), welches einen kreisrunden Querschnitt besitzt, angeschweißt werden, und daß die genannten Abkantungen (6') eine geometrische Form aufweisen, mit der sie an dem genannten Rohr (1) auf einem Umfangsbereich von mindestens sechzig Grad anliegen (Fig.14).

12. Wärmeaustauscher nach einem der Punkte 1, 4 oder 5, gekennzeichnet dadurch, daß zwei Verrippungen, die aus einem abgekanteten Material hergestellt wurden, auf einander gegenüberliegenden Seiten an dem genannten Rohr (1) angebracht sind, und daß die genannten beiden Verrippungen Rippen (12, 2, 22; 12', 2', 22') aufweisen, welche Flügel mit Oberflächen umfassen, die in Richtungen gebogen sind, welche einander entgegengesetzt verlaufen (Fig.13).

13. Wärmeaustauscher nach Punkt 12, gekennzeichnet dadurch, daß die genannten Flügel der genannten Rippen (2, 2') mit Öffnungen (24A, 24B; 24A', 24B') versehen sind (Fig.14).

14. Wärmeaustauscher nach einem der Punkte 1 bis 7 oder 13, gekennzeichnet dadurch, daß das genannte, in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form gebogene Material ein Metallband darstellt.

15. Verfahren für die Herstellung eines Wärmeaustauschers nach Punkt 1 bis 14, umfassend die Herstellung von Rippen (2) durch Biegestanzung eines Streifens eines wärmeleitenden Werkstoffes in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form und die Anbringung des gebogenen Materials an einem Rohr (1) in einer Richtung quer zur Achse desselben, gekennzeichnet dadurch, daß vor der Herstellung der genannten Abkantungsaussparungen (7A, 7B), Löcher (8) und/oder herausgedrückten Teile (9), an Teilen des genannten Bandmaterials, das den genannten Rippen (2) entspricht, und/oder nach der Anbringung der genannten Rippen (2) an dem genannten Rohr (1) mindestens ein Teil der Oberfläche der genannten Rippen (2), bezogen auf eine senkrecht zu der Achse (10) des genannten Rohres (1) verlaufende Ebene, eine Verdrallung erfährt.

16. Verfahren für die Herstellung eines Wärmeaustauschers nach Punkt 15, umfassend die Formgebung von Profilen mit einem Rippen entsprechenden Querschnitt durch kontinuierliche oder schrittweise Verformung eines Drahtes aus einem wärmeleitenden Werkstoff, die Biegestanzung des verformten Drahtes in eine ziehharmonikaähnliche geometrische Form und die Anbringung der genannten, entsprechend gebogenen Profile an einem Rohr in einer Orientierung quer zur Achse des Rohres, gekennzeichnet dadurch, daß vor der Herstellung der genannten Abkantungsaussparungen, Löcher und/oder herausgedrückten Teile an den genannten

Profilen mit einem Rippen entsprechenden Querschnitt und/oder nach dem Anbringen der genannten Profile mit einem Rippen entsprechenden Querschnitt an dem genannten Rohr mindestens ein Teil der Oberfläche der genannten Profile, bezogen auf eine senkrecht zu der Achse des genannten Rohres verlaufende Ebene, eine Verdrallung erfährt.

17. Verfahren für die Herstellung eines Wärmeaustauschers nach einem der Punkte 15 oder 16, gekennzeichnet dadurch, daß die genannte Anbringung durch Schweißen erfolgt.

18. Verfahren für die Herstellung eines Wärmeaustauschers nach einem der Punkte 15 oder 16, gekennzeichnet dadurch, daß vor der Durchführung des genannten Biegestanzens im Bereich der Kante des Mittelteiles der genannten Rippen (2) oder Profile halbrunde Abkantungen (6) hergestellt werden und daß die genannten Rippen (2) oder Profile mittels Punktschweißverbindung der genannten Abkantungen an dem genannten Rohr (1) angebracht werden.

Hierzu 6 Seiten Zeichnungen



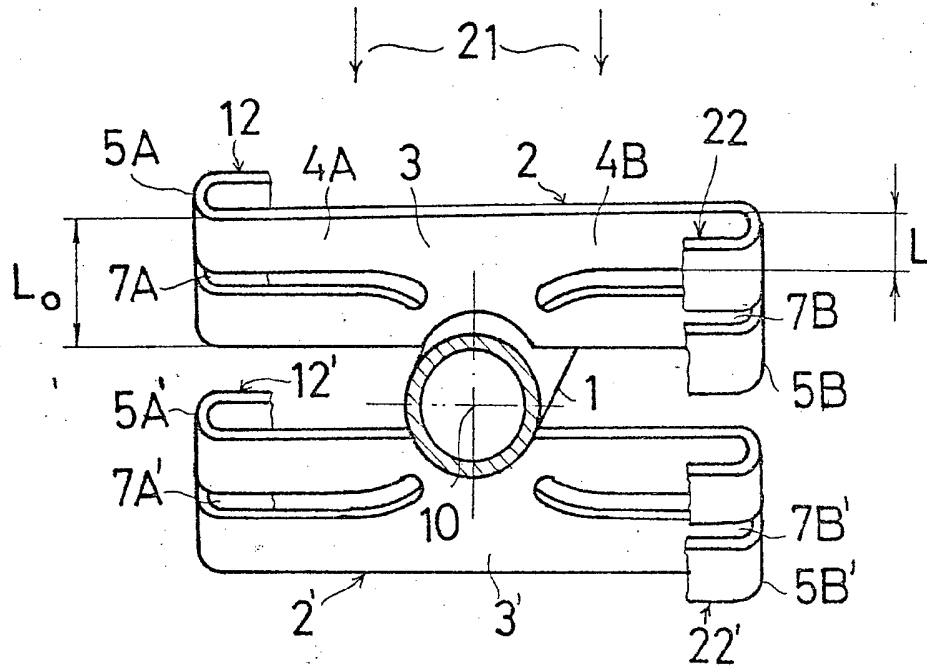


FIG. 1

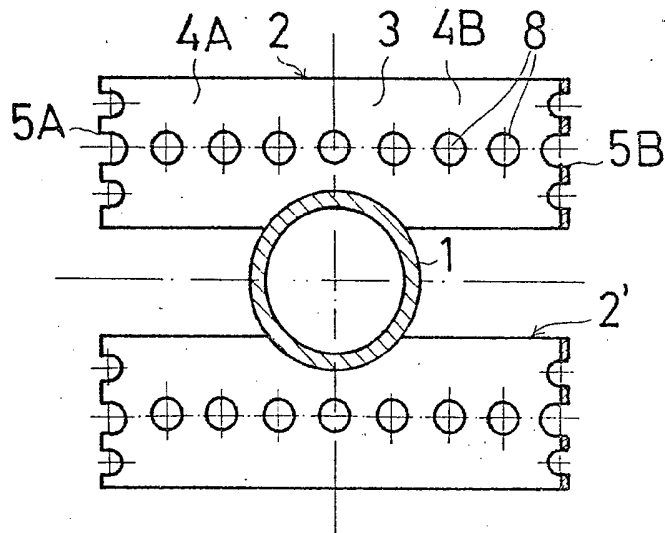


FIG. 2

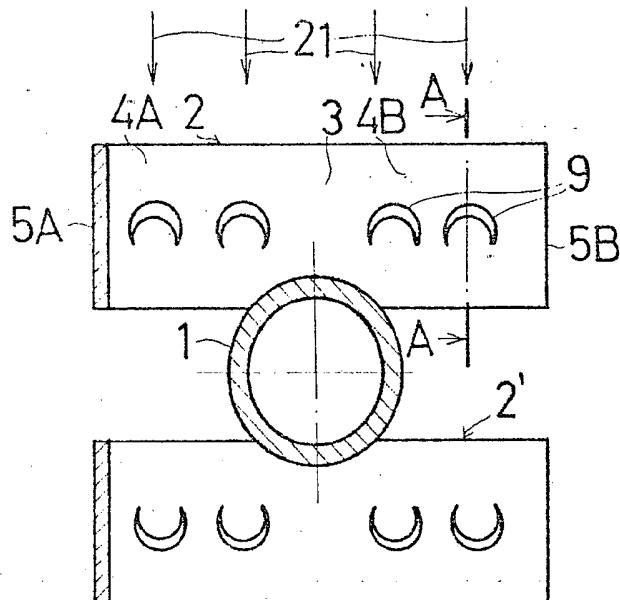


FIG. 3

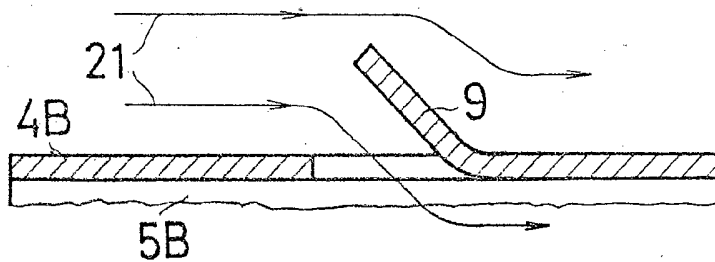


FIG. 4

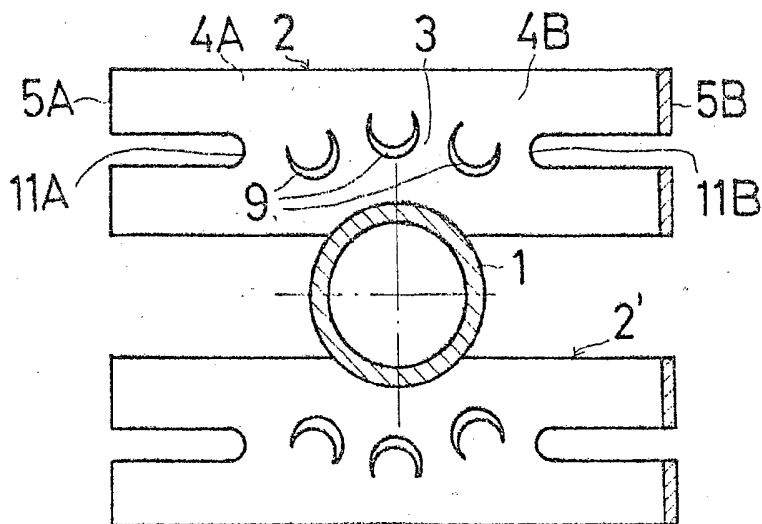
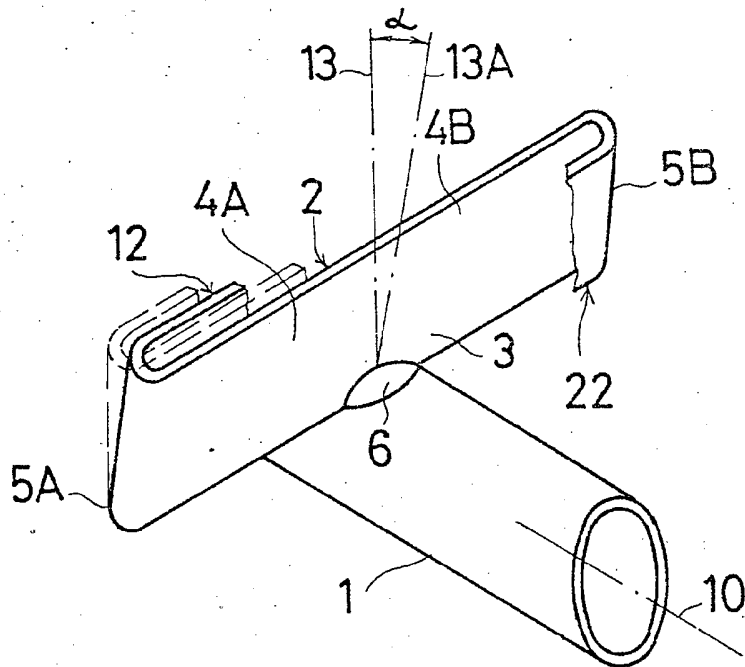
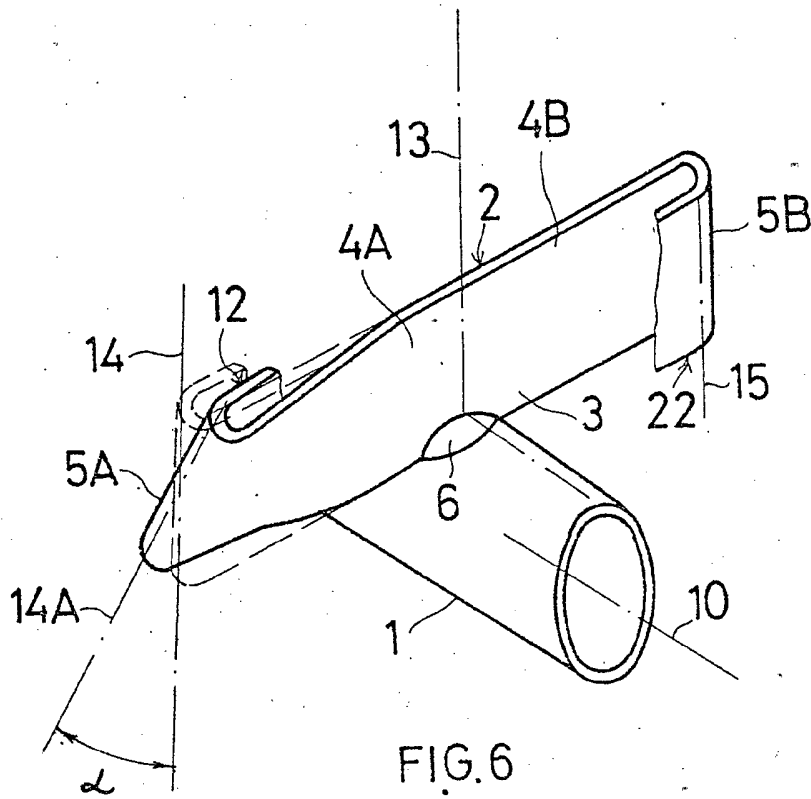


FIG. 5



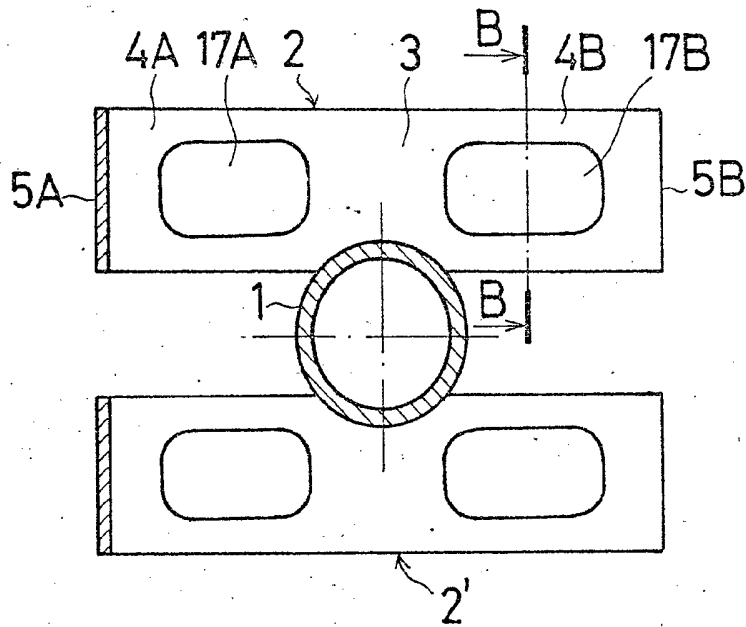


FIG. 8

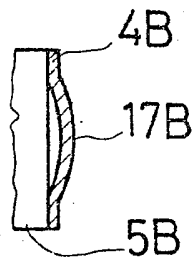


FIG. 9

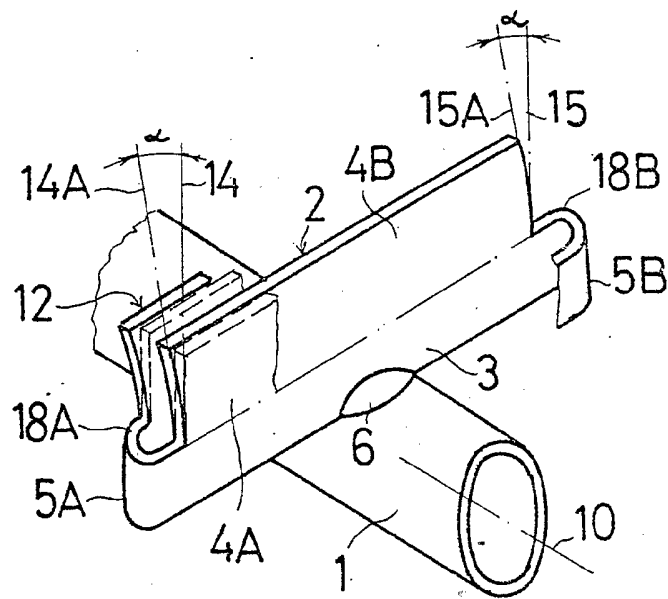


FIG. 10

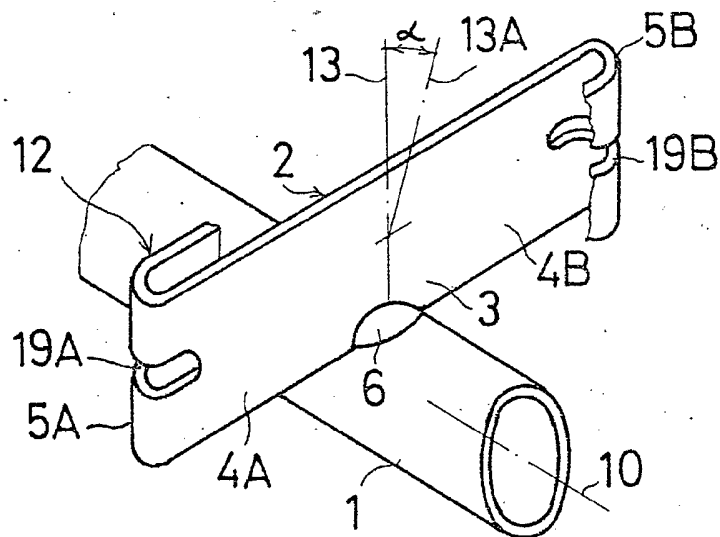


FIG. 11

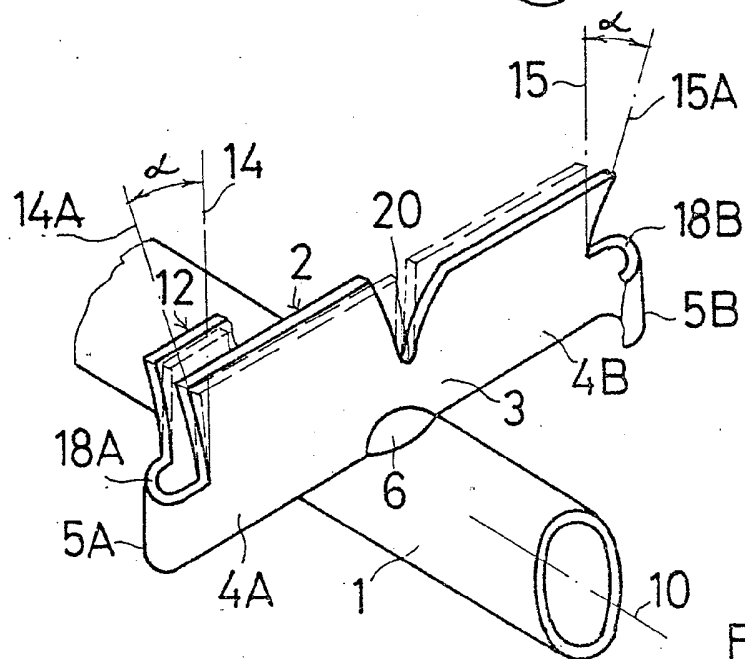


FIG. 12

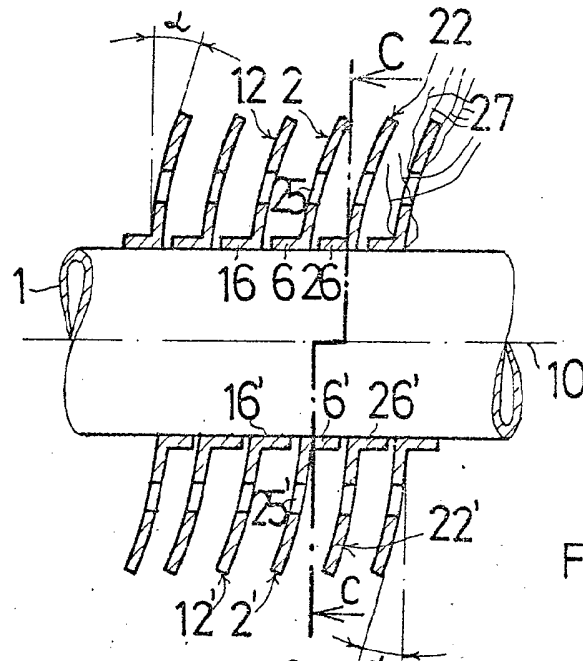


FIG. 13

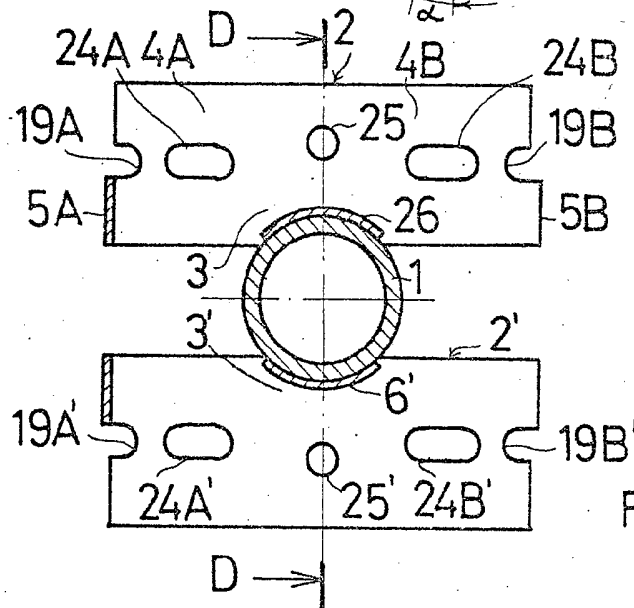


FIG. 14

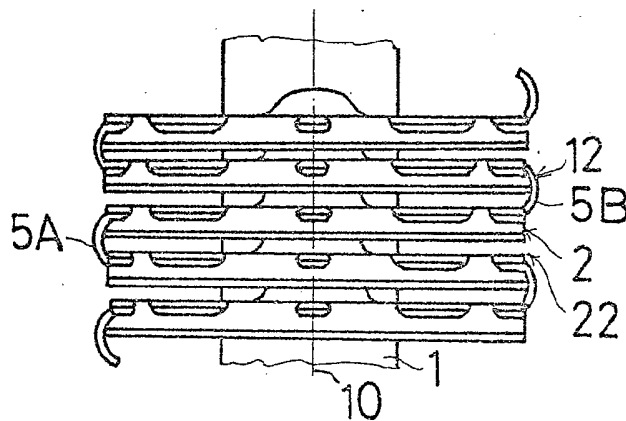


FIG. 15