(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 630 513 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.03.2006 Patentblatt 2006/09

(51) Int Cl.:
F28F 1/02 *(2006.01)* ***F28F 1/40*** *(2006.01)*
F28F 13/12 *(2006.01)* ***B21C 37/15*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **05014942.6**

(22) Anmeldetag: **11.07.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **24.08.2004 DE 102004041101**

(71) Anmelder: **Behr GmbH & Co. KG**
70469 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Hägele, Jürgen, Dipl.-Ing. (FH)**
70469 Stuttgart (DE)

(54) Flachrohr für einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge und Verfahren zur Herstellung des Flachrohres

(57) Die Erfindung betrifft ein Flachrohr (1) für einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, herstellbar aus einem einstückigen Blechband, mit nach innen gerichteten Einprägungen, so genannten Turbulatoren (5a, 5b, 5c, 5d).

Es wird vorgeschlagen, dass das Flachrohr (1) als Mehrkammerrohr, d. h. mit mindestens zwei Kammern (3, 4) ausgebildet ist, welche jeweils durch eine aus dem Blechband geformte Trennwand (2) abgeteilt sind.

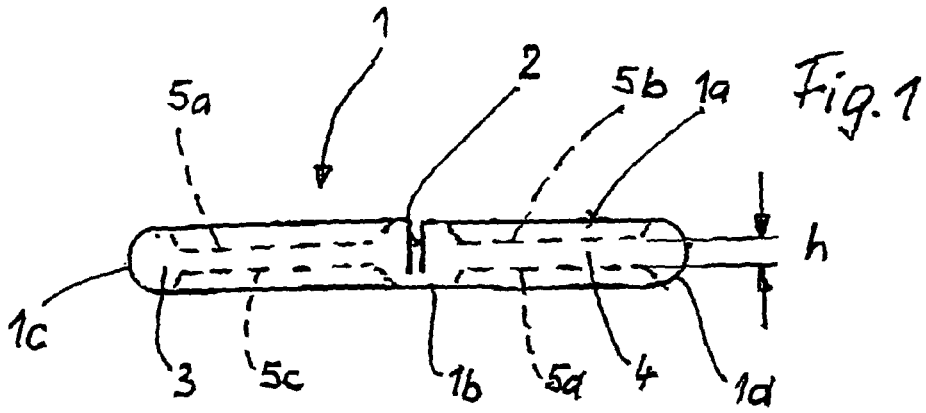


Fig. 1

EP 1 630 513 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Flachrohr für einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Flachrohres nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 10.

[0002] Es ist bekannt, Flachrohre für Wärmeübertrager aus einem Blechband, vorzugsweise aus einem beidseitig lotplattierten Aluminiumband in einem kontinuierlichen Verfahren auf einer entsprechenden Rohrherstellungsmaschine zu fertigen. Nach dem Biegen und Formen des Flachrohrquerschnittes wird das Flachrohr durch eine geschweißte oder gelötete Längsnaht geschlossen. Derartige Flachrohre werden z. B. für Kühlmittelkühler bei Kraftfahrzeugen eingesetzt, wobei die Flachrohre mit Wellrippen zu einem Block gefügt und verlötet werden. Um einen möglichst niedrigen luftseitigen Druckabfall zu erzielen, werden die Flachrohrquerschnitte möglichst schlank ausgebildet, wobei zur Erhöhung der Innendruckfestigkeit Stege, Falze oder Sicken vorgesehen sind, die als Zuganker wirken und den Flachrohrquerschnitt in Kammern aufteilen. Bekannt sind auch Flachrohre, die nicht als Mehrkammerrohre ausgebildet sind, sondern einen durchgehenden Querschnitt aufweisen, wobei zur Erhöhung des Wärmeüberganges auf der Rohrinnenseite, also z. B. auf der Kühlmittelseite so genannte Turbulatoren oder Wirbelerzeuger in Form von nach innen gerichteten Einprägungen vorgesehen sind. Diese auf beiden Seiten angeordneten Turbulatoren berühren sich gegenseitig nicht, sondern belassen zwischen sich einen Abstand, d. h. eine lichte Kanalhöhe für eine Kernströmung; sie wirken somit nicht als Zuganker. Um die notwendige Innendruckfestigkeit derartiger Flachrohre zu erreichen, müssen diese Rohre entsprechend dickwandig ausgelegt werden. Dies erhöht das Gewicht und den Materialverbrauch.

[0003] Als Mehrkammerrohre ausgebildete Flachrohre wurden durch eine Vielzahl von Druckschriften bekannt, z. B. durch die DE 102 01 511 A1 und die DE 102 01 512 A1 der Anmelderin als geschweißte Mehrkammerrohre, bei welchen die einzelnen Kammern durch einen Steg, der aus dem Flachband geformt ist, abgeteilt werden. Auf der Schmalseite sind die Rohre durch eine Längsschweißnaht geschlossen. Ähnliche, jedoch abgewandelte Mehrkammerrohre wurden durch die EP 0 457 470 B1 bekannt, wobei auch ein Flachrohr mit sich gegenüber liegenden, miteinander verlöteten Noppen, die als Zuganker zur Erhöhung der Innendruckfestigkeit ausgebildet sind, offenbart ist. Allerdings werden hierdurch keine diskreten Strömungskanäle gebildet. Ein weiteres Mehrkammerrohr wurde durch die EP 0 637 474 A1 bekannt, wobei die einzelnen Kammern durch miteinander verlötete, in Längsrichtung verlaufende Sicken abgeteilt sind. Als Alternative sind auch Flachrohre offenbart, welche durch noppenartig ausgebildete Zuganker verstärkt sind. Durch die EP 0 302 232 A1 und die DE 102 12 300 A1 der Anmelderin wurden gefalzte und gelötete Mehrkammerrohre und Verfahren zur Herstellung eines gefalzten Mehrkammerrohres bekannt.

[0004] Andererseits wurde durch die DE 101 27 084 A1 der Anmelderin ein Flachrohr für einen Wärmeübertrager, insbesondere einen Kühlmittelkühler für Kraftfahrzeuge bekannt, wobei die flachen Seiten des Flachrohres nach innen gerichtete Ausprägungen, so genannte Wirbelerzeuger oder Turbulatoren aufweisen. Damit wird ein verbesserter Wärmeübergang des Kühlmittels, welches durch die Flachrohre strömt, erreicht. Allerdings sind diese Flachrohre nicht als Mehrkammerrohre ausgebildet und weisen auch keine Zuganker, z. B. von miteinander verlöteten Noppen auf. Man muss diese Rohre daher dickwandiger ausbilden, um die erforderliche Innendruckfestigkeit zu erreichen. Die Turbulatoren sind vorzugsweise als längliche Einprägungen ausgebildet, die in Reihen quer zur Strömungsrichtung angeordnet und im Winkel zueinander angeordnet sind - sie bilden so genannte Winglet-Paare. Ein ähnliches Flachrohr wurde durch die EP 1 061 319 B1 bekannt, ebenfalls für einen Kraftfahrzeugkühler verwendbar.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Flachrohr der eingangs genannten Art zu schaffen, welches einerseits eine hohe Innendruckfestigkeit und andererseits einen hohen Wärmeübergang auf der Rohrinnenseite aufweist. Es ist auch Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Flachrohres bereitzustellen.

[0006] Diese Aufgabe wird zunächst durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein mit Turbulatoren ausgestattetes Flachrohr als Mehrkammerrohr ausgebildet ist, d. h. mindestens zwei Kammern aufweist, welche durch eine Trennwand voneinander abgeteilt sind. Damit wird der Vorteil erreicht, dass einerseits ein verbesserter Wärmeübergang auf der Rohrinnenseite stattfindet und andererseits eine erhöhte Innendrucksteifigkeit, verbunden mit einer verringerten Materialstärke (Rohrwanddicke), gegeben ist. Die Turbulatoren sind vorzugsweise auf beiden flachen Seiten des Flachrohres in jeder Kammer angeordnet. Die Trennwände können vorteilhafterweise als Steg, Falz oder Sicken ausgebildet sein, und die Flachrohre sind vorteilhafterweise längsnahtgeschweißt oder mittels eines Falzes gelötet.

[0007] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung können die Turbulatoren beliebige Formen aufweisen, d. h. länglich oder rund oder eckig, d. h. noppenförmig oder pyramidenstumpfförmig ausgebildet sein, wie dies bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die Turbulatoren erstrecken sich in das Rohrinnere nur so weit, dass eine lichte Kanalhöhe für eine ungestörte Kernströmung erhalten bleibt. Damit wird der Vorteil erzielt, dass einerseits der Wärmeübergang verbessert, der Druckabfall jedoch nicht übermäßig erhöht wird. Die Turbulatoren sind vorzugsweise nur auf den flachen Bereichen der Längsseiten angeordnet und vorzugsweise als so genannte Winglets ausgebildet, welche ein Optimum zwischen Wärmeübergang und Druckabfall darstellen.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch die Merkmale des Patentanspruches 10 und der nebengeordneten Verfahrensansprüche 11 und 12 gelöst. Zur Herstellung eines so genannten Falzrohres wird als Ausgangsmaterial ein Flachband verwendet, welches vorzugsweise aus Aluminium besteht und beidseitig lotplattiert ist; es wird einer Rohrformmaschine, welche das Flachband in einem kontinuierlichen Prozess in Flachrohre umformt, zugeführt. Zunächst werden an den Längsrändem jeweils Falze aufgestellt, d. h. Ränder etwa rechtwinklig abgekantet. Danach werden die Turbulatoren geformt, und zwar in einem ein- oder mehrstufigen, vorzugsweise zweistufigen Prozess, d. h. zunächst durch Vorziehen einer Vorform und anschließendes Gegenprägen einer Endform. Zwischen den Turbulatoren werden, in Breitenrichtung, gesehen Abstände belassen, innerhalb welcher das Band flach bleibt und somit zur Herstellung von Kopfradien gebogen werden kann. Abschließend wird das Rohr geschlossen und im Bereich des Falzes gelötet. Letzter bildet die Trennwand für ein Zweikammerrohr, wirkt als Zuganker und bildet gleichzeitig die Längsnaht des Rohres.

[0009] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird ein Zwei- oder Mehrkammerrohr hergestellt, bei welchem die Trennwand bzw. die Trennwände durch Sicken gebildet sind. Ausgehend von einem Flachband, werden zunächst wiederum die Turbulatoren in das Flachband eingeformt, vorzugsweise in einem zweistufigen Verfahren, und anschließend werden zwischen den Turbulatoren Sicken eingeformt. Danach werden an den Längsrändem Kopfradien geformt, und das Rohr wird derart geschlossen, dass die Sicken und die Kopfradien aufeinander stoßen, wobei die Kopfradien vorzugsweise zu einem Stumpfstoß zusammengeführt werden, der längsnahtgeschweißt wird. Die Sicken verlöten - beim Löten eines Wärmetauschersblockes — und bilden somit Zuganker und eine oder mehrere dichten Trennwände.

[0010] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird ein Falzrohr nach einem ähnlichen Verfahren hergestellt, wobei man wiederum von einem Flachband ausgeht und zunächst mindestens einen Steg formt, der in einem oder mehreren Umformschritten aus dem Flachband geformt wird. Beiderseits des Steges bzw. der Stege werden anschließend die Turbulatoren in das Flachband eingeformt, danach werden an den Längsrändern Kopfradien angeformt, die abschließend zu einem Stumpfstoß zusammengeführt werden, der vorzugsweise längsnahtverschweißt wird. Der Steg verlötet mit der gegenüber liegenden Flachseite.

[0011] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Kopfradien derart geformt, dass sich beim Schließen des Flachrohres ein Überlappungsstoß bzw. randseitiger Falz bildet, welcher gelötet werden kann. Damit entfällt der Schweißvorgang.

[0012] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung werden die Turbulatoren in einem kontinuierlichen Prozess hergestellt, d. h. durch Walzen, wobei das Flachband durch ein Walzenpaar geführt wird, welches die Form der Turbulatoren als Matrize und Patrize aufweist.

[0013] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das Flachrohr für einen Kraftfahrzeugwärmetauscher, insbesondere einen Kühlmittelkühler verwendet, welcher einen gelöteten Block aufweist, der aus Flachrohren und Wellrippen besteht. Das beidseitig lotplattierte Flachrohr kann mit den Wellrippen einfach zu einem Block verlötet werden. Der hohe Schlankheitsgrad des Flachrohres gewährleistet einen geringen luftseitigen Druckabfall, andererseits ist durch die Trennwände in Form von Stegen, Falzen oder Sicken die erforderliche Innendruckfestigkeit gegeben, welche an die in einem Kühlmittelkreislauf herrschenden Drücke angepasst ist. Darüber hinaus wird der Wärmeübergang des Kühlmittels im Rohr verbessert, d. h. die Kühlleistung des Kühlers wird erhöht, ohne dass der Druckabfall, d. h. die Pumpenleistung erheblich ansteigt. Damit ist ein leichterer und leistungsstärkerer Kühler für Kraftfahrzeuge herstellbar.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1	ein als Falzrohr ausgebildetes Flachrohr (Zweikammerrohr) mit mittlerem Falz,
Fig. 2	ein als Falzrohr ausgebildetes Flachrohr (Zweikammerrohr) mit mittlerem Steg und seitlichem Falz,
Fig. 3	ein als geschweißtes Sickenrohr ausgebildetes Flachrohr (Zweikammerrohr),
Fig. 4	ein als geschweißtes Stegrohr ausgebildetes Flachrohr (Zweikammerrohr),
Fig. 5a - 5f	Verfahrensschritte zur Herstellung eines Falzrohres gemäß Fig. 1 mit Turbulatoren,
Fig. 6a - 6f	Verfahrensschritte zur Herstellung eines Stegrohres gemäß Fig. 2 mit Turbulatoren,
Fig. 7a - 7f	Verfahrensschritte zur Herstellung eines geschweißtes Sickenrohres gemäß Fig. 3 mit Turbulatoren,
Fig. 8a - 8f	Verfahrensschritte zur Herstellung eines geschweißtes Stegrohres gemäß Fig. 4 mit Turbulatoren,
Fig. 9	ein Walzenpaar zur Einformung von Turbulatoren in ein Flachband,
Fig. 10	einen Ausschnitt eines Flachrohres mit als winglets ausgebildeten Turbulatoren,
Fig. 11	einen Ausschnitt eines Flachrohres mit als Pyramidenstumpf ausgebildeten Turbulatoren und
Fig. 12	einen Ausschnitt eines Flachrohres mit kegelstumpfförmigen Turbulatoren (Noppen).

[0015] **Fig. 1** zeigt in schematischer Darstellung einen Querschnitt durch ein Flachrohr, welches als so genanntes Falzrohr mit einem in der Mitte angeordneten Falz 2

ausgebildet ist, welcher das Flachrohr 1 in zwei Kammern 3, 4 unterteilt. Der Querschnitt des Flachrohres 1 setzt sich aus zwei flachen Seiten 1a, 1b sowie zwei gerundeten Schmalseiten 1 c, 1 d zusammen. In den beiden Kammern 3, 4 sind gestrichelt Konturen 5a, 5b, 5c, 5d von Turbulatoren eingezeichnet. Zwischen sich gegenüber liegenden Turbulatoren 5a, 5c bzw. 5b, 5d ist jeweils eine lichte Kanalhöhe h belassen, welche frei von Turbulatoren ist. Die Turbulatoren 5a, 5b, 5c, 5d sind Wirbelerzeuger, welche als in das innere des Flachrohres ragende Einprägungen ausgebildet und durch den Stand der Technik, insbesondere die DE 101 27 084 A1 der Anmelderin, an sich bekannt sind. Das Falzrohr 1 ist vorzugsweise aus einem beidseitig lotplattierten Aluminiumblech, einem so genannten Flachband oder Rohrband hergestellt und im Bereich des mittleren Falzes 2 verlötet. Ein Verfahren zur Herstellung des Falzrohres 1 wird unten beschrieben.

[0016] **Fig. 2** zeigt ein als Falzrohr 6 ausgebildetes Zweikammerrohr mit einer mittleren Trennwand 7, welche als Steg ausgebildet ist. Gleiche Teile sind hier mit gleichen Bezugszahlen wie in Fig. 1 bezeichnet, d. h. die flachen Seiten 1a, 1b und die gerundeten Schmalseiten 1c, 1d; ebenso die Kammern 3, 4 sowie die gestrichelt eingezeichneten Konturen 5a, 5b, 5c, 5d für die Turbulatoren, welche sich innerhalb einer Kammer 3, 4 über eine Breite b erstrecken, welche Teil der flachen Seiten 1a, 1b ist. Der Abschnitt b endet also einerseits vor dem mittleren Steg 7 und andererseits vor der Rundung der Schmalseiten 1c, 1d. Das Falzrohr 2 ist über einen Falz 8 geschlossen, welcher im Bereich der Schmalseite 1 c angeordnet ist — in diesem Bereich überlappen sich die zu Radien gebogenen Ränder des Flachbandes und bilden den verlötbaren Falz 8. Die Herstellung des Falzrohres 6 wird weiter unten erläutert.

[0017] **Fig. 3** zeigt ein als so genanntes Sickenrohr 9 ausgebildetes Zweikammerrohr, welches im Bereich einer Schmalseite 1c durch eine Längsnaht 10 verschweißt ist. Auch hier werden für gleiche Teile gleiche Bezugszahlen wie in Fig. 1 verwendet. In die beiden flachen Seiten 1a, 1b sind Sicken 11, 12 eingeformt, welche durch Verlötung eine Trennwand bilden und das Rohr in zwei Kammern 3, 4 teilen. Die als Einprägungen in die flachen Seiten 1a, 1b eingeformten Turbulatoren sind durch gestrichelte Linien 5a, 5b, 5c, 5d angedeutet. Eine Herstellung des geschweißten Sickenrohres 9 wird unten beschrieben.

[0018] **Fig. 4** zeigt ein als geschweißtes Stegrohr 13 ausgebildetes Zweikammerrohr, welches einen mittleren Steg 14 und eine im Bereich der Schmalseite 1 c angedeutete Schweißnaht 15 aufweist. Ansonsten entspricht das Zweikammerrohr 13 denen der vorherigen Ausführungsbeispiele und trägt für gleiche Teile die gleichen Bezugszahlen. Ein Verfahren zur Herstellung des geschweißten Stegrohres 13 wird unten erläutert,

[0019] Abweichend von den dargestellten Ausführungsbeispielen, die Zweikammerrohre zeigen, sind auch Flachrohre mit mehreren als Falz, Steg und/oder Sicken ausgebildeten Trennwänden möglich, d. h. mit mehr als zwei Kammern.

[0020] Die **Figuren 5a** bis **5f** zeigen einzelne Verfahrensschritte zur Herstellung eines Falzrohres mit mittlerem Steg, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Das Ausgangsmaterial zur Herstellung des fertigen Flachrohres ist ein Flachband aus Aluminium, welches beidseitig lotplattiert ist und einer nicht dargestellten Maschine zur Rohrherstellung kontinuierlich zugeführt wird. Fig. 5a zeigt ein Flachband 16, welches — nach einem ersten Verfahrensschritt - an seinen Längsrändern rechtwinklig aufgestellte Falze 17, 18 aufweist, was durch die nicht dargestellte Maschine durch ein- oder mehrstufiges Walzprofilieren erfolgt. In einem nächsten Verfahrensschritt. dargestellt in Fig. 5b, werden Vorformen 19 von Turbulatoren in einer ersten Stufe vorgezogen, d. h. aus dem Flachband 16 ausgeformt. In einer zweiten Stufe, dargestellt in Fig. 5c, erfolgt durch Gegenprägen das Formen der Endform der Turbulatoren 20, welche in der Zeichnung als Rechtecke dargestellt sind - gegenüber der etwas runderen Vorform 19. Durch den zweistufigen Verformungsprozess für die Herstellung der Turbulatoren 20 ergibt sich die gewünschte Form der Turbulatoren, ohne dass es zu einer wesentlichen Veränderung der Materialstärke des Flachbandes 16 kommt. Die Turbulatoren 20 sind über die Breite des Flachbandes 16, d. h. von Falz 17 zu Falz 18 in Gruppen verteilt, zwischen welchen Abstände belassen sind, insbesondere flache Bereiche 21, 22, welche im nachfolgenden Verfahrensschritt — dargestellt in Fig. 5d - zu so genannten Kopfradien 23, 24 gebogen werden. Letztere bilden die gerundeten Schmalseiten des Flachrohres. Fig. 5e zeigt das Flachband 16 mit fast fertig gebogenen Kopfradien 23, 24, zwischen welchen die durchgehende Unterseite des zu fertigendes Rohres angeordnet ist. Fig. 5f zeigt schließlich das fertige, geschlossene Falzrohr 25, bei welchem die beiden Falze 17, 18 parallel zueinander und in der Mitte zu liegen kommen. Das Falzrohr 25 wird später, z. B. bei der Herstellung eines nicht dargestellten Blockes für einen Wärmeübertrager verlötet und ist damit dicht. Gleichzeitig wirkt der Falz 17, 18 als Zuganker. Die Turbulatoren 20, die in die flachen Bereiche der Rohr wand eingeprägt sind, ragen in die freien Strömungsquerschnitte und wirken damit als Wirbelerzeuger zur Erhöhung des Wärmeüberganges.

[0021] **Figuren 6a** bis **6f** zeigen in einzelnen Verfahrensschritten die Herstellung eines Falzrohres, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, d. h. mit einem seitlich im Bereich der Schmalseite angeordneten Falz. Fig. 6a zeigt ein Flachband 26 nach einem ersten Verfahrensschritt, in welchem ein Steg 27 ausgeformt wurde, d. h. das Flachband 26 ist im Bereich des Steges 27 geformt, was in mehreren Stufen erfolgen kann. Fig. 6b zeigt das Flachband 26 nach einem weiteren Verfahrensschritt, in welchem — ebenfalls in mehreren Stufen - an beiden Längsrändem Kopfradien 28, 29 angeformt wurden. In einem nächsten Verfahrensschritt - dargestellt in Fig. 6c - werden Turbulatoren vorgezogen, d. h. es wird eine Vorform

30, die noppen- oder kegelförmig ausgebildet ist, in einer ersten Verformungsstufe hergestellt. Dabei werden an den Stellen, wo später Radien für die Schmalseite des Rohres gebogen werden, flache Bereiche belassen. Dies ist hier im Bereich einer Mittellinie m der Fall. In einem weiteren Verfahrenschritt - dargestellt in Fig. 6d - wird die Endform der Turbulatoren 31 durch Gegenprägen hergestellt. In einem nächsten Verfahrensschritt - dargestellt in Fig. 6e - wird das Flachband 26 zu einem Rohr geschlossen, d. h. im Bereich der Mittellinie m zu einem Radius 32 gebogen, der die spätere Schmalseite des Rohres bildet. Fig. 6f zeigt das fertige, d. h. geschlossene Stegrohr 33, bei welchem sich die beiden Kopfradien 28, 29 über einen Bereich von ca. 180 Grad überlappen, der später verlötet wird. Damit ist das Flachrohr 33 dicht und erhält durch die Verlötung des Steges 27 mit der Gegenseite auch einen Zuganker. Die Turbulatoren 31 ragen nach innen in die beiden Strömungskanäle des Zweikammerrohres 33.

[0022] **Figuren 7a** bis **7f** zeigen in mehreren Verfahrensschritten die Herstellung eines geschweißtes Sikkenrohres, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Ausgangsmaterial ist wiederum ein Flachband 34, aus welchem in einem ersten Verfahrensschritt - dargestellt in Fig. 7a - Vorformen 35 der Turbulatoren hergestellt werden, und zwar in vier Gruppen, zwischen denen, symmetrisch zu einer Mittellinie m, Abstände mit flachen Bereichen des Flachbandes 34 belassen sind. Fig. 7b zeigt das Flachband nach dem nächsten Verfahrensschritt, nämlich dem Gegenprägen, welches die Turbulatoren 36 in ihre Endform bringt. Der nächste Verfahrensschritt besteht darin, symmetrisch zur Mittellinie m zwei Sicken 37, 38 in das Flachband 34 einzuformen, welche in Fig. 7c dargestellt sind. Anschließend erfolgt als nächster Verfahrensschritt das Formen von Kopfradien 39, 40 an den Randseiten des Flachbandes 34, welche zu einem Viertelkreis aufgestellt werden. Fig. 7e zeigt das Schließen des Rohres, wobei im Bereich der Mittellinie m ein Radius 41 gebogen wird. Fig. 7f zeigt das geschlossene Sickenrohr 42. Beide Rohrhälften sind zusammengeführt, so dass die Kopfradien 39, 40 stumpf aufeinander stoßen und einen Stumpfstoß bilden, welcher mit einer Längsschweißnaht 43 geschlossen ist. Die beiden Sicken 37, 38 liegen sich direkt gegenüber, berühren sich in der zeichnerischen Darstellung jedoch noch nicht. Ein Kontaktieren der Sickenkämme erfolgt später beim Planieren und Verlöten der Sickenrohre.

[0023] **Figuren 8a** bis **8f** zeigen in einzelnen Verfahrensschritten die Herstellung eines geschweißten Stegrohres, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. Ausgangsmaterial ist wiederum ein Flachband 44, in welches zunächst ein Steg 45, vorzugsweise in mehreren Stufen eingeformt wird - dargestellt in Fig. 8a. Dabei ist der Steg 45 außermittig zur Mittellinie m und in der Mitte der halben Bandbreite angeordnet. Fig. 8b zeigt Vorformen 46 für die Turbulatoren, hergestellt durch Vorziehen. Anschließend werden die Turbulatoren 47 durch Gegenprägen in ihre endgültige Form gebracht. Fig. 8d zeigt das Formen von Kopfradien 48, 49 an den Randseiten des Flachbandes 44. Fig. 8e zeigt den Verfahrensschritt "Rohrschließen", wobei im Bereich der Mittellinie m ein Radius 50 in das Flachband 44 gebogen wird. Fig. 8f zeigt das fertige Stegrohr 51, welches im Bereich der stumpf aufeinander geführten Kopfradien 48, 49 durch eine Schweißnaht 52 verschlossen ist. Der Steg 45 kontaktiert die gegenüber liegende Seite des Rohres 51 noch nicht, da diese Flachseite noch ballig ausgebildet ist. Sie wird später planiert, dann kontaktiert der Steg 45 mit seinem Stegrücken die gegenüber liegenden Seite und wird mit dieser verlötet.

[0024] **Fig. 9** zeigt den Herstellungsprozess für das Prägen von Turbulatoren. Ein Rohrband 53 wird einem Walzenpaar 54, 55 zugeführt und erhält nach dem Durchlaufen des Walzenpaares die gewünschte Prägung der Turbulatoren. Hierzu weist die obere Walze 54 auf den Umfang verteilt angeordnete Erhebungen (Patrizen) 54a auf, während die untere Walze 55 entsprechende Vertiefungen (Matrizen) 55a, ebenfalls über den Umfang verteilt, aufweist. Das Rohrband 53 wird somit durch die Erhebungen 54a in die Vertiefungen 55a gedrückt.

[0025] **Fig. 10** zeigt einen Ausschnitt aus einem Rohrband 56, in welches Turbulatoren 57, 58 nach dem oben zu Fig. 9 beschriebenen Verfahren eingeformt sind. Beide Turbulatoren 57, 58 sind als längliche Ausprägungen ausgebildet und V-förmig zueinander angeordnet, sie bilden ein so genanntes Winglet-Paar, wie es aus der eingangs genannten DE 101 27 084 A1 der Anmelderin bekannt ist. Die Strömungsrichtung des Strömungsmediums innerhalb des Flachrohres, also beispielsweise eines Kühlmittels ist durch einen Pfeil S dargestellt. Ein seitlich angeordneter Schnitt A-A zeigt das nach innen (ins Rohrinnere) gerichtete, etwa trapezförmig ausgebildete Profil der winglets 57, 58.

[0026] **Fig. 11** zeigt einen weiteren Ausschnitt eines Rohrbandes 59 mit einem Turbulator 60, welcher pyramidenstumpfförmig ausgebildet und aus dem Rohrband 59 ausgeprägt ist. Ein neben liegender Schnitt B-B zeigt das Profil des Turbulators 60.

[0027] **Fig. 12** zeigt einen Ausschnitt eines Rohrbandes 61 mit einer weiteren Ausführungsform für einen Turbulator 62, welcher kegelstumpfförmig ausgebildet ist. Ein Schnitt C-C zeigt das Profil des Turbulators 62.

[0028] Die oben beschriebenen Flachrohre werden vorzugsweise für Wärmeübertrager in Kraftfahrzeugen, insbesondere Kühlmittelkühler verwendet. Letztere weisen einen gelöteten Block auf, welcher aus Flachrohren und zwischen diesen angeordneten Wellrippen besteht. Die Flachrohre werden somit vom Kühlmittel eines Kühlkreislaufes einer Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeuges durchströmt, während die Wellrippen von Umgebungsluft überströmt werden. Das Fügen von Flachrohren und Wellrippen zu einem Block erfolgt durch einen so genannten Kassettierprozess, bei welchem die Flachrohre durch eine geeignete Spannvorrichtung zusammen mit den Wellrippen auf Blockmaß zusammengedrückt werden. Dabei erfolgt auch ein Planieren der vorher noch ballig ausgebildeten flachen Seiten der Flach-

rohre, so dass Falze, Stege oder Sicken in Kontakt mit der gegenüber liegenden Seite kommen und somit verlöten können.

[0029] Bevorzugte Abmessungen der erfindungsgemäßen Flachrohre für einen Kühlmittelkühler sind Rohrtiefen zwischen 20 und 50 mm, vorzugsweise 40 mm, Rohrbreiten zwischen 1,5 und 2 mm und Wanddicken zwischen 0,15 und 0,35 mm, vorzugsweise zwischen 0,2 und 0,25 mm.

Patentansprüche

1. Flachrohr für einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, herstellbar aus einem einstückigen Blechband, mit nach innen gerichteten Einprägungen, so genannten Turbulatoren, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flachrohr (1, 6, 9, 13) als Mehrkammerrohr, d. h. mit mindestens zwei Kammern (3, 4) ausgebildet ist, welche jeweils durch eine aus dem Blechband geformte Trennwand (2, 7, 11/12, 14) abgeteilt sind.

2. Flachrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flachrohr (1, 6) eine gelötete Längsnaht in Form eines Falzes (2, 8) aufweist.

3. Flachrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flachrohr (9, 13) eine geschweißte Längsnaht (10, 15), vorzugsweise an der Schmalseite (1c) aufweist.

4. Flachrohr nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennwand als Steg (14) und/oder als Falz (2) ausgebildet ist.

5. Flachrohr nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennwand durch Sicken (11, 12) gebildet wird.

6. Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatoren (5a, 5b, 5c, 5d) auf beiden flachen Seiten (1a, 1 b) der Kammern (3, 4) angeordnet sind und zwischen sich eine lichte Kanalhöhe h für jeden Strömungskanal belassen.

7. Flachrohr nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatoren länglich (57, 58) oder eckig (60) oder rund (62) ausgebildet sind.

8. Flachrohr nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatoren (5a, 5b, 5c, 5d) über den gesamten flachen Bereich jeder Kammer (3, 4) verteilt angeordnet sind.

9. Flachrohr nach Anspruch 6, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatoren als so genannte Winglets (57, 58) ausgebildet und angeordnet sind.

10. Verfahren zur Herstellung eines Flachrohres nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**,

    a) dass zunächst ein Flachband (16) bereitgestellt und einer Rohrformmaschine zugeführt wird,
    b) dass beiderseits des Flachbandes (16) Falze (17, 18) aufgestellt werden,
    c) dass die Turbulatoren (20) ein- oder mehrstufig aus dem Flachband (16) geformt werden, wobei die Turbulatoren (20) in Gruppen angeordnet und zwischen den Gruppen in Breitenrichtung Abstände (21, 22) für Kopfradien belassen werden,
    d) dass das Flachband (16) im Bereich der Abstände (21, 22) gebogen und die Kopfradien (23, 24) geformt werden und
    e) dass der Flachrohrquerschnitt durch Parallelbiegen der Flachseiten geschlossen wird.

11. Verfahren zur Herstellung eines Flachrohres nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**,

    a) dass ein Flachband (26, 44) einer Rohrformmaschine zugeführt wird,
    b) dass mindestens ein Steg (27, 45) ein- oder mehrstufig aus dem Flachband (26, 44) geformt wird,
    c) dass beiderseits des Steges (27, 45) die Turbulatoren (31, 47) ein-oder mehrstufig aus dem Flachband (26, 44) geformt werden,
    d) dass an den Längsrändern des Flachbandes (26, 44) Kopfradien (28, 29; 48, 49) geformt werden und
    e) dass der Flachrohrquerschnitt unter Ausbildung einer gerundeten Schmalseite (32, 50) geschlossen wird.

12. Verfahren zur Herstellung eines Flachrohres nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, insbesondere 3 und 5, **dadurch gekennzeichnet**,

    a) dass einer Rohrformmaschine ein Flachband (34) zugeführt wird,
    b) dass die Turbulatoren (36) ein- oder mehrstufig geformt werden,
    c) dass zwischen den Turbulatoren (36) Sicken (37, 38) eingeformt werden,
    d) dass an den Längsseiten des Flachbandes (34) Kopfradien (39, 40) angeformt werden und
    e) dass der Flachrohrquerschnitt geschlossen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopfradien (48, 49; 39, 40) zu einem Stumpfstoß zusammengeführt werden und dass das Flachrohr (51, 42) im Bereich des Stumpfstoßes durch eine Längsschweißnaht (52, 43) geschlossen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopfradien (28, 29) zu einem Überlappungsfalz (28129) zusammengeführt werden und dass das Flachrohr (33) im Bereich des Überlappungsfalzes (28/29) und des mindestens eines Steges (27) verlötet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatoren durch Walzen des Flachbandes (53) hergestellt werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbulatoren zunächst vorgezogen und anschließend gegengeprägt werden.

17. Verwendung eines Flachrohres nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche in einem Wärmeübertrager mit einem gelöteten Block, bestehend aus Flachrohren und Wellrippen, insbesondere einen Kühlmittelkühler für Kraftfahrzeuge.

18. Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit Rohren und zumindest einem Sammelkasten, in den die Rohre münden, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Rohr nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet und/oder durch einem Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16 herstellbar ist.

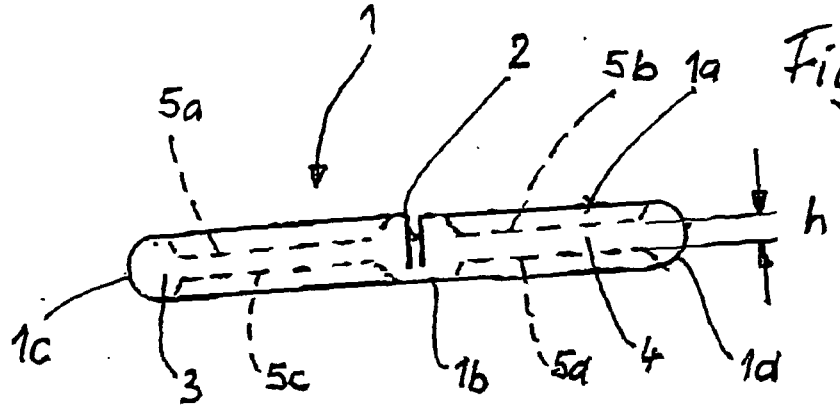


Fig. 1

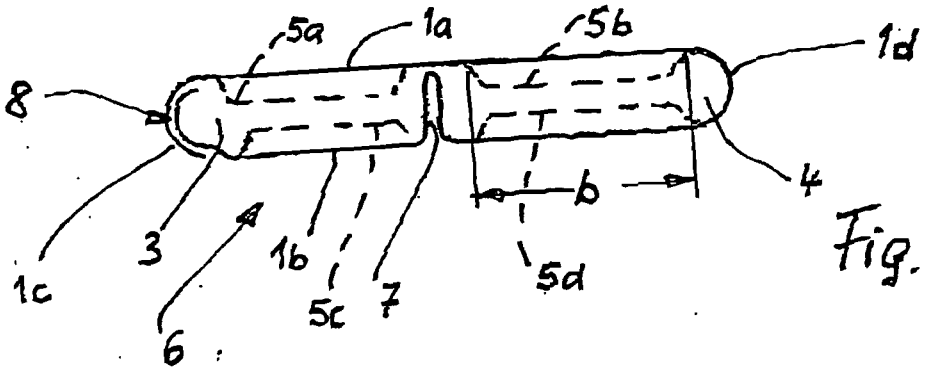


Fig. 2

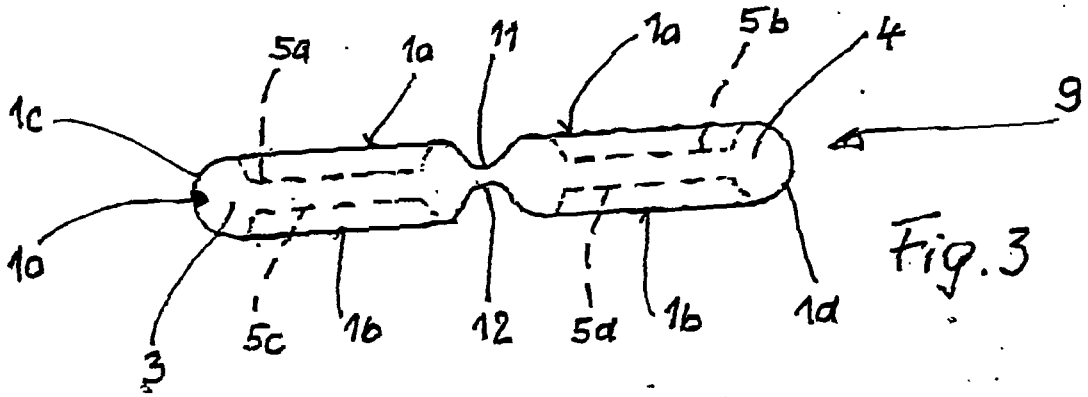


Fig. 3

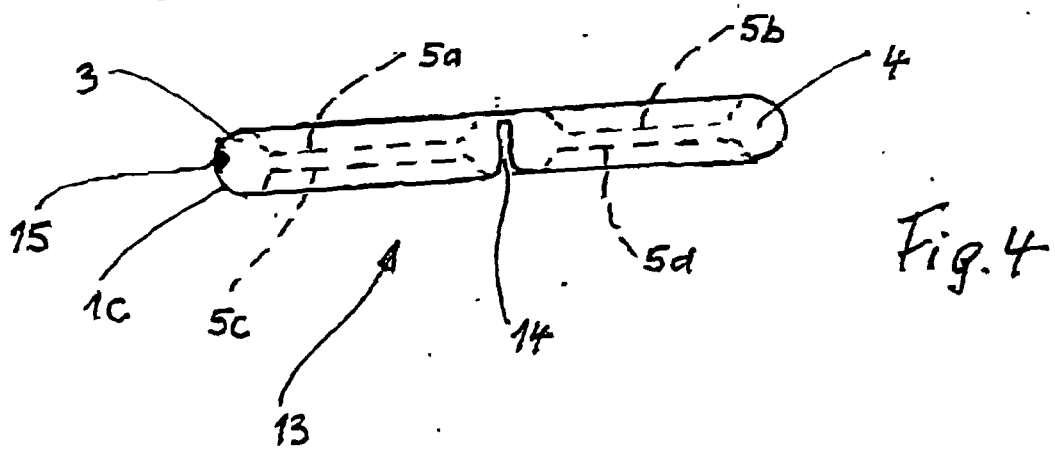


Fig. 4

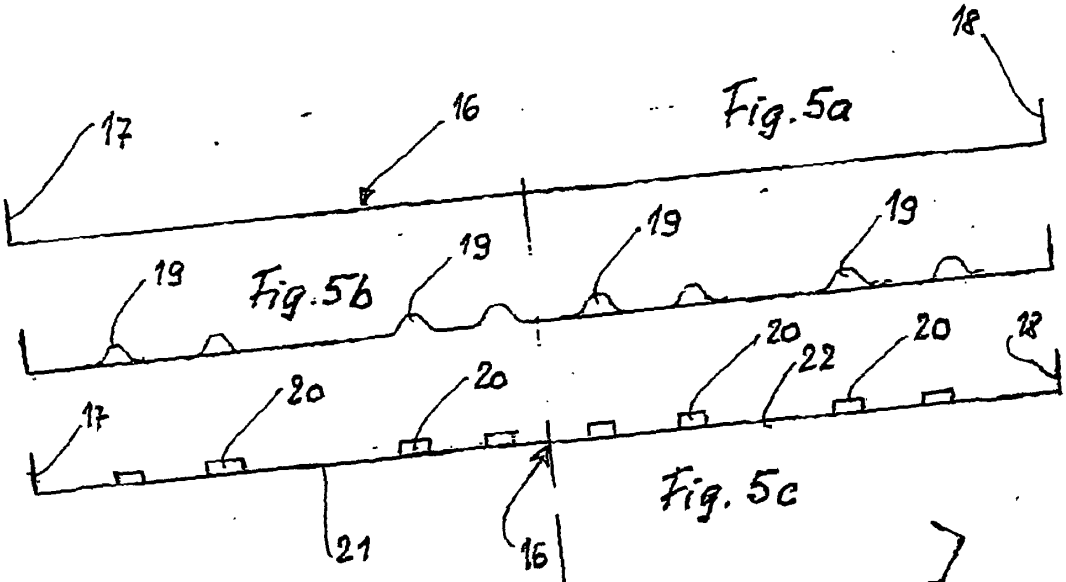


Fig.5a

Fig.5b

Fig.5c

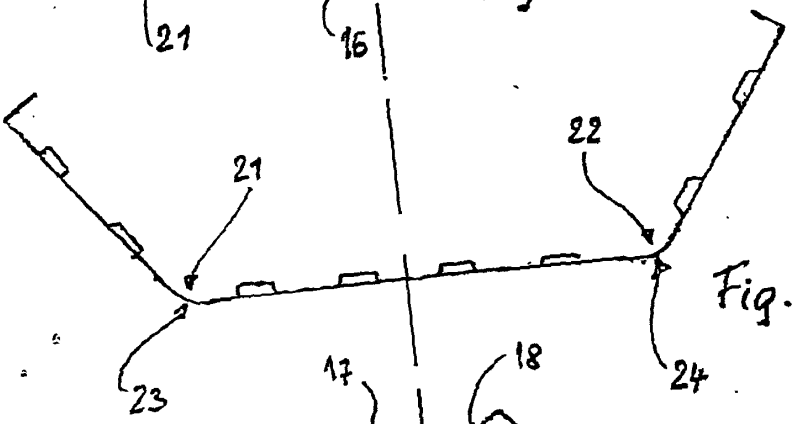


Fig.5d

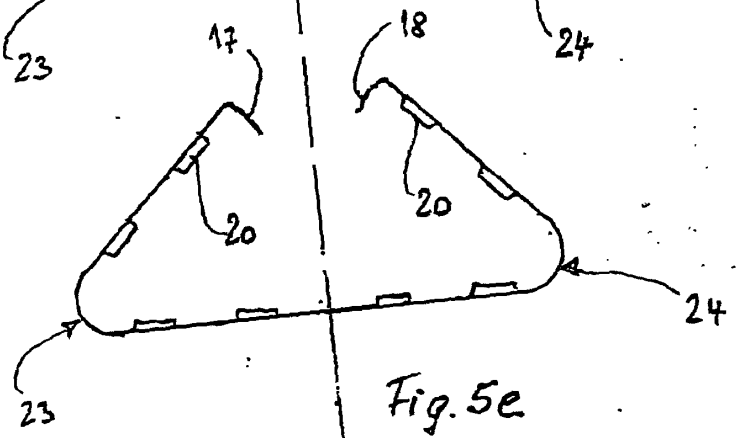


Fig.5e

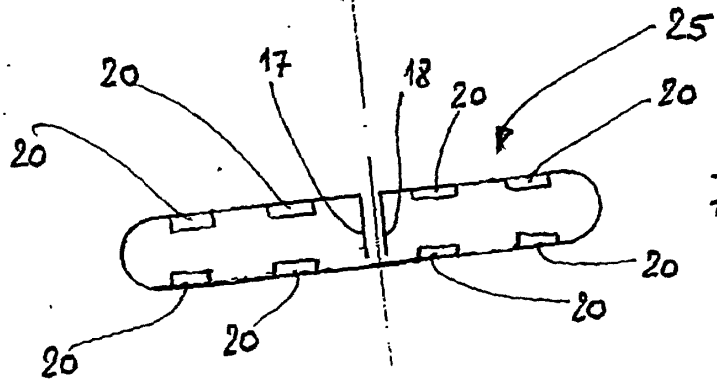


Fig.5f

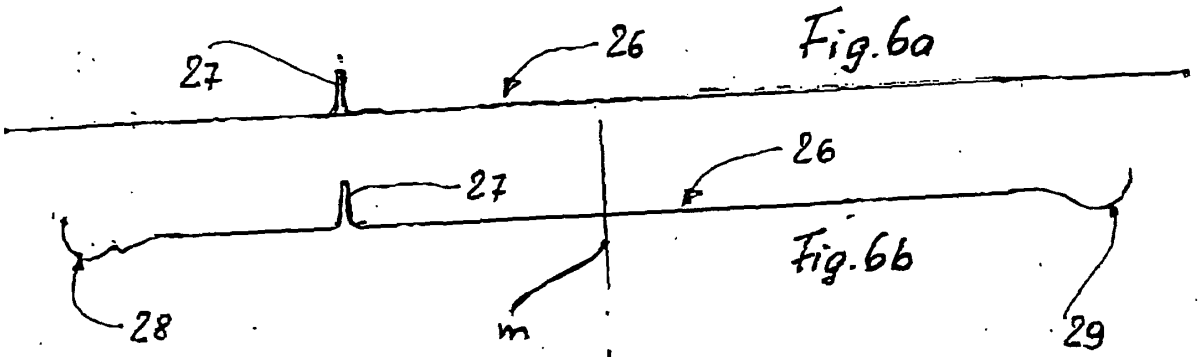


Fig.6a

Fig.6b

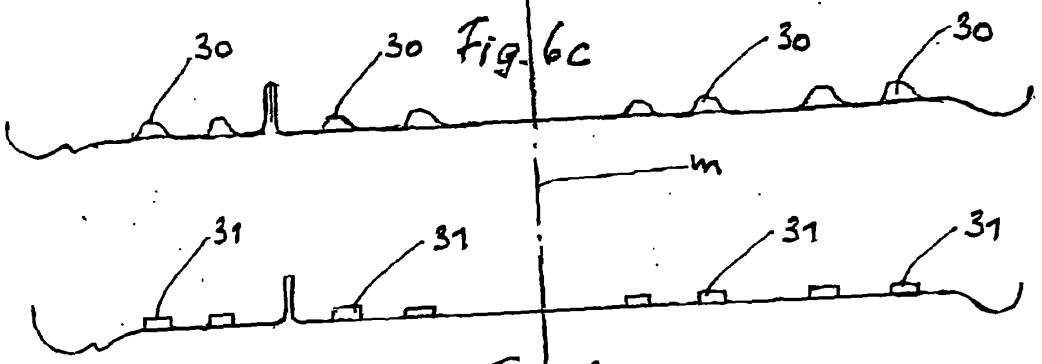


Fig.6c

Fig.6d

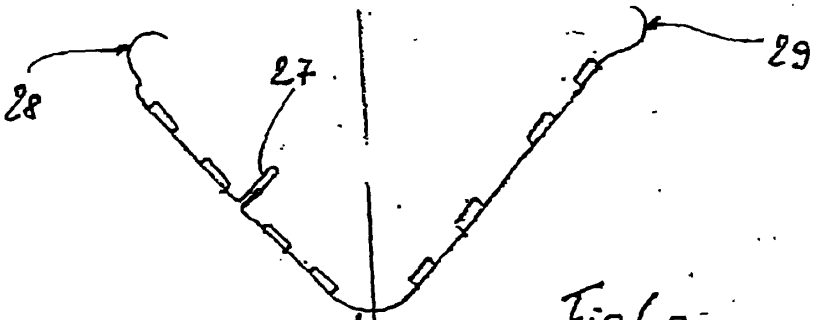


Fig.6e

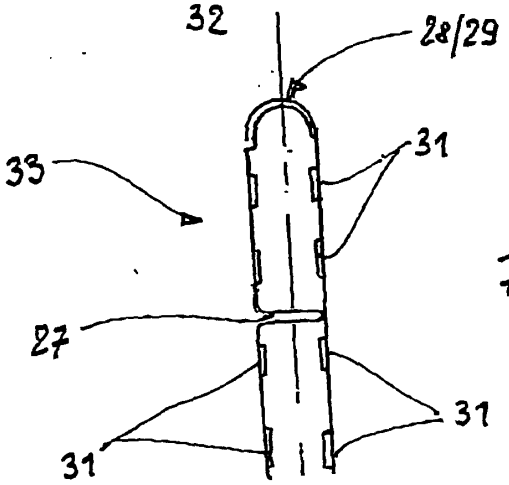


Fig.6f

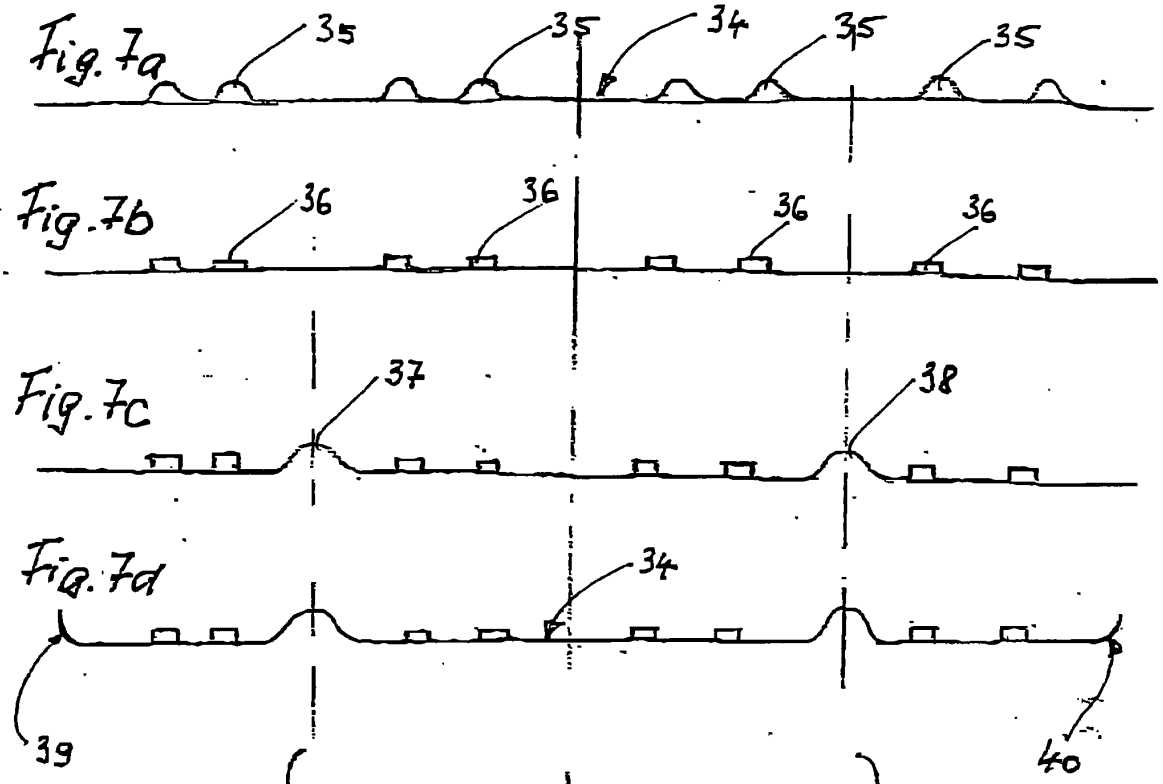


Fig. 7a

Fig. 7b

Fig. 7c

Fig. 7d

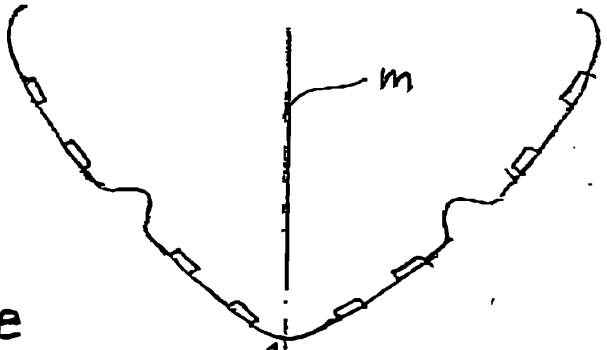


Fig. 7e

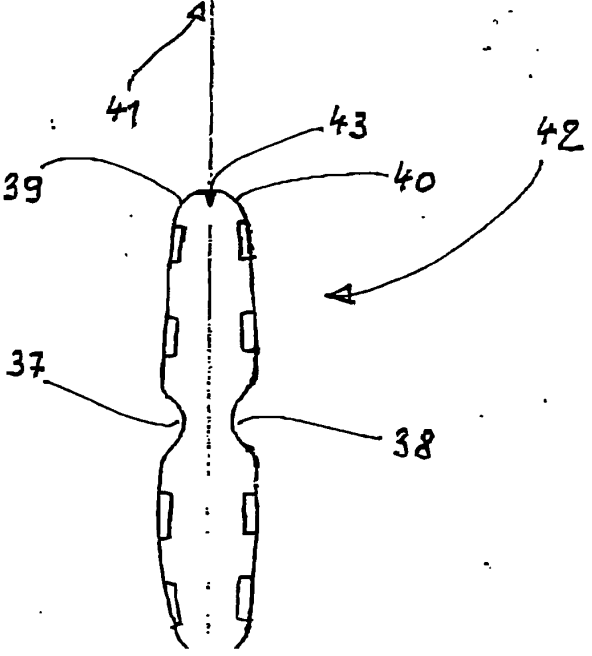


Fig. 7f

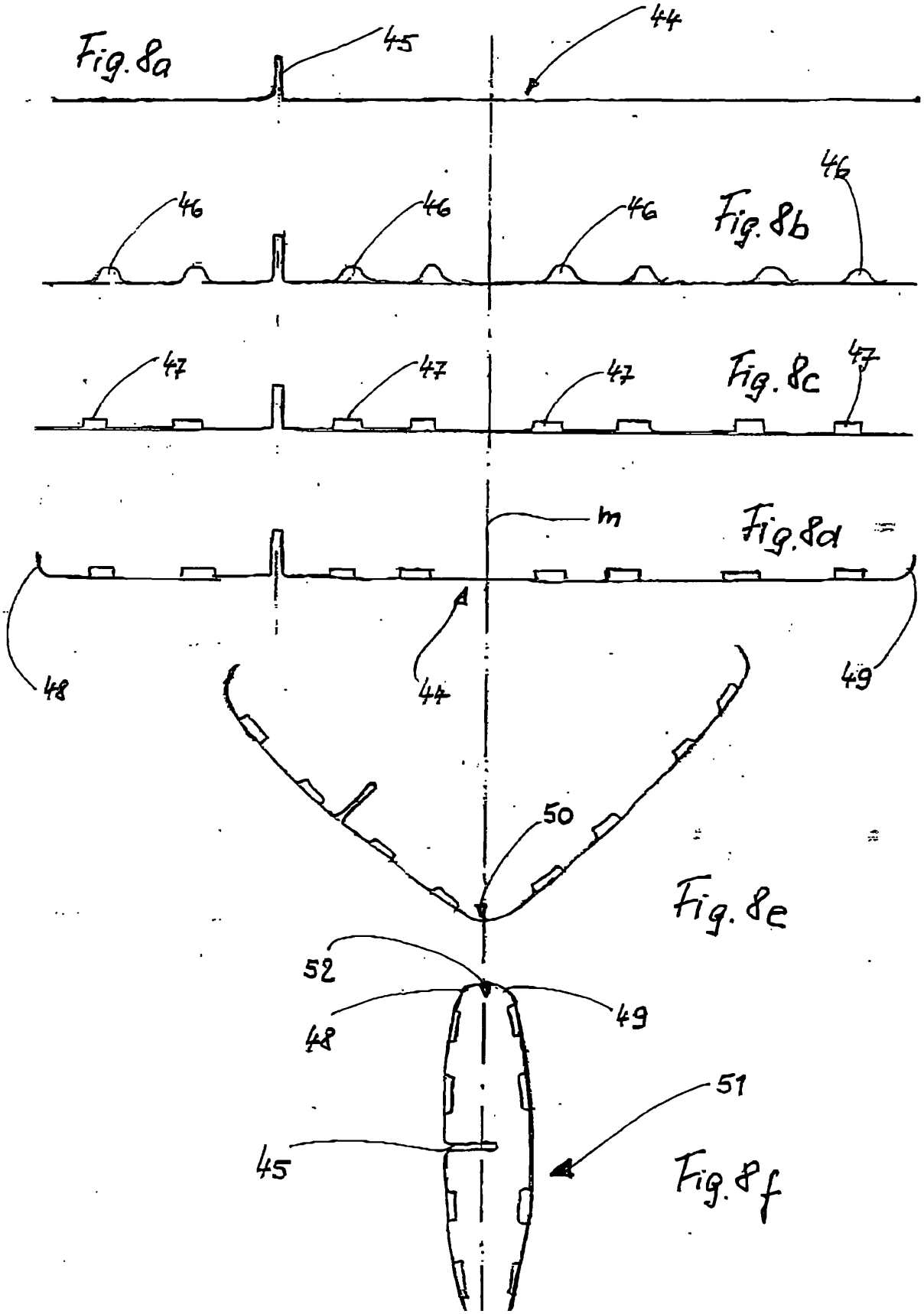


Fig. 8a
45
44
Fig. 8b
46
46
46
46
Fig. 8c
47
47
47
47
Fig. 8d
m
48
44
49
Fig. 8e
50
Fig. 8f
52
48
49
51
45

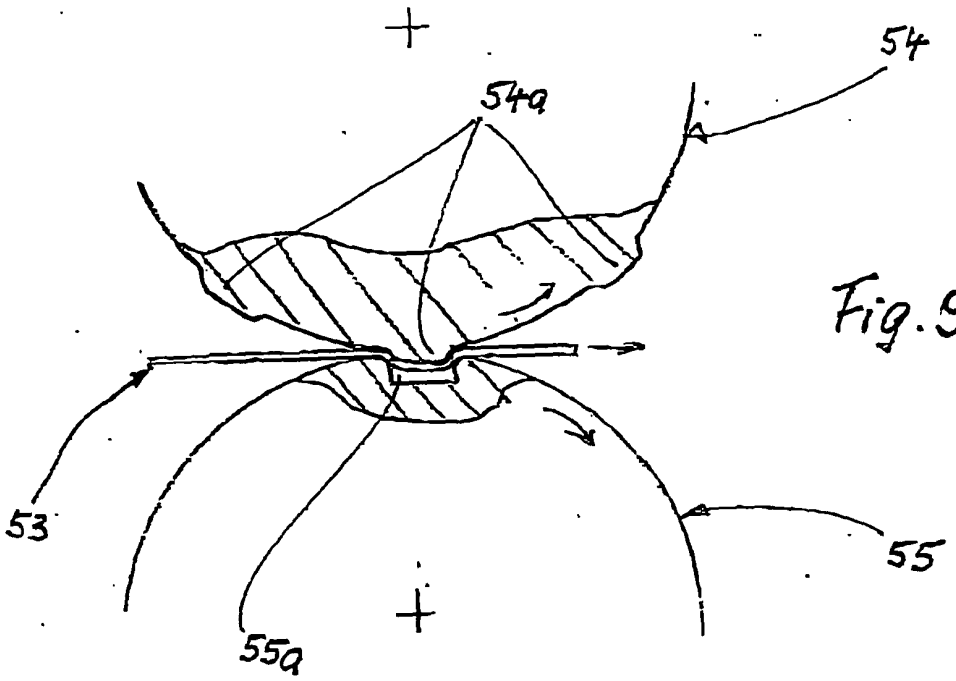
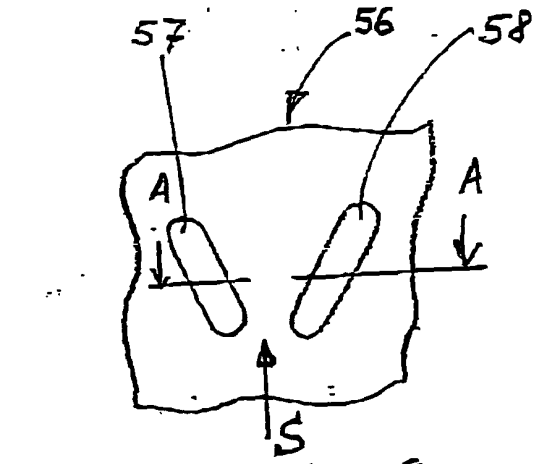


Fig. 9



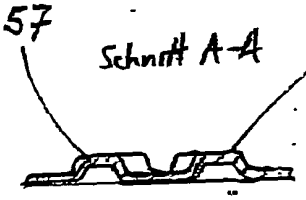
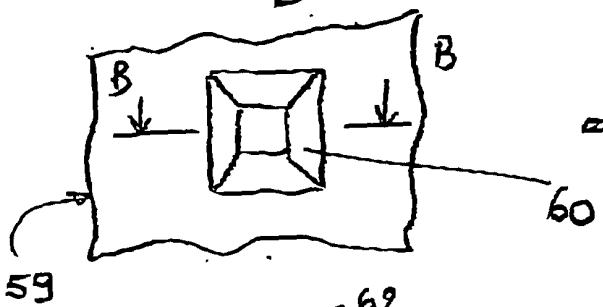


Fig. 10



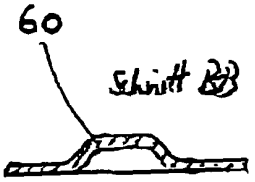
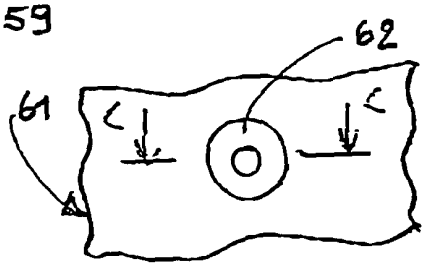


Fig. 11



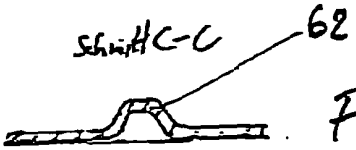


Fig. 12