

(19)



(11)

EP 2 267 393 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.12.2010 Patentblatt 2010/52

(51) Int Cl.:
F28F 13/12 ^(2006.01) **F28F 1/40** ^(2006.01)
F28F 3/04 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10181882.1**

(22) Anmeldetag: **20.09.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **28.10.2003 DE 10350418**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
04786965.6 / 1 682 842

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

(72) Erfinder:
• **Geskes, Peter
73760, Ostfildern (DE)**
• **Schmidt, Michael
74321, Bietigheim-Bissingen (DE)**

• **Schindler, Martin
81675, München (DE)**
• **Lutz, Rainer
71711, Steinheim (DE)**
• **Maucher, Ulrich
70825, Korntal-Münchingen (DE)**

(74) Vertreter: **Grael, Andreas
Behr GmbH & Co. KG
Intellectual Property, G-IP
Mausersstrasse 3
70469 Stuttgart (DE)**

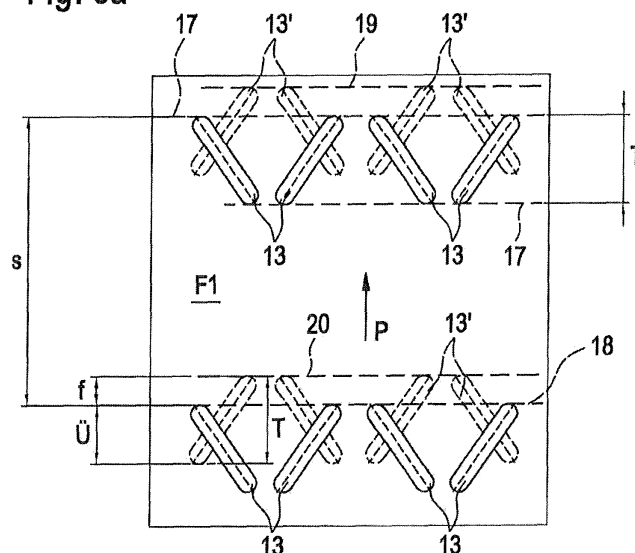
Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 29-09-2010 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **STRÖMUNGSKANAL FÜR EINEN WÄRMEÜBERTRAGER UND WÄRMEÜBERTRAGER MIT
DERARTIGEN STRÖMUNGSKANÄLEN**

(57) Die Erfindung betrifft einen Strömungskanal eines Wärmeübertragers mit zwei parallel und im Abstand einer Kanalhöhe H angeordneten Wärmeübertragerflächen (F1, F2), welche jeweils eine aus einer Vielzahl von nebeneinander in Reihen quer zur Strömungsrichtung P

angeordneten, in den Strömungskanal hineinragenden Strukturelementen gebildete Struktur aufweisen, wobei die Strukturelemente jeweils eine Breite B, eine Länge L, eine Höhe h, einen Abströmwinkel α sowie eine Überlappung 0 und eine Längsachse aufweisen.

Fig. 6a

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen von einem Medium in einer Strömungsrichtung durchströmbaren Strömungskanal eines Wärmeübertragers nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen

Wärmeübertrager mit Strömungskanälen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 40.

[0002] Strömungskanäle für Wärmeübertrager werden von einem ersten Medium, z. B. einem Abgas oder einem flüssigen Kühlmittel durchströmt und grenzen dieses erste Medium gegenüber einem zweiten Medium, auf welches die Wärme des ersten Mediums übertragen werden soll, ab. Derartige Strömungskanäle können Rohre mit rundem Querschnitt, Rechteckrohre, Flachrohre oder auch Scheibenpaare sein, bei welchen zwei Platten oder Scheiben randseitig verbunden sind. Meistens sind die Medien, die miteinander in Wärmeaustausch stehen, verschieden, z. B. strömt in den Rohren ein heißes, mit Rußpartikeln beladenes Abgas, und auf der Außenseite werden die Abgasrohre von einem flüssigen Kühlmittel umströmt, was unterschiedliche Wärmeübertragungsverhältnisse auf der Innen- und der Außenseite der Rohre zur Folge hat. Man hat daher, insbesondere für Abgasrohre vorgeschlagen, auf deren Innenseite V-förmig und diffusorartig angeordnete Turbulenzerzeuger anzuordnen, die für eine Verwirbelung der Strömung und eine Verbesserung des Wärmeüberganges auf der Abgasseite sorgen sowie gleichzeitig eine Rußablagerung verhindern. Derartige Lösungen für Abgaswärmeübertrager gehen aus folgenden Druckschriften der Anmelderin hervor: EP-A 677 715, DE-A 195 40 683, DE-A 196 54 367 und DE-A 196 54 368. Diese bekannten Abgaswärmeübertrager weisen Rechteckrohre aus Edelstahl auf, die aus zwei miteinander verschweißten Halbschalen zusammengesetzt sind, in welche die Turbulenzerzeuger, so genannte winglets eingeformt bzw. eingeprägt und hintereinander angeordnet sind. Die winglet-Paare der beiden Halbschalen sind entweder in Längsrichtung der Rohre, d. h. in Strömungsrichtung gegeneinander versetzt (DE 196 54 367, DE 196 54 368) oder einander gegenüber liegend (DE 195 40 683) angeordnet.

[0003] In der DE-A 101 27 084 der Anmelderin wurde ein Wärmeübertrager, insbesondere ein Kühlmittel/Luftkühler mit Flachrohren und Wellrippen vorgeschlagen, bei welchen die flachen Seiten der Flachrohre eine aus Strukturelementen bestehende Struktur aufweisen. Die Strukturelemente sind länglich ausgebildet, V-förmig in Reihen quer zur Kühlmittelströmungsrichtung bzw. quer zur Längsachse der Rohre angeordnet und fungieren als Wirbelerzeuger, um den Wärmeübergang auf der Kühlmittelseite zu erhöhen. Die Wirbelerzeuger sind in beide sich gegenüber liegenden Rohrwände eingeprägt und ragen nach innen in die Kühlmittelströmung. Die Reihen von Wirbelerzeugern auf einer Flachrohrseite sind in Strömungsrichtung versetzt gegenüber den Reihen auf der anderen Flachrohrseite. Damit ist es auch möglich, die nach innen ragende Höhe der Wirbelerzeuger größer als die halbe lichte Weite des Flachrohrquerschnittes zu bemessen.

[0004] Durch die EP-A 1 061 319 wurde ein Flachrohr für einen Kraftfahrzeugkühler bekannt, welches auf seinen flachen Seiten eine Struktur aufweist, die aus einzelnen länglichen, in Reihen angeordneten Strukturelementen besteht. Dabei sind in Strömungsrichtung Reihen mit unterschiedlich ausgerichteten Strukturelementen angeordnet, sodass die Strömung im Inneren des Flachrohres etwa zick-zack-förmig umgelenkt wird. Insbesondere sind jedoch die Reihen mit Strukturelementen auf einer Flachrohrseite in Strömungsrichtung versetzt gegenüber den Reihen der gegenüberliegenden Flachrohrseite angeordnet. Einer Reihe von Strukturelementen liegt also jeweils ein glatter Bereich der Flachrohrinnenwand gegenüber. Die Strömung innerhalb des Kühlmittelrohres wird somit abwechselnd von den Strukturelementen der einen und der anderen Flachrohrseite, nicht jedoch gleichzeitig beeinflusst. Damit soll unter anderem eine Verstopfung der Rohre vermieden werden. Hinsichtlich der Wärmeübertragungsfähigkeit ergeben sich hier noch Potenziale.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Strömungskanal sowie einen Wärmeübertrager der eingangs genannten Art hinsichtlich seiner Wärmeübertragungsfähigkeit zu verbessern, insbesondere Turbulenz- und Wirbelbildung zu erhöhen, wobei der Druckverlust in einem noch vertretbaren Maß ansteigen soll.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass sich die insbesondere in Reihen angeordneten Strukturelemente auf der einen und der anderen Seite des Strömungskanals im wesentlichen gegenüber liegen, also in Strömungsrichtung gesehen, jeweils etwa auf gleicher Höhe angeordnet sind. Die sich gegenüberliegenden Strukturelemente beziehungsweise Reihen können auch in Strömungsrichtung gegeneinander versetzt sein, allerdings nur soweit, dass noch eine Überlappung besteht. Damit greifen gleichzeitig von der einen und der anderen Wärmeübertragerfläche abragende, in den Strömungskanal hineinragende Strukturelemente in die Strömung ein und bewirken eine Verwirbelung der Strömung, die eine Verbesserung der Wärmeübertragung auf der Innenseite des Strömungskanals zur Folge hat. Darüber hinaus wird beispielsweise im Falle einer Abgasströmung - unter Umständen eine Rußablagerung verhindert. Der Druckverlust hält sich dabei in vertretbaren Grenzen. Die Strömung innerhalb des Strömungskanals wird somit von beiden Seiten gleichzeitig gestört, d. h. beide Grenzschichten werden gleichzeitig abgelöst, was zu einer besonders starken Verwirbelung führt. Die sich gegenüberliegenden Strukturelemente beziehungsweise Reihen aus Strukturelementen können sich ebenfalls auf der Außenseite des Strömungskanals - im Falle eines Abgaskühlers auf der Kühlmittelseite - befinden. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0007] Eine Reihe mit Strukturelementen wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung von einem oder mehreren

Strukturelementen gebildet, die in Strömungsrichtung P im wesentlichen nebeneinander angeordnet sind. Insbesondere kann eine Reihe also auch durch ein einzelnes Strukturelement gebildet sein, neben dem beispielsweise keine weiteren Strukturelemente angeordnet sind.

[0008] Vorteilhaft Ausgestaltungen der Erfindung sehen verschiedene Ausführungsformen der Strukturelemente vor, wobei diese geradlinig oder gekrümmt ausgebildet sein können, d. h. mit einem konstanten oder variablen Abströmwinkel zur Strömungsrichtung. Durch die Änderung des Abströmwinkels von einem relativ großen Anströmwinkel bis zum Abströmwinkel ergibt sich eine "sanfte" Umlenkung der Strömung und damit ein etwas reduzierter Druckverlust. Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können die Strukturelemente innerhalb einer Reihe versetzt angeordnet sein, d. h. die Strukturelemente sind zwar in einer quer zur Strömungsrichtung verlaufenden Reihe angeordnet, jedoch in Strömungsrichtung gestaffelt angeordnet. Auch dadurch ergibt sich der Vorteil eines geringeren Druckverlustes. Darüber hinaus können sich gegenüberliegende Reihen, also der einen oder anderen Flachrohrseite, in Strömungsrichtung gegeneinander versetzt angeordnet sein, wobei jedoch immer eine Überlappung zwischen beiden Reihen erhalten bleibt. Auch durch diese Versetzung in Strömungsrichtung ergibt sich ein geringerer Druckverlust. Berühren sich die gegenüberliegenden Strukturen und werden diese durch Schweißen oder Löten verbunden, so kann die Festigkeit gesteigert werden. Nach einer weiteren Variante sind die Strukturelemente nicht in gleichmäßigen Abständen in einer Reihe angeordnet, vielmehr weisen diese Reihen Lücken auf, denen jeweils auf der gegenüberliegenden Seite Strukturelemente gegenüber liegen und diese Lücken somit - in der Draufsicht - "ausfüllen". Auch dadurch wird der Vorteil eines geringeren Druckverlustes erreicht.

[0009] Zwischen oder neben den Strukturelementen beziehungsweise zwischen oder innerhalb der "Strukturereihen" (Reihen mit Strukturelementen) können (in Strömungsrichtung P gesehen) auch Noppen und/oder Stege nach außen oder innen ausgeprägt werden, um eine "Abstützung" und damit eine Festigkeitssteigerung zu erreichen. Die Wirbel erzeugenden Strukturen können diese Funktion ebenfalls ganz oder teilweise übernehmen.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform sind die sich im wesentlichen gegenüberliegenden Wärmeübertragungsflächen und insbesondere die darauf angeordneten Strukturelemente gekrümmt. Insbesondere bei Rohren mit kreisrundem oder ovalem Querschnitt werden die erfindungsgemäßen Vorteile erreicht.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform sind die sich im wesentlichen gegenüberliegenden Wärmeübertragungsflächen wärmetechnische Primärflächen. Gemäß einer Variante sind die Wärmeübertragungsflächen dagegen wärmetechnische Sekundärflächen, die insbesondere durch vorzugsweise mit dem Strömungskanal verlötete, verschweißte oder verklemmte Rippen, Stege oder dergleichen gebildet sind.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform liegt die Höhe h der Strukturelemente im Bereich von 2 mm bis 10 mm, insbesondere im Bereich von 3 mm bis 4 mm, vorzugsweise um 3,7 mm.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Strömungskanal rechteckig und weist eine Breite b auf, die insbesondere im Bereich von 5 mm bis 120 mm, vorzugsweise im Bereich von 10 mm bis 50 mm liegt.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform liegt ein hydraulischer Durchmesser des Strömungskanals im Bereich von 3 mm bis 26 mm, insbesondere im Bereich von 3 mm bis 10 mm.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfaßt zumindest eine, insbesondere jede Strukturelementreihe jeweils mehrere Strukturelemente.

[0016] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch die Merkmale des Patentanspruches 40. Dabei sind erfindungsgemäß die vorgenannten Strömungskanäle als Flach-, Rund-, Oval- oder Rechteckrohre eines Wärmeübertragers, vorteilhafterweise eines Abgaswärmeübertragers vorgesehen. Die erfindungsgemäße Anordnung der Strukturelemente, d. h. vorteilhafterweise ihre Einprägung in die Rohrrinnenwände bringt eine Leistungssteigerung des Wärmeübertragers mit sich. Besonders vorteilhaft sind die in Reihen angeordneten Strukturelemente für Abgaswärmeübertrager, weil hierbei auch eine Rußablagerung im Inneren der Flachrohre vermieden wird. Die Abgasrohre werden auf ihrer Außenseite von einem Kühlmittel umströmt, welches dem Kühlmittelkreislauf der die Abgase ausstoßende Brennkraftmaschine entnommen wird. Es ist ebenfalls möglich, dass die Strukturen auch in Platten oder Scheiben eingeprägt werden, um aus ihnen Wärmetauscher herzustellen.

[0017] Vorteilhaft ist, dass der Anströmwinkel β jeweils größer als der Abströmwinkel α ist.

[0018] Vorteilhaft ist, dass der Radius R im Bereich von 1 bis 10 mm liegt, vorzugsweise im Bereich von 1 bis 5 mm.

[0019] Vorteilhaft ist, dass die Radien R1 und R2 gleich dem Radius R sind.

[0020] Vorteilhaft ist, dass eine Reihe jeweils gleiche Strukturelemente aufweist.

[0021] Vorteilhaft ist, dass eine Reihe jeweils unterschiedliche Strukturelemente aufweist.

[0022] Vorteilhaft ist, dass einzelne Strukturelemente zueinander gespiegelt und paarweise in einem Abstand a nebeneinander angeordnet sind.

[0023] Vorteilhaft ist, dass einzelne oder alle Strukturelemente parallel zueinander verschoben und paarweise quer zur Strömungsrichtung in einem Abstand a angeordnet sind.

[0024] Vorteilhaft ist, dass ein Abstand a zwischen zwei Strukturelementen innerhalb mindestens einer Reihe unterschiedlich sein kann.

[0025] Vorteilhaft ist, dass der Abstand a im Bereich von 0 bis 8 mm liegt.

[0026] Vorteilhaft ist, dass einzelne Strukturelemente einer Reihe in Strömungsrichtung P um einen Betrag f gegeneinander versetzt sind, wobei der Betrag f kleiner als die Tiefe T der Strukturelemente und T die Projektion der Länge L quer zur Strömungsrichtung P ist.

[0027] Vorteilhaft ist, dass einzelne Strukturelemente einer Reihe nicht parallel angeordnet und einen abweichenden Abströmwinkel α aufweisen.

[0028] Vorteilhaft ist, dass einzelne Strukturelemente einer Reihe unterschiedliche Längen L1, L2 aufweisen.

[0029] Vorteilhaft ist, dass sich gegenüberliegende Reihen in Strömungsrichtung P einen Versatz f aufweisen, wobei f kleiner als die Tiefe T einer Reihe ist.

[0030] Vorteilhaft ist, dass einzelne oder alle Strukturelemente von sich gegenüber liegenden Reihen entgegengesetzt ausgerichtet, insbesondere einen entgegengesetzten Abströmwinkel α aufweisen.

[0031] Vorteilhaft ist, dass die sich gegenüber liegenden Reihen zwischen den Strukturelementen Lücken aufweisen, denen jeweils Strukturelemente der anderen Reihe gegenüberliegen.

[0032] Vorteilhaft ist, dass sich die Strukturelemente gegenüberliegender Reihen berühren, insbesondere durch Schweißung oder Verlötung verbunden sind.

[0033] Vorteilhaft ist, dass sich gegenüberliegende Reihen von Strukturelementen eine gleiche Tiefe T in Strömungsrichtung P aufweisen.

[0034] Vorteilhaft ist, dass sich gegenüberliegende Reihen von Strukturelementen unterschiedliche Tiefen T1, T2 in Strömungsrichtung P aufweisen.

[0035] Vorteilhaft ist, dass die sich im wesentlichen gegenüberliegenden Wärmeübertragungsflächen und insbesondere die darauf angeordneten Strukturelemente gekrümmt sind.

[0036] Vorteilhaft ist, dass die sich im wesentlichen gegenüberliegenden Wärmeübertragungsflächen wärmetechnische Primärflächen oder Sekundärflächen sind, wobei die Sekundärflächen insbesondere durch vorzugsweise mit dem Strömungskanal verlötete, verschweißte oder verklemmte Rippen, Stege oder dergleichen gebildet sind.

[0037] Vorteilhaft ist, dass die Höhe h im Bereich von 2 mm bis 10 mm, insbesondere im Bereich von 3 mm bis 4 mm, vorzugsweise um 3,7 mm liegt.

[0038] Vorteilhaft ist, dass der Strömungskanal rechteckig ist und eine Breite b aufweist, die insbesondere im Bereich von 5 mm bis 120 mm, vorzugsweise im Bereich von 10 mm bis 50 mm liegt.

[0039] Vorteilhaft ist, dass ein hydraulischer Durchmesser des Strömungskanals im Bereich von 3 mm bis 26 mm, insbesondere im Bereich von 3 mm bis 10 mm liegt.

[0040] Vorteilhaft ist, dass zumindest eine, insbesondere jede Strukturelementreihe jeweils mehrere Strukturelemente umfaßt.

[0041] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch einen Wärmeübertrager, insbesondere Abgaskühler, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit Strömungskanälen für ein Fluid, wobei mindestens ein Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

[0042] Vorteilhaft ist, dass die Strömungskanäle als gelötete oder geschweißte Flach- oder Rechteckrohre und die Wärmeübertragerflächen als flache Rohrwände ausgebildet sind.

[0043] Vorteilhaft ist, dass die Strömungskanäle durch Aufeinanderstapeln von Platten oder Scheiben, die Strukturelemente aufweisen, gebildet werden. Vorteilhaft ist, dass die Strukturelemente in die Rohrwände eingeformt, insbesondere eingepreßt sind.

[0044] Vorteilhaft ist, dass die Rohre von Abgas durchströmbar und von einem flüssigen Kühlmittel umströmbar sind.

[0045] Vorteilhaft ist, dass die Reihen von Strukturelementen in Strömungsrichtung einen Abstand s aufweisen, der das 2-fache bis 6-fache der Länge L eines Strukturelementes beträgt.

[0046] Vorteilhaft ist, dass sich zwischen den Reihen mit Strukturelementen weitere Reihen mit Strukturelementen befinden, die nach außen in das Fluid zwei ragen.

[0047] Vorteilhaft ist, dass die nach außen ausgeprägten Strukturelemente Abstütznoppen, -stege oder -elemente sind und sich berühren oder miteinander verlötet oder verschweißt sind.

[0048] Vorteilhaft ist, dass die nach außen ausgeprägten Strukturelemente zur Verbesserung des Wärmeüberganges beitragen.

[0049] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 einen Strömungskanal gemäß Stand der Technik,

Fig. 2a, b, c einen Querschnitt von Strömungskanälen,

Fig. 3 ein Flachrohr mit erfindungsgemäßer Struktur,

Fig. 4 eine Halbschale des Flachrohres gemäß Fig. 3,

Fig. 5a, b, c, d verschiedene Strukturelemente,

Fig. 6a, b, c, d, e, f, g, h erfindungsgemäße Strukturen auf Strömungskanälen,

Fig. 7a, b weitere erfindungsgemäße Strukturen,

Fig. 8 eine weitere erfindungsgemäße Struktur,
 Fig. 9a, b, c, d gespiegelte Strukturelemente,
 Fig. 10a, b, c, d parallel verschobene Strukturelemente,
 Fig. 11a, b, c, d Reihen von Strukturelementen mit Abwandlungen und
 5 Fig. 12a, b weitere Strukturelemente.

Fig. 1 zeigt in vereinfachter Darstellung einen Strömungskanal 1, welcher als Rechteckrohr ausgebildet ist, einen rechteckförmigen Eintrittsquerschnitt 2, zwei sich gegenüberliegende flache Seiten F1, F2 sowie zwei sich gegenüberliegende Schmalseiten S1, S2 aufweist. Der Kanal 1 wird von einem Strömungsmedium, z. B. einem Abgas in Richtung des Pfeils P durchströmt. Auf der unteren Flachseite F2 sind V-förmig ausgerichtete Wirbelerzeuger 3a, 3b, 4a, 4b angeordnet, welche durch Erzeugung von Wirbeln eine erhöhte Turbulenz der Strömung bewirken und gleichzeitig - bei einer Abgasströmung - eine Rußablagerung verhindern. Diese Darstellung entspricht dem eingangs genannten Stand der Technik. Danach werden die jeweils paarweise angeordneten V-förmig ausgestellten, sich in Strömungsrichtung diffusorartig erweiternden Wirbelerzeuger 3a, 3b bzw. 4a, 4b auch als so genannte winglets bezeichnet.

Fig. 2a zeigt den Querschnitt eines als Flachrohr ausgebildeten Strömungskanals 1, bei welchem sowohl an der oberen Flachseite F1 als auch an der unteren Flachseite F2 Winglet-Paare 5a, 5b sowie 6a, 6b angeordnet sind. Der Kanalquerschnitt weist eine Kanalhöhe H und eine Kanalbreite b auf. Die Winglets 5a, 5b, 6a, 6b weisen eine in den Kanalquerschnitt ragende Höhe h auf. Auch diese Anordnung von Winglets entspricht dem eingangs genannten Stand der Technik. Die Bezeichnungen F1, F2 gelten auch für die nachfolgenden erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele.

Fig. 2b zeigt den Querschnitt eines als Rundrohr ausgebildeten Strömungskanals 1', bei welchem sowohl an der oberen Flachseite F1 als auch an der unteren Flachseite F2 Strukturelemente 13' beziehungsweise 13 angeordnet sind. Der Kanalquerschnitt weist eine Kanalhöhe H auf.

Fig. 2c zeigt den Querschnitt eines als Flachrohr ausgebildeten Strömungskanals 1, bei welchem die Wärmeübertragungsflächen F1, F2 wärmetechnisch Sekundärflächen darstellen, da sie nicht unmittelbar Wärme von dem einen auf das andere Medium übertragen. Die Wärmeübertragungsflächen weisen Strukturelemente 13, 13' auf.

Fig. 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Strömungskanal, der als Flachrohr 7 ausgebildet ist, welches in einer Draufsicht teilweise dargestellt ist. Das Flachrohr 7 weist eine Längsachse 7a, eine Breite b auf sowie zwei Reihen 8, 9 von V-förmig angeordneten Strukturelementen bzw. winglets 10, 11, welche jeweils sowohl in die Oberseite F1 als auch in die Unterseite F2 des Flachrohres 7 eingepreßt sind, und zwar mit dem selben Muster, sodass sich die jeweils oben liegende winglet-Reihe mit der darunter liegenden Reihe deckt. In einer Reihe sind jeweils acht winglets, gleichmäßig verteilt über die gesamte Breite b, angeordnet - es können jedoch auch sechs oder sieben winglets bei derselben Breite sein. Bei schmalen Rohren, Scheiben oder Platten kann die Zahl der winglets auch unterhalb von sechs liegen, bei breiteren Rohren oder Scheiben/Platten auch oberhalb von acht. Die beiden Reihen 8, 9 weisen zueinander einen Abstand s auf, welcher von Mitte zu Mitte gemessen ist und etwa das 2-fache bis 6-fache der Länge der winglets beträgt. Zwischen den einzelnen Reihen befindet sich also jeweils ein glatter Bereich, in den zum Beispiel Abstützstrukturen eingepreßt sind. Die Reihen von winglets erstrecken sich über die gesamte Länge des Flachrohres 7, jeweils mit dem Abstand s, und zwar auf beiden Seiten des Flachrohres 7.

Fig. 4 zeigt eine untere Halbschale 7b des Flachrohres 7 in einer Ansicht in Richtung der Längsachse 7a des Flachrohres 7. Die Halbschale 7b, weist einen Boden F2 sowie zwei seitliche Schenkel 7c, 7d auf, wobei auf dem Boden bzw. der Unterseite F2 winglets 11' angeordnet, d. h. in die Rohrwand eingepreßt sind. Die obere Halbschale ist nicht dargestellt; sie ist spiegelbildlich ausgebildet und wird mit der unteren Halbschale 7b an den seitlichen Schenkeln 7c, 7d längsverschweißt. Die winglets 11' weisen eine Höhe h auf, mit welcher sie in den lichten Querschnittsbereich des Flachrohres 7 hineinragen. Das Rohr kann auch aus einem Blech hergestellt werden, das umgeformt und einseitig verschweißt wird.

[0050] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel beträgt die Breite b des Flachrohres 40 mm oder 20 mm, die Gesamthöhe des Flachrohres etwa 4,5 mm und die Höhe h der winglets etwa 1,3 mm. Bei einer lichten Kanalhöhe von 4,0 mm verbleibt in Folge der von beiden Seiten in den Kanalquerschnitt hineinragenden winglets mit je 1,3 mm Höhe eine lichte Querschnittshöhe von 1,4 mm für eine Kernströmung. Der Abstand s der Reihen beträgt ca. 20 mm.

[0051] Das Flachrohr 7 wird vorzugsweise für an sich bekannte Abgaswärmeübertrager (nicht dargestellt) verwendet, d. h. es wird auf seiner Innenseite von Abgas einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges durchströmt und auf

seiner Außenseite durch Kühlmittel eines Kühlmittelkreislaufes der Brennkraftmaschine gekühlt. Dabei kann die Außenseite der Flachrohre 7 - wie durch den Stand der Technik bekannt - glatt sein und beispielsweise durch eingeprägte Noppen auf Abstand mit benachbarten Rohren gehalten werden. Möglich ist jedoch auch, auf der Außenseite der Flachrohre 7 Rippen zur Verbesserung des Wärmeüberganges auf der Kühlmittelseite vorzusehen.

[0052] Die Figuren 5a, 5b, 5c und 5d zeigen einzelne Strukturelemente, die für eine erfindungsgemäße Struktur auf den Strömungskanälen vorgesehen sind.

[0053] Fig. 5a zeigt ein längliches Strukturelement 13 mit einer Längsachse 13a, die mit einer Bezugslinie q einen Winkel α , den Abströmwinkel bildet. Die Strömungsrichtung für alle Darstellungen 5a bis 5d ist jeweils dieselbe und durch einen Pfeil P dargestellt. Die Bezugslinie q verläuft senkrecht zur Strömungsrichtung P. Das Strukturelement 13 weist eine Länge L und eine Breite B auf. Letztere kann konstant oder variabel ein, d. h. in Richtung P zunehmend.

[0054] Fig. 5b zeigt ein längliches, jedoch abgewinkeltes Strukturelement 14 mit zwei gegeneinander geneigten Längsachsen 14a, 14b, die mit der Bezugslinie q jeweils einen Winkel α und β einschließen, β wird hier als Anströmwinkel und α als Abströmwinkel bezeichnet. Die Strömung entsprechend dem Pfeil P wird somit in zwei Stufen umgelenkt, d. h. zunächst nur geringfügig und dann stärker. Dies ergibt einen geringeren Druckabfall - im Vergleich zu einem Strukturelement gemäß Fig. 5a bei gleichem Abströmwinkel α . Die Länge des Strukturelementes 14 entlang den Längsachsen 14a, 14b ist mit L bezeichnet.

[0055] Fig. 5c zeigt ein bogenförmiges Strukturelement 15 mit einer gekrümmten Längsachse 15a, die einem Kreisbogen mit dem Radius R entspricht. Der stromaufwärts gelegene Winkel wird als Anströmwinkel β und der stromabwärts gelegene Winkel wird als Abströmwinkel α bezeichnet. Auch hier erfolgt zunächst eine sanfte Umlenkung der Strömung um den Winkel ($90^\circ - \beta$) und danach eine stärkere Umlenkung um den Winkel ($90^\circ - \alpha$). Durch diese kontinuierlich zunehmende Umlenkung der Strömung wird ebenfalls ein geringerer Druckverlust erreicht - im Vergleich zu dem Strukturelement 13 gemäß Fig. 5a. Die Länge des Strukturelementes 15 entlang der Längsachse 15a ist mit L bezeichnet.

[0056] Fig. 5d zeigt eine weitere Ausführungsform eines Strukturelementes 16, welches etwa Z-förmig ausgebildet ist und auch eine Z-förmig verlaufende Längsachse 16a aufweist. Die Längsachse 16a verbindet zwei Kreisbogenstücke unterschiedlicher Krümmung, jedoch mit demselben Radius $R_1 = R_2$. Der Anströmwinkel ist hier mit β , der Abströmwinkel mit α bezeichnet, er entspricht einer Strömungsumlenkung von ($90^\circ - \alpha$), welche im mittleren Bereich des Strukturelementes 16 erfolgt. Die An- und Abströmung dieses Strukturelementes erfolgt praktisch in Strömungsrichtung P. Damit ist eine besonders druckverlustarme Umlenkung der Strömung gegeben. Die Länge des Strukturelementes entlang der Längsachse 16a ist mit L bezeichnet.

[0057] Die Fig. 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g, 6h zeigen Anordnungsmuster der Strukturelemente 13 gemäß Fig. 5a, und zwar in Reihen auf einem Ausschnitt eines Strömungskanals. Bei nicht dargestellten Ausführungsbeispielen liegen sich nur einzelne Strukturelemente einander gegenüber.

[0058] Fig. 6a zeigt die länglichen Strukturelemente 13 jeweils in zwei Reihen 17, 18 angeordnet, welche in Strömungsrichtung P einen Abstand s aufweisen. Die durchgezogen dargestellten Strukturelemente 13 sind in die obere Seite F1 des Strömungskanals eingeprägt. In die untere Wärmeübertragerfläche bzw. Seite F2 des Strömungskanals sind gebrochen dargestellte Strukturelemente 13', ebenfalls in Reihen 19, 20 angeordnet. Die Reihen sind durch gestrichelte Begrenzungslinien dargestellt. Die Strukturelemente 13' auf der unteren Fläche F2 sind gegenüber den Strukturelementen 13 auf der oberen Fläche F1 entgegengesetzt ausgerichtet, d. h. sie weisen einen entgegengesetzten Abströmwinkel α (vgl. Fig. 5a) auf. Darüber hinaus sind die Reihen 19, 20 gegenüber den Reihen 17, 18 in Strömungsrichtung P versetzt, und zwar um den Betrag f. Die Strukturelemente 13 bzw. 13' und die zugehörigen Reihen 17, 18, 19, 20 weisen jeweils eine Tiefe T auf, d. h. eine Erstreckung in Strömungsrichtung P. Der Versatz f ist kleiner als die Tiefe T, sodass zwischen den Reihen 18, 20 bzw. 17, 19 eine Überlappung $\ddot{U}$ verbleibt, die sich aus der Differenz von T und f ergibt. Eine Überlappung $\ddot{U}$ von 100 % bedeutet bei Reihen mit gleicher Tiefe T, dass der Versatz gleich Null ist ($f = 0$). Bei Reihen mit unterschiedlicher Tiefe T1 beziehungsweise T2, also beispielsweise $T_1 < T_2$, bedeutet eine Überlappung von 100%, daß die Überlappung $\ddot{U}$ gleich der kleineren Tiefe T1 ist ($\ddot{U} = T_1$). Durch einen Versatz der sich jeweils gegenüberliegenden Reihen 17, 19 bzw. 18, 20 ergibt sich vorteilhaft ein geringerer Druckverlust als bei Reihen ohne Versatz.

[0059] Fig. 6b zeigt ein anderes Muster von in Reihen angeordneten Strukturelementen 13 in einer Reihe 21 und einer Reihe 22 mit unterschiedlichen Abströmwinkel α (nicht dargestellt). Die Strukturelemente 13 in ausgezogenen Linien sind in die obere Seite F1 des Strömungskanals eingeprägt. Auf der unteren Fläche F2 des Strömungskanals sind, in Strömungsrichtung P, auf gleicher Höhe gestrichelt dargestellte Strukturelemente 13' mit entgegengesetzter Ausrichtung angeordnet, sodass ein oberes Strukturelement 13 und ein gegenüberliegendes unteres Strukturelement 13' in der Draufsicht jeweils als Kreuz erscheinen. Die obere Reihe mit Strukturelementen 13 ist somit nicht gegenüber der unteren Reihe mit Strukturelementen 13' versetzt; die Überlappung $\ddot{U}$ beträgt 100 %.

[0060] Fig. 6c bis Fig. 6h zeigen weitere Anordnungsmuster der Strukturelemente 13, 13' auf der oberen (durchgezogen dargestellt) und der unteren (gebrochen dargestellt) Seite F1, F2 des Strömungskanals.

[0061] Fig. 6h zeigt darüber hinaus auf der Außenseite der Strömungskanäle Abstützelemente 13'', die bei diesem Ausführungsbeispiel benachbart zu den Strukturelementen 13, 13' und insbesondere innerhalb der durch die Struktur-

elemente 13, 13' gebildeten Reihen angeordnet sind. Bevorzugt sind die Abstützelemente in die Wand des Strömungskanals eingeprägt. Für eine gewünschte Abstützung des jeweiligen Strömungskanals weisen die Abstützelemente 13" vorteilhafterweise eine Höhe auf, die dem gewünschten

[0062] Abstand zwischen zwei Strömungskanälen beziehungsweise zwischen dem jeweiligen Strömungskanal und einer Gehäusewand eines Wärmeübertragers entspricht.

[0063] Die Figuren 7a und 7b zeigen weitere Varianten für die Anordnung der Strukturelemente 13 in Reihen.

[0064] Fig. 7a zeigt einen Ausschnitt eines Strömungskanals mit zwei Reihen 23, 24 von V-förmig angeordneten Strukturelementen 13 auf der Oberseite F1. Die Strukturelemente 13 sind nicht in gleich bleibenden Abständen nebeneinander angeordnet, vielmehr weisen sie Lücken 25, 26, 27 auf, welche jedoch auf der Unterseite F2 durch Strukturelemente 13' ausgefüllt sind, sodass sich in der Draufsicht eine durchgehende gleichmäßige Anordnung von Strukturelementen 13 und 13' ergibt. Diese Anordnung von "lückenhaften" Reihen 23, 24 und der entsprechenden Reihen auf der Unterseite ergibt einen geringeren Druckabfall für die Strömung in Richtung P, weil die Strukturelemente - in Breitenrichtung gesehen - nur abwechselnd von oben und unten in die Strömung eingreifen.

[0065] Fig. 7b zeigt eine ähnliche lückenhafte Anordnung von parallel ausgerichteten Strukturelementen 13 auf der Oberseite F1 in Reihen 28, 29. Die Lücken zwischen den Strukturelementen 13 sind wiederum durch Strukturelemente 13' auf der Unterseite F2 ausgefüllt, wobei sich die Strukturelemente 13 auf der Oberseite F1 und die Strukturelemente 13' auf der Unterseite F2 zu einer zick-zack-förmigen Anordnung in der Draufsicht ergänzen. Auch diese Anordnung ist relativ druckverlustarm.

[0066] Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform für die Anordnung von Strukturelementen 13 und 13' in zwei Reihen 30, 31 auf der Oberseite F1. Die Strukturelemente 13 der Reihe 30 und die Strukturelemente 13' der gegenüberliegenden Reihe (auf der Unterseite F2) sind parallel und in gleichem Abstand zueinander angeordnet. Gleiches gilt für die zweite Reihe 31 analog, wobei lediglich der Abströmwinkel entgegengesetzt ist, sodass sich, in Strömungsrichtung P gesehen, eine Umlenkung der Strömung ergibt.

[0067] In den Figuren 6a, 6b, 7a, 7b und 8 wurden jeweils Strukturen mit den Strukturelementen 13 gemäß Fig. 5a dargestellt. Die Strukturelemente 13 können ebenso durch Strukturelemente 14 (in Fig. 5b), 15 (Fig. 5c) oder 16 (Fig. 5d) ersetzt werden. Ebenso wäre es möglich, in einer Reihe unterschiedliche Strukturelemente, z. B. 13 und 14 zu verwenden.

[0068] Fig. 9a, 9b, 9c, 9d zeigen Varianten der Strukturelemente 13, 14, 15, 16 durch Spiegelung: Es ergeben sich damit so genannte winglet-Paare 32, 33, 34, 35, wobei jeweils zwischen zwei Strukturelementen ein Mindestabstand a vorgesehen ist. Die Strömungsrichtung erfolgt in der Regel in Richtung des Pfeils P, wobei die Anströmung der winglet-Paare herkömmlicherweise an der engsten Stelle a erfolgt. Damit ergeben sich für die verschiedenen winglet-Paare 32 bis 35 in dieser Reihenfolge abnehmende Druckverluste. Diese winglet-Paare können in Reihen nebeneinander angeordnet werden, z. B. wie in den Figuren 6 bis 8.

[0069] Fig. 10a, 10b, 10c, 10d zeigen weitere Variationen der Strukturelemente 13, 14, 15, 16 durch Parallelverschiebung. Damit ergeben sich Doppelemente 36, 37, 38, 39 mit jeweils gleichen Abständen a an der An- und Abströmseite, die z. B. in die Strukturen gemäß Fig. 6 bis 8 integriert werden können.

[0070] Wichtig dabei ist, dass die Strukturelemente einer Reihe oben und/oder unten nicht zwangsläufig gleiche geometrische Form bzw. Abmessungen aufweisen, wie es beispielhaft anhand von vier Strukturelementen in Fig. 11a gezeigt wird. Vielmehr können, wie in Fig. 11b gezeigt, die Strukturelemente mit einem Versatz f in Strömungsrichtung P angeordnet sein.

[0071] In Fig. 11c variieren die Abströmwinkel der Strukturelemente 13, und in Fig. 11d variieren die Längen L1, L2 der Strukturelemente 13. Eine Kombination (nicht dargestellt) der Varianten gemäß Fig. 11b, 11c, 11d ist ebenfalls möglich. Auch können diese Variationen in der oberen und/oder unteren Fläche F1 bzw. F2 auftreten.

[0072] Fig. 12a zeigt ein weiteres Strukturelement 43, welches als Winkel mit zwei geraden Schenkeln 43a, 43b ausgebildet ist, welche an ihrem Scheitelpunkt durch einen Bogen 43c verbunden sind. Insofern stellt dieses Strukturelement 43 eine Abwandlung des winglet-Paares 32 gemäß Fig. 9a dar. Die Anströmung erfolgt vorzugsweise in Richtung Scheitelpunkt 43c, entsprechend dem Pfeil P.

[0073] Fig. 12b zeigt eine weitere Abwandlung des Strukturelementenpaares 34 gemäß Fig. 9c, nämlich ein Strukturelement 44 mit zwei gebogenen Schenkeln 44a, 44b, die im Scheitelpunkt durch einen Bogen 44c verbunden sind. Das Strukturelement 44, welches ebenfalls in Richtung auf den Scheitelpunkt 44c entsprechend dem Pfeil P angeströmt wird, bewirkt zunächst eine geringe Strömungsumlenkung, die sich dann aufgrund der in die Strömung hineingekrümmten Schenkel 44a, 44b verstärkt.

[0074] Die Elemente gemäß Fig. 12a und Fig. 12b lassen sich in allen zuvor gezeigten Anordnungen, wo sich zwei in V-Form angeordnete Strukturen wieder finden, einsetzen.

[0075] Grundsätzlich können alle beschriebenen Strukturen beliebig miteinander kombiniert werden.

Patentansprüche

- 5 1. Von einem Medium in einer Strömungsrichtung P durchströmbarer Strömungskanal (1) eines Wärmeübertragers mit zwei sich im wesentlichen gegenüberliegenden, insbesondere parallel und/oder im Abstand einer Kanalhöhe H angeordneten Wärmeübertragerflächen (F1, F2), welche jeweils eine aus einer Vielzahl von nebeneinander in Reihen quer zur Strömungsrichtung P angeordneten, in den Strömungskanal hineinragenden Strukturelementen gebildete Struktur aufweisen, wobei die Strukturelemente jeweils eine Breite B, eine Länge L, eine Höhe h, einen Abströmwinkel α sowie eine Längsachse aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Reihen (17, 18, 19, 20) mit Strukturelementen (13, 13') auf sich im wesentlichen gegenüberliegenden Wärmeübertragerflächen (F1, F2) eine Überlappung (Ü) miteinander aufweisen.
- 10 2. Strömungskanal nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überlappung Ü 100 % beträgt.
- 15 3. Strömungskanal nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (13) länglich, insbesondere rechteckförmig ausgebildet ist und eine gerade Längsachse (13a) aufweist.
- 20 4. Strömungskanal nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (14) länglich und abgewinkelt ausgebildet ist und eine abgewinkelte Längsachse (14a, 14b) aufweist, die mit der Strömungsrichtung P den Abströmwinkel α und einen Anströmwinkel β bildet.
- 5 5. Strömungskanal nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (15) bogenförmig ausgebildet ist und eine mit einem Radius R gekrümmte Längsachse (15a) aufweist, die mit der Strömungsrichtung P den Abströmwinkel α und einen Anströmwinkel β bildet.
- 25 6. Strömungskanal nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (16) etwa Z-förmig ausgebildet ist und eine zweifach gekrümmte Längsachse (16a) mit Radien R1, R2 aufweist, die mit der Strömungsrichtung P den Abströmwinkel α und einen Anströmwinkel β bildet.
- 30 7. Strömungskanal nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (43) V-förmig ausgebildet ist und gerade V-Schenkel (43a, 43b) aufweist.
8. Strömungskanal nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (44) V-förmig ausgebildet sind ist entgegen der Strömungsrichtung gekrümmte V-Schenkel (44a, 44b) aufweist.
- 35 9. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe h mindestens eines der Strukturelemente (13, 14, 15, 16) 20 % bis 50 % der Kanalhöhe H beträgt.
- 40 10. Strömungskanal nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge L mindestens eines Strukturelementes (13, 14, 15, 16) das 2-fache bis 12-fache der Höhe h des Strukturelementes beträgt.
- 45 11. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand s zwischen den Reihen das 0,5- bis 8-fache der Tiefe T beträgt.
12. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand s zwischen jeweils zwei Reihen in Strömungsrichtung P unterschiedlich ist.
- 50 13. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (13, 14, 15, 16) eine konstante Breite B im Bereich von 0,1 bis 6,0 mm aufweist, vorzugsweise im Bereich von 0,1 bis 3,0 mm.
- 55 14. Strömungskanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Strukturelement (13, 14, 15, 16) eine in Strömungsrichtung zunehmende Breite zwischen einer Anfangsbreite B1 und einer Endbreite B2 aufweist, wobei die Anfangsbreite B1 im Bereich von 0,1 bis 4 mm und die Endbreite B2 im Bereich von 0,1 bis 6 mm liegt.
15. Strömungskanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abströmwinkel α im Bereich von 20 bis 70 Grad, vorzugsweise im Bereich von 40 bis 65 Grad liegt und insbesondere einen Wert von 50 bis 60 Grad aufweist.

Fig. 1

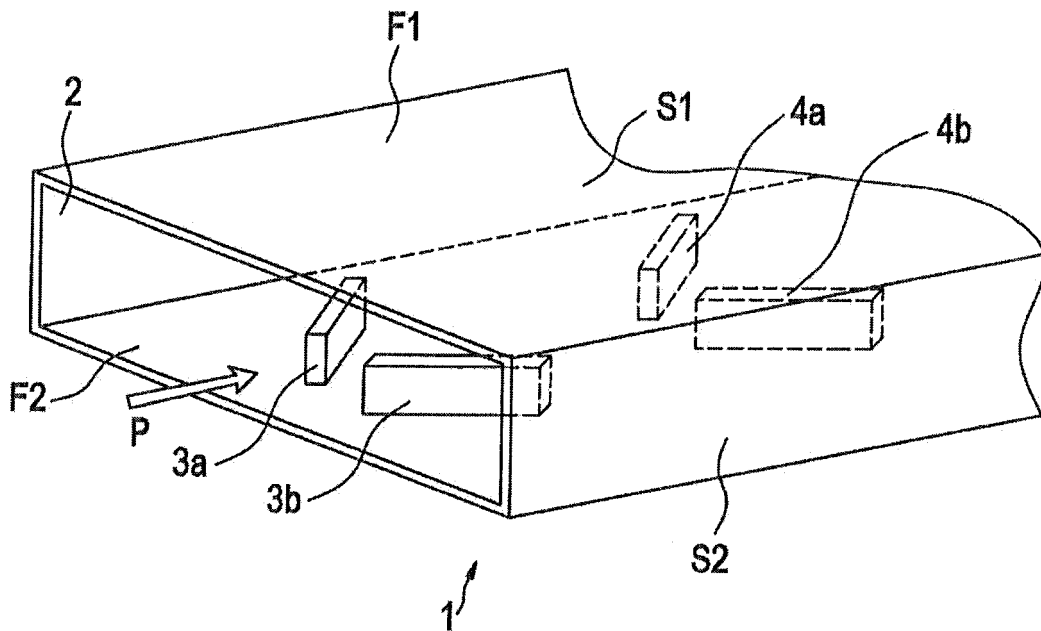


Fig. 2a

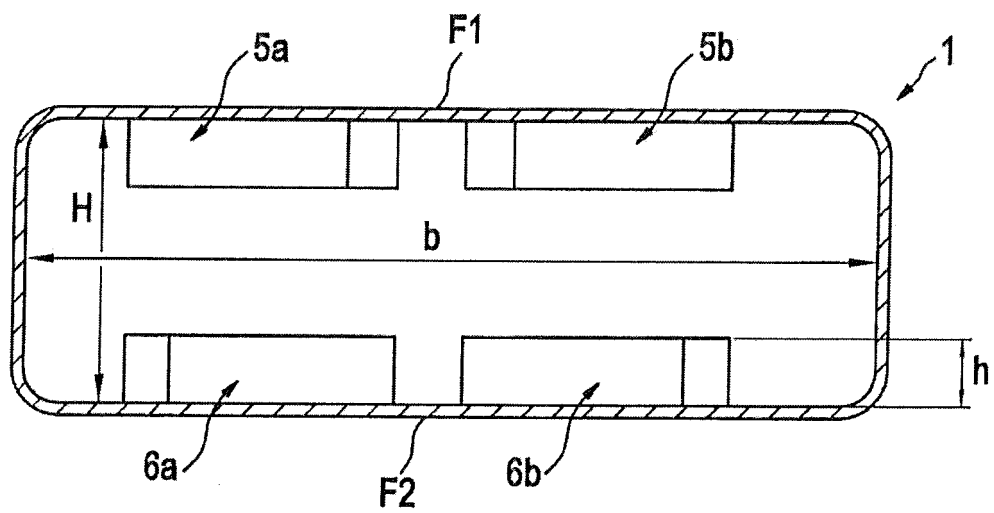


Fig. 2b

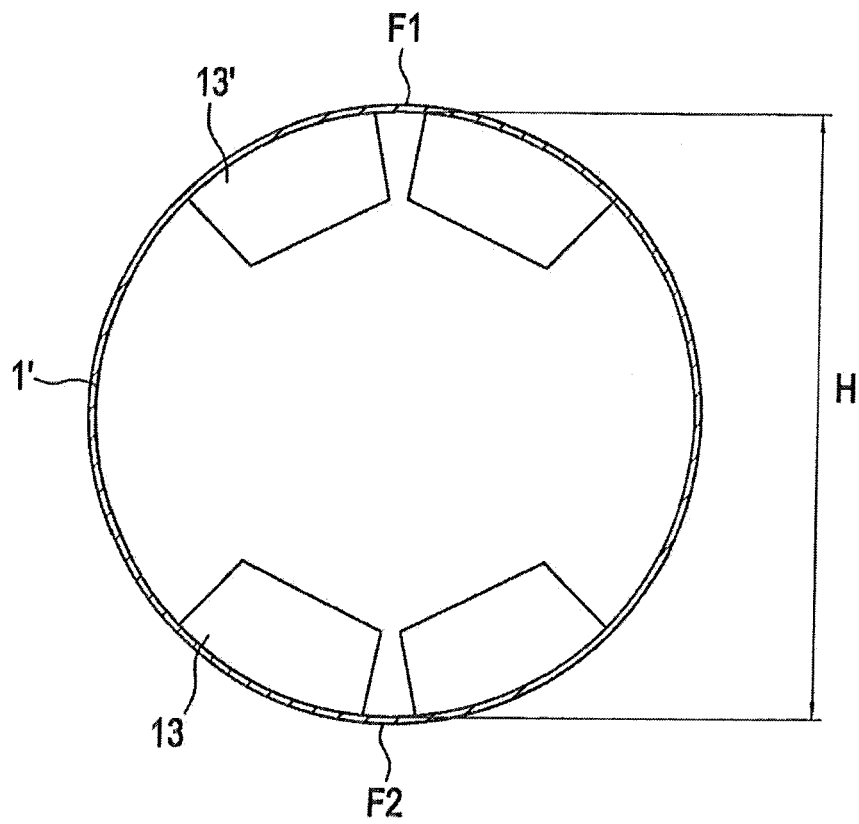


Fig. 2c

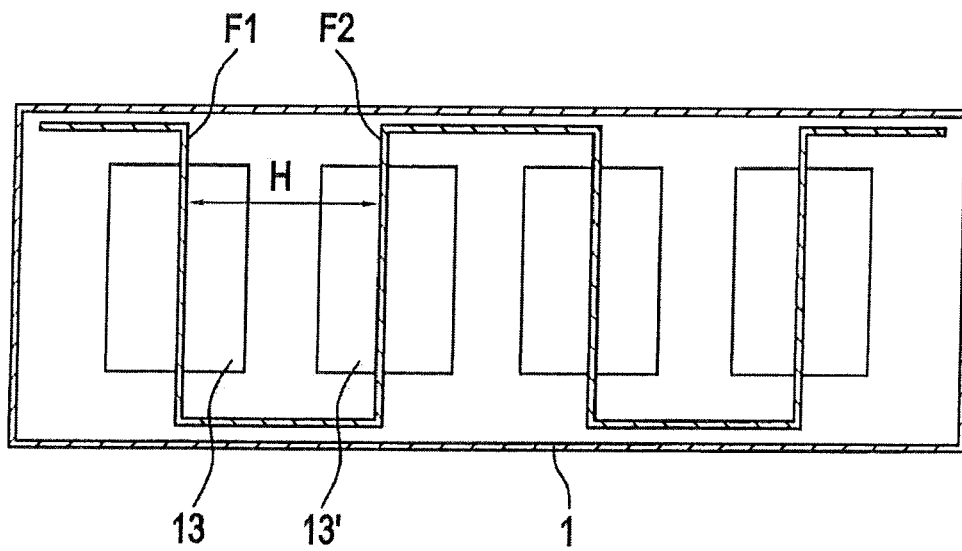


Fig. 3

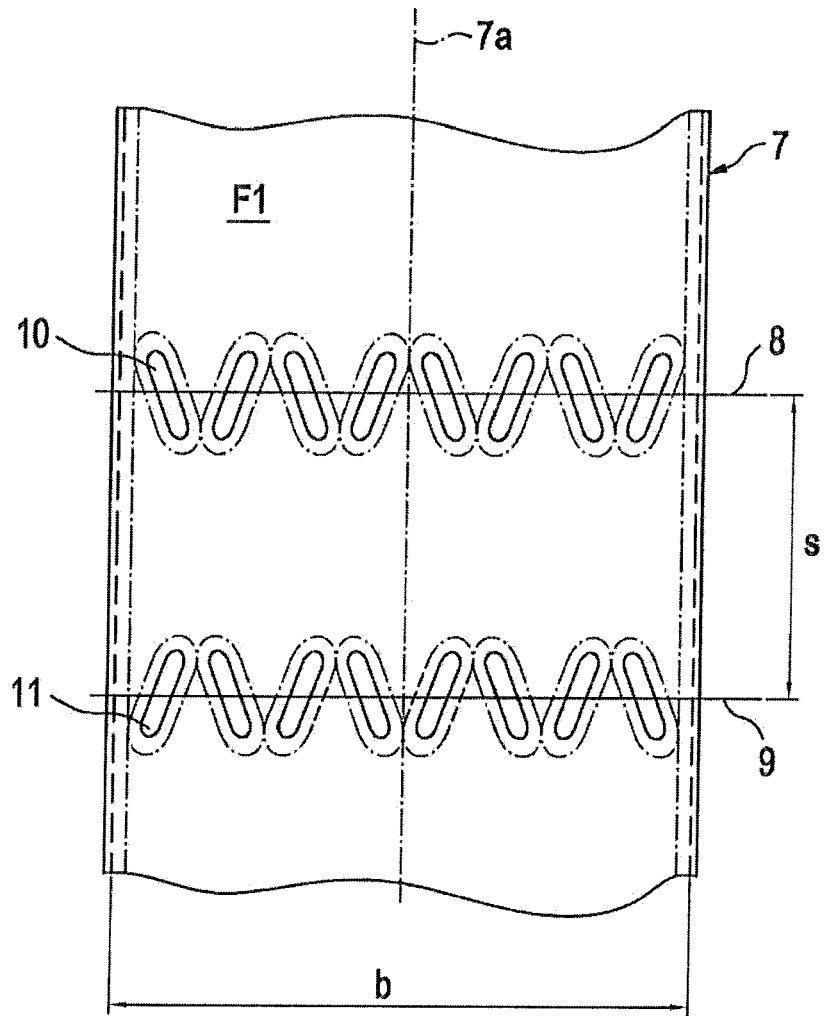


Fig. 4

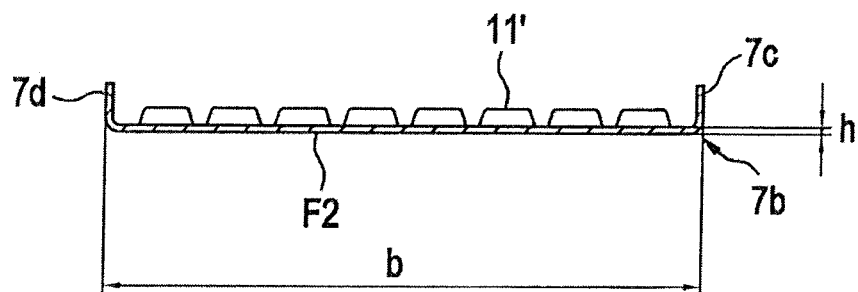


Fig. 5a

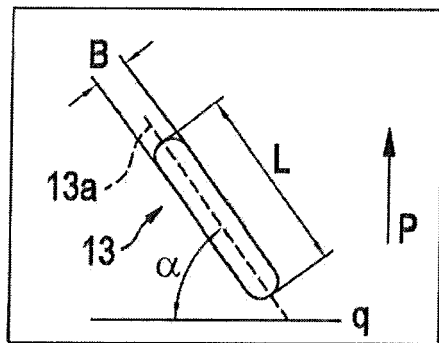


Fig. 5b

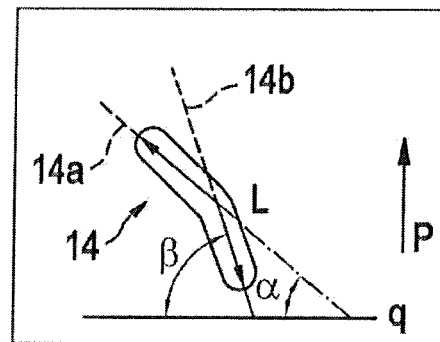


Fig. 5c

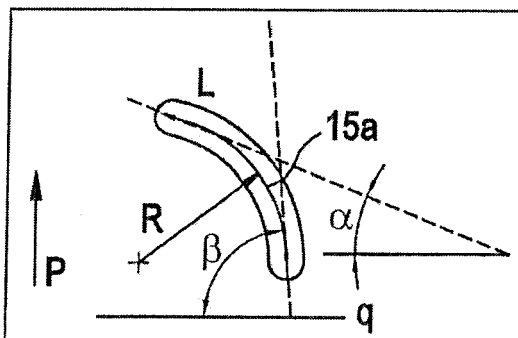


Fig. 5d

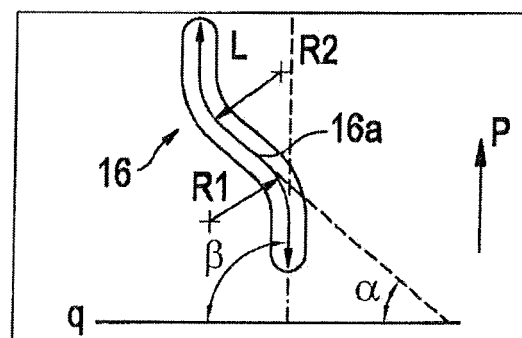


Fig. 6a

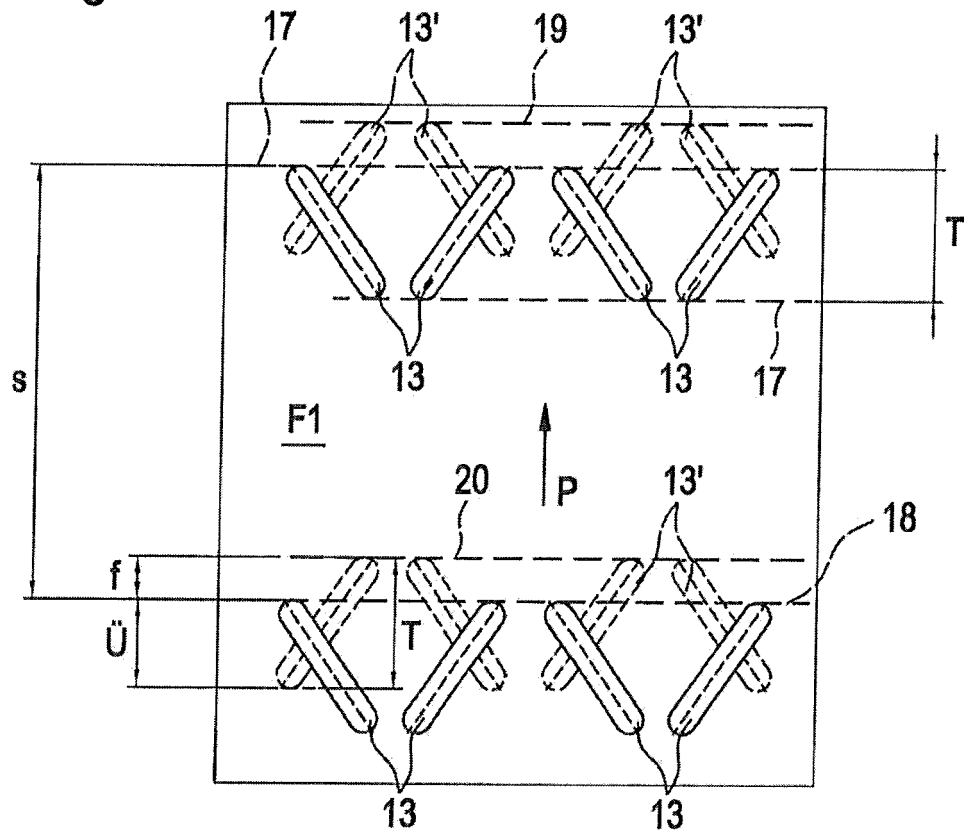


Fig. 6b

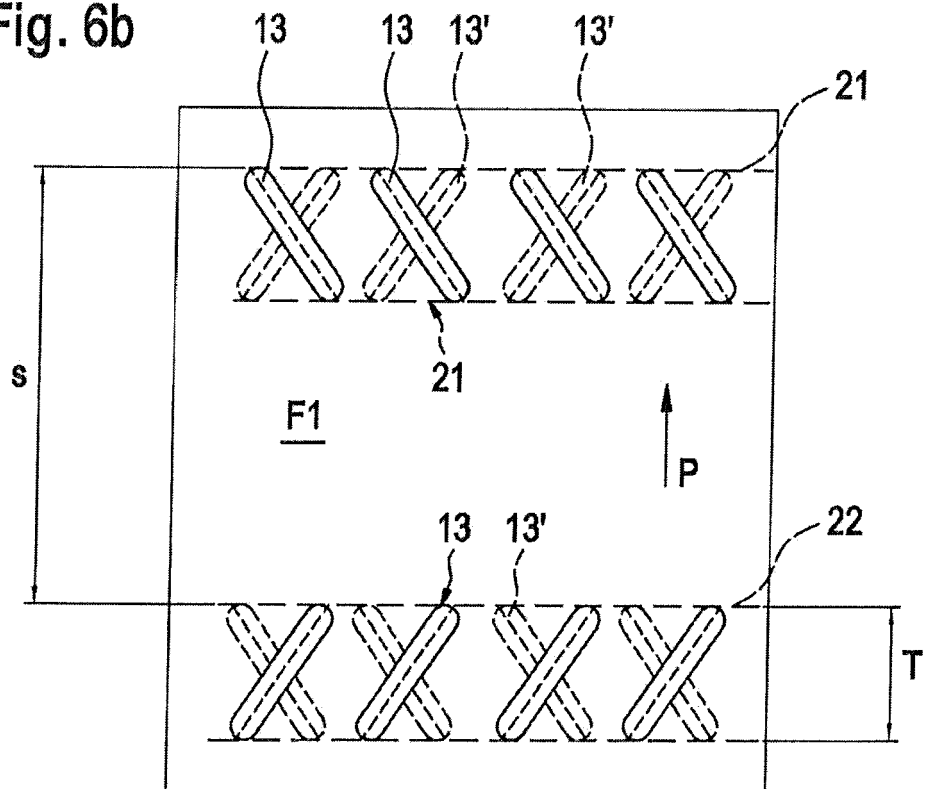


Fig. 6c

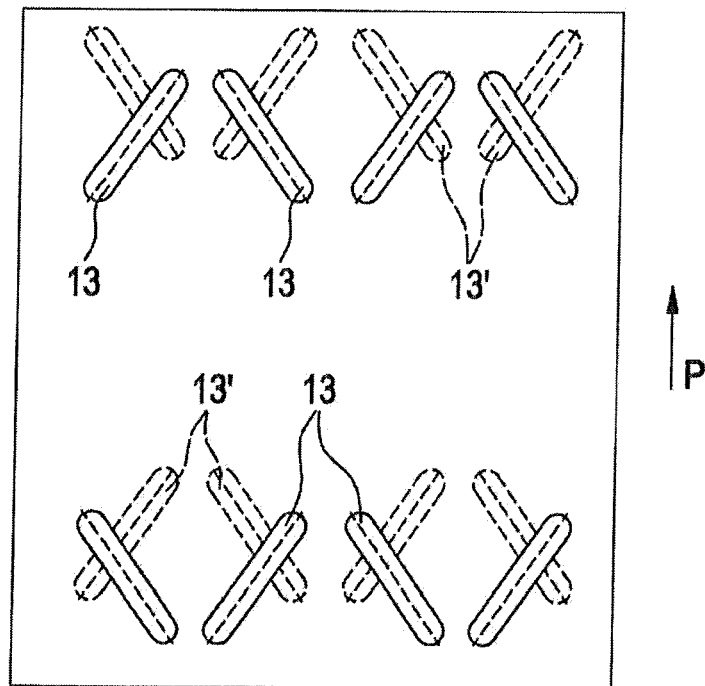


Fig. 6d

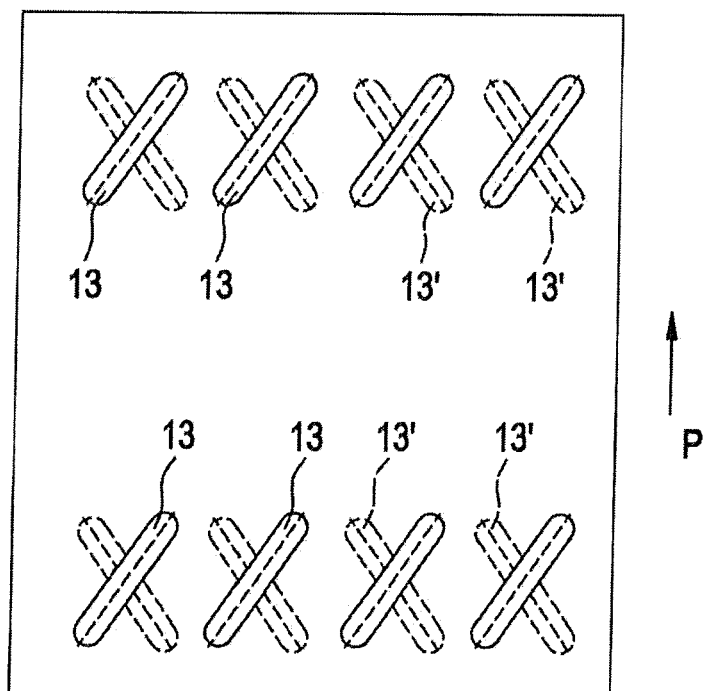


Fig. 6e

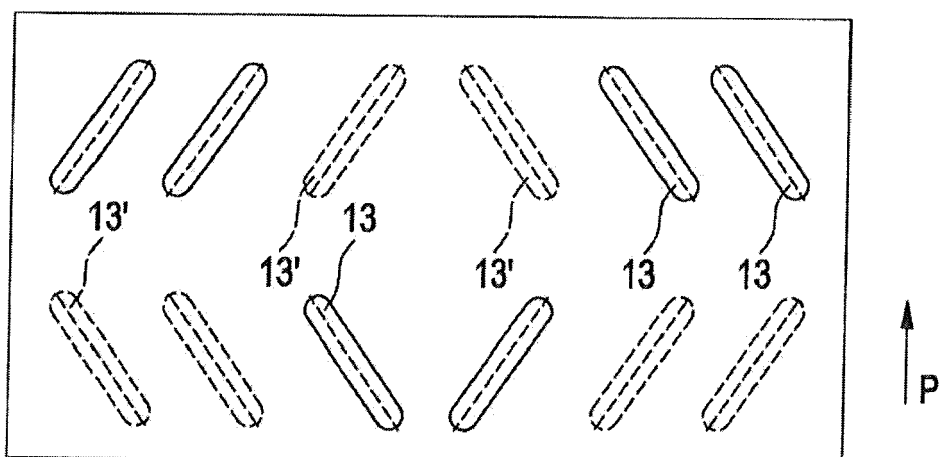


Fig. 6f

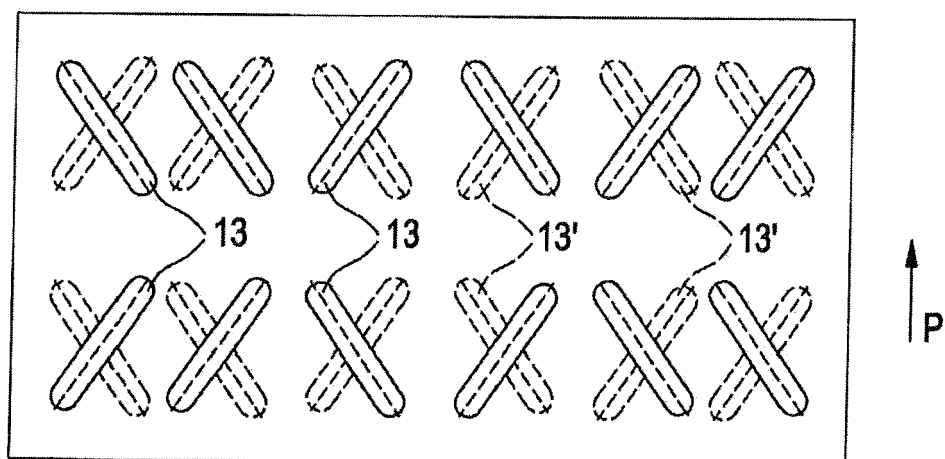


Fig. 6g

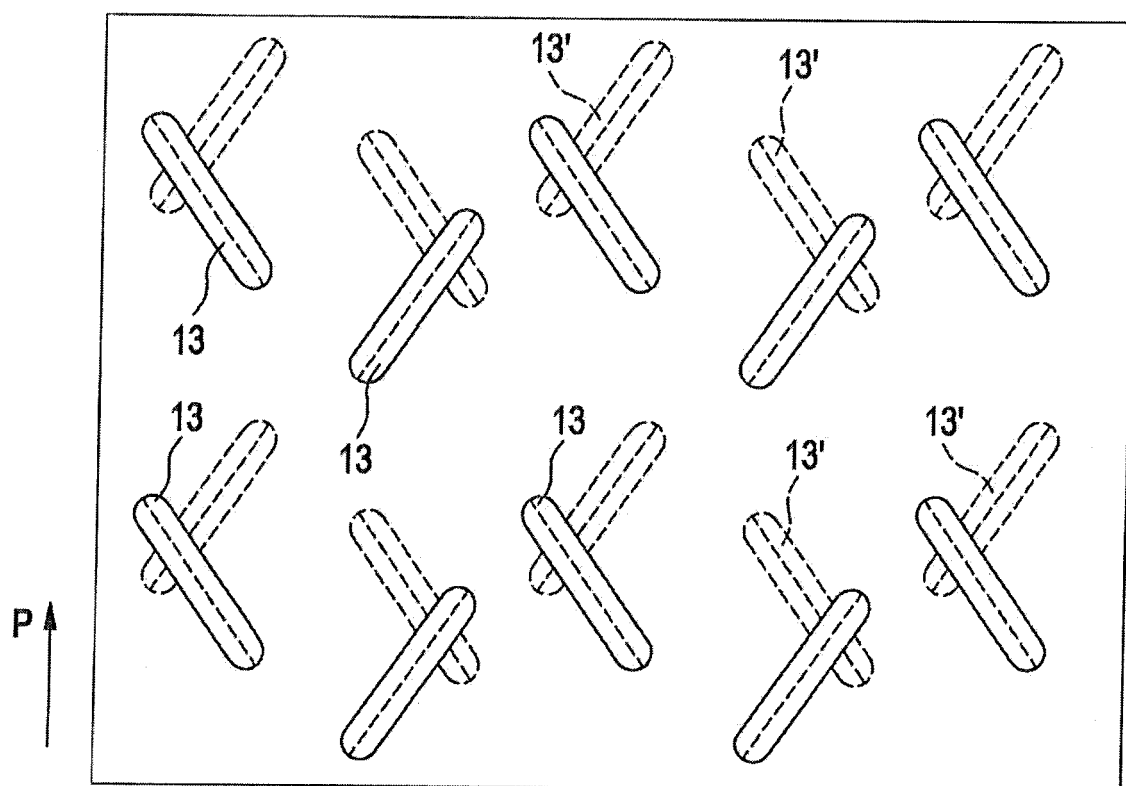


Fig. 6h

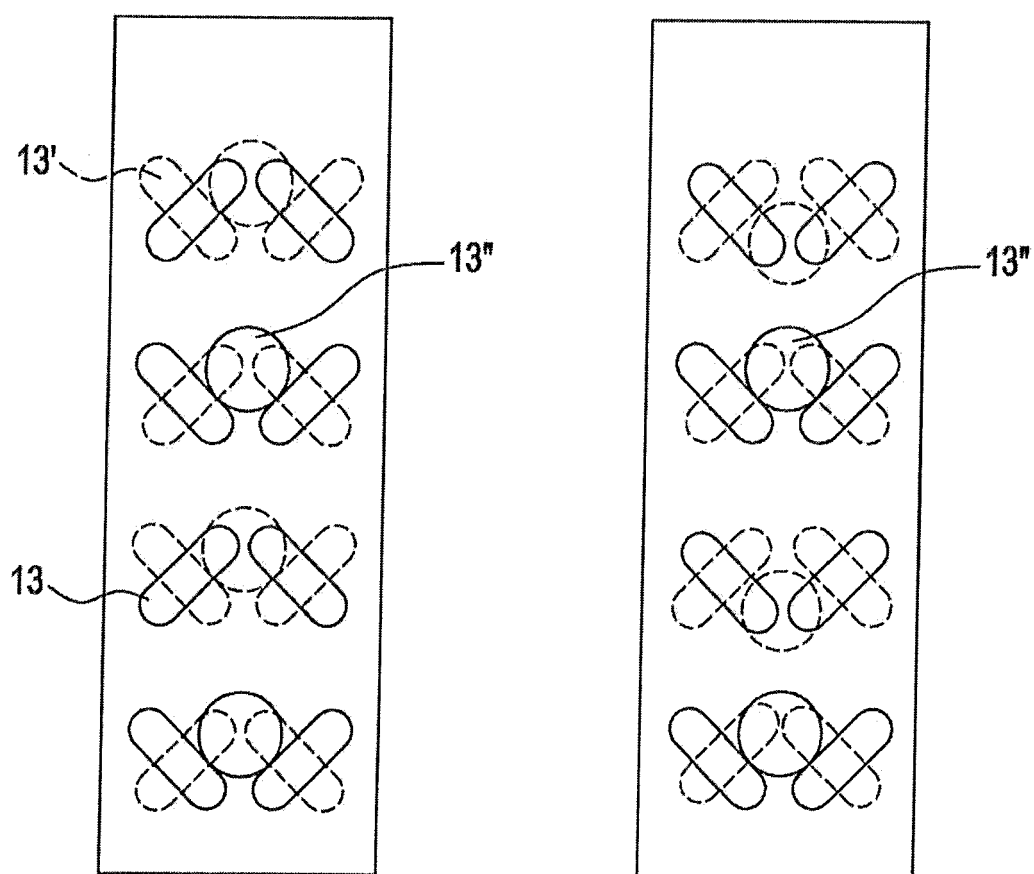


Fig. 7a

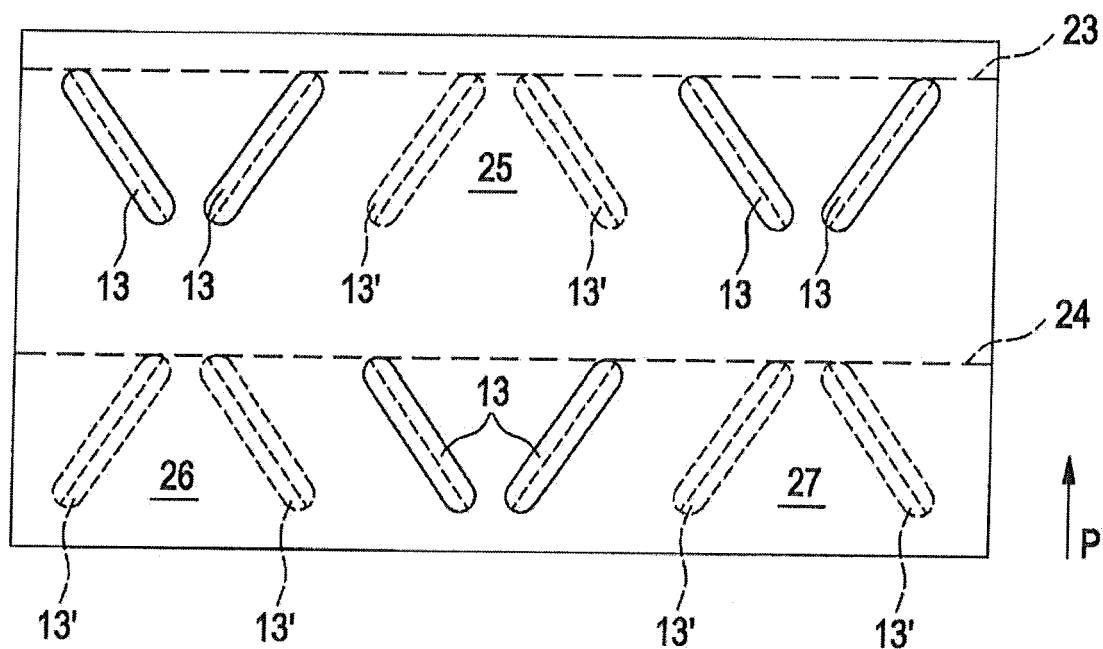


Fig. 7b

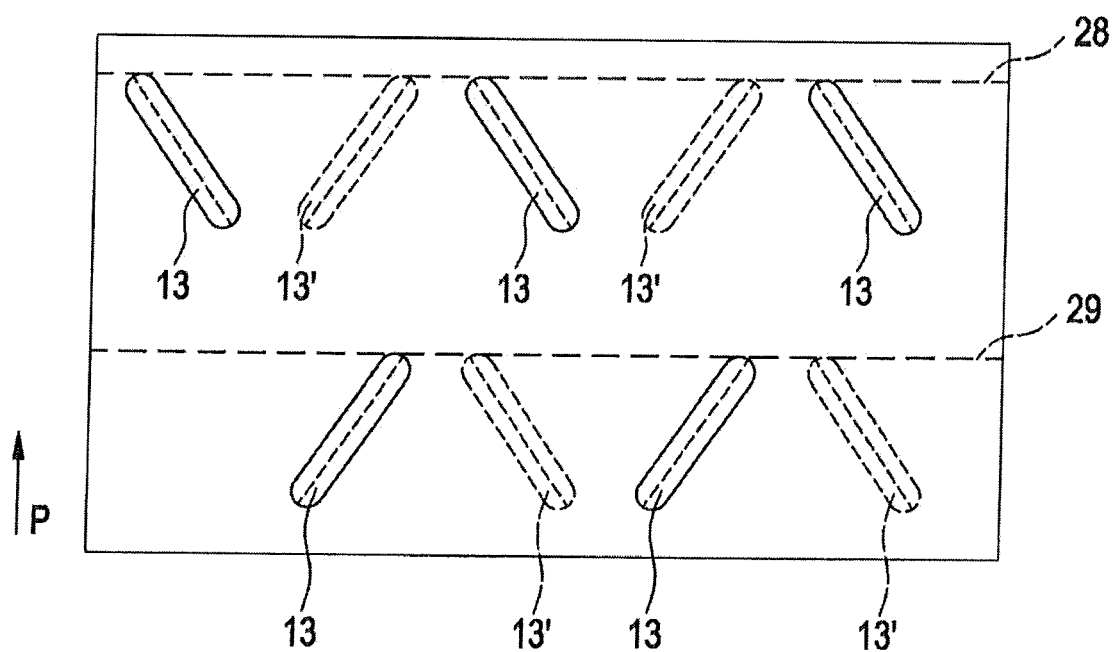


Fig. 8

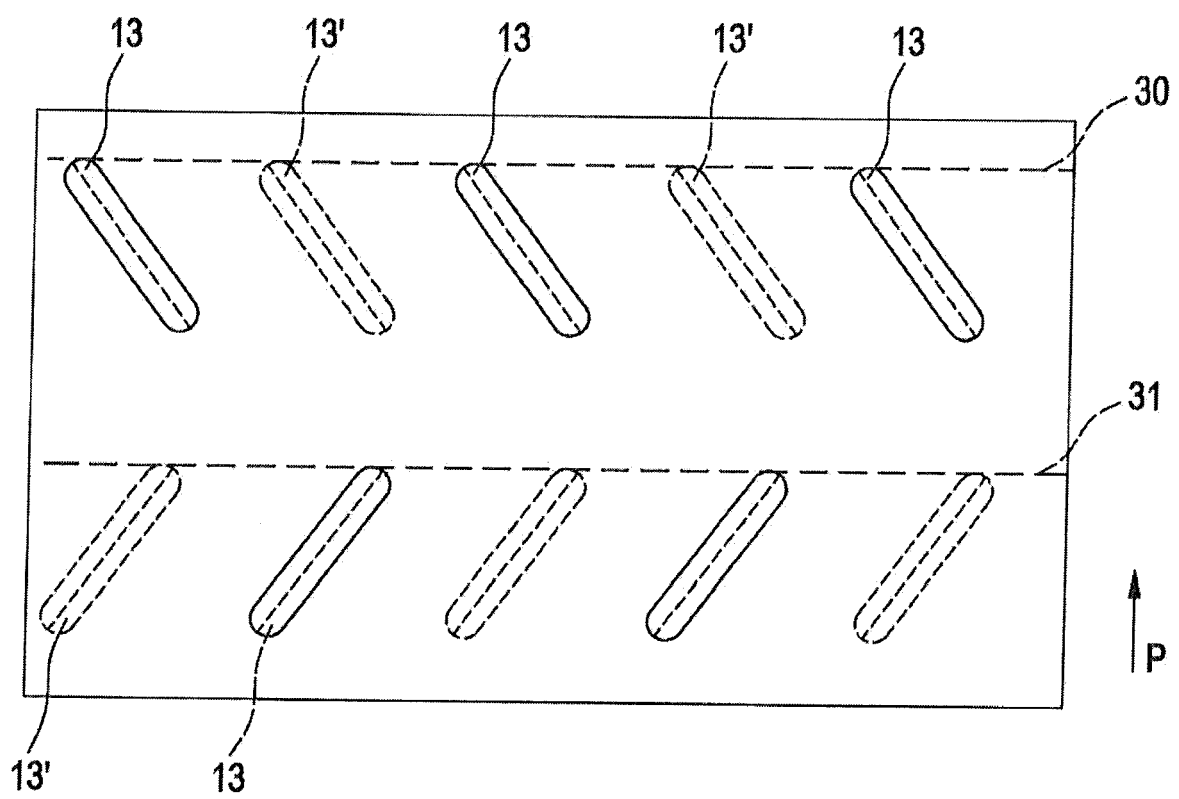


Fig. 9a

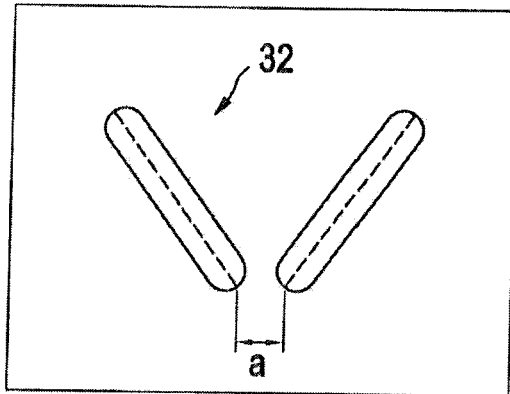


Fig. 9b

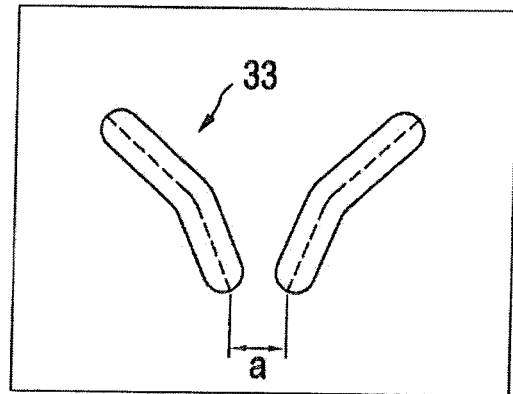


Fig. 9c

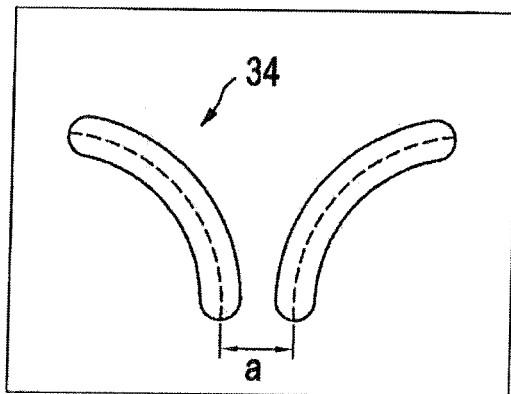


Fig. 9d

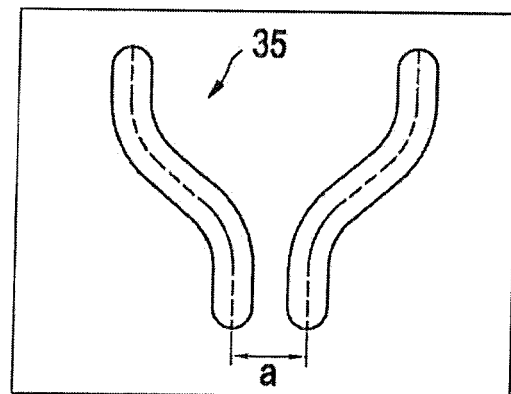


Fig. 10a

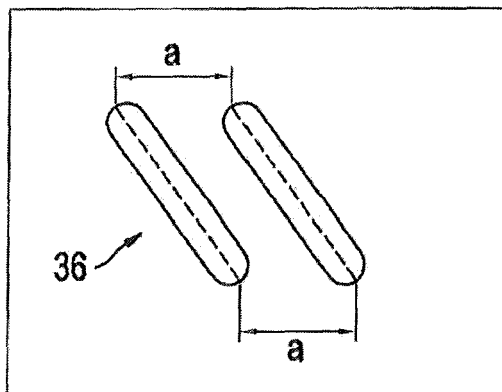


Fig. 10b

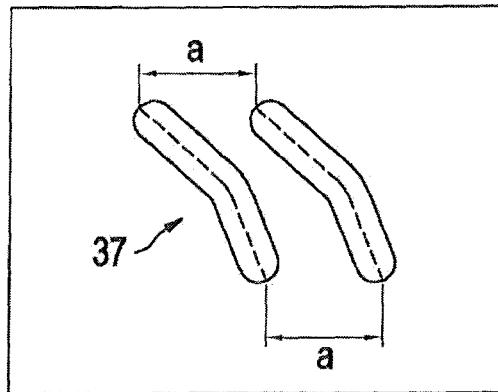


Fig. 10c

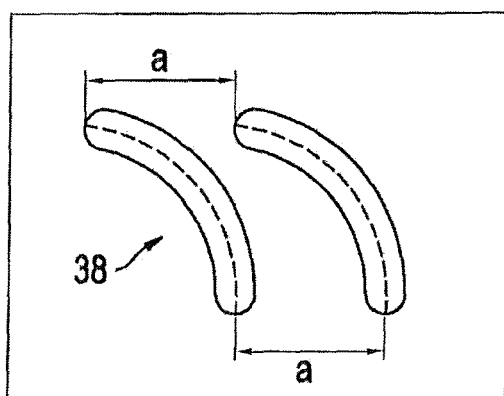


Fig. 10d

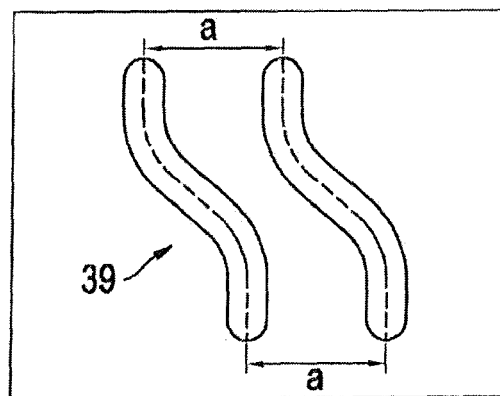


Fig. 11a

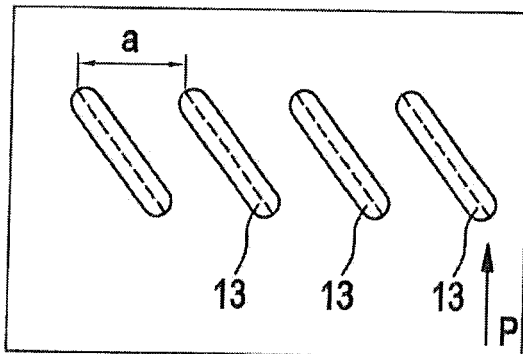


Fig. 11b

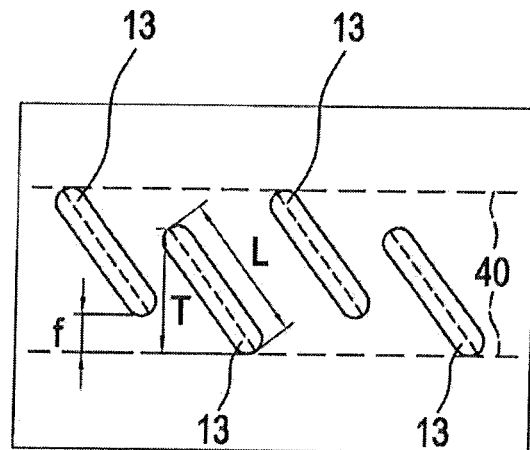


Fig. 11c

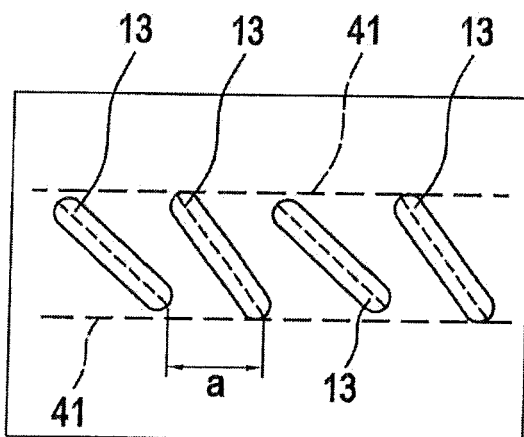


Fig. 11d

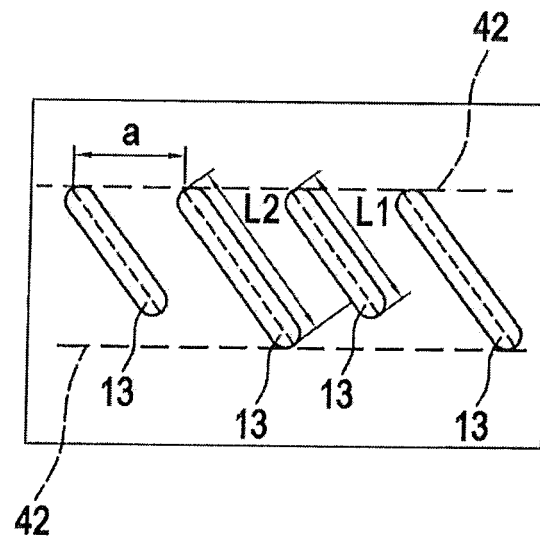


Fig. 12a

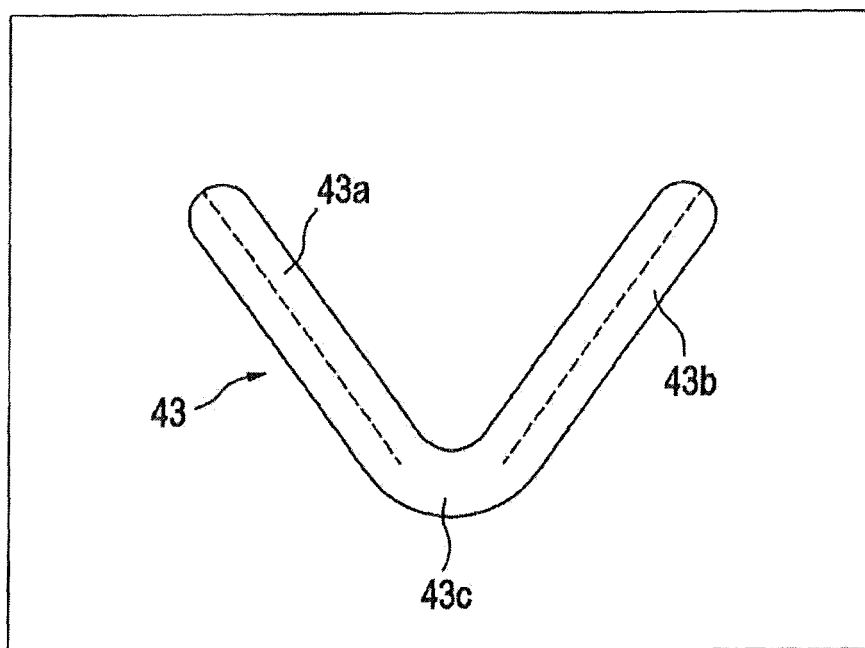
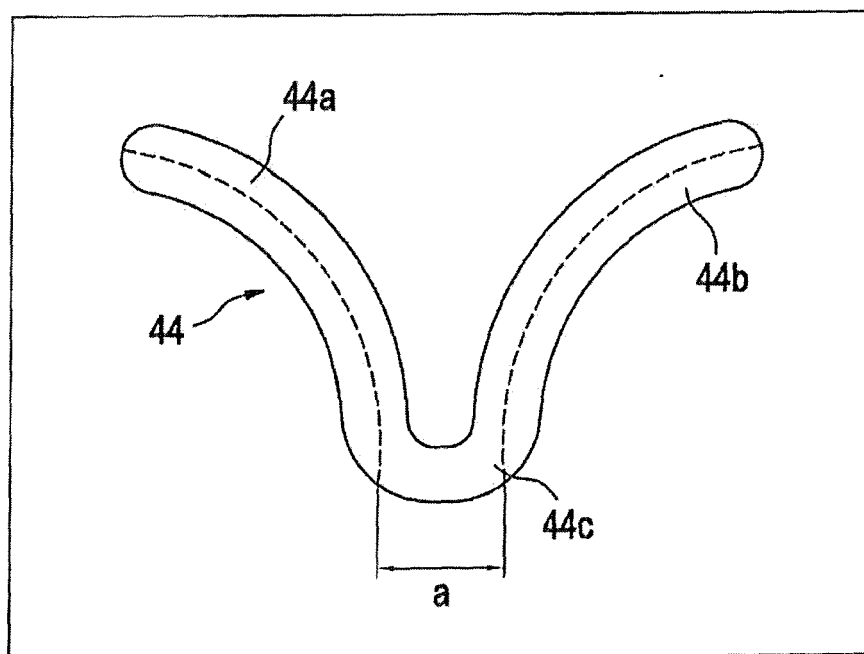


Fig. 12b



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 677715 A [0002]
- DE 19540683 A [0002]
- DE 19654367 A [0002]
- DE 19654368 A [0002]
- DE 19654367 [0002]