



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 029 821 B3** 2008.04.03

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 029 821.7**
 (22) Anmeldetag: **28.06.2006**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **03.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F28F 3/00** (2006.01)
B21D 53/04 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:

LOB GmbH, 51107 Köln, DE

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Lippert, Stachow & Partner, 51427
 Bergisch Gladbach**

(72) Erfinder:

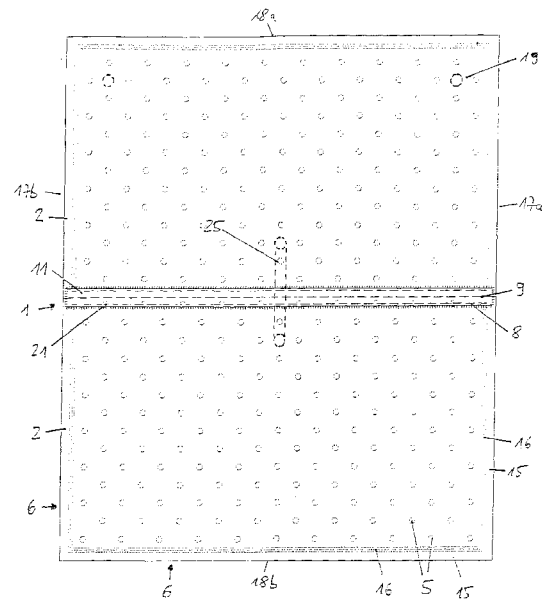
Offermanns, Heribert, Dipl.-Ing., 50997 Köln, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 44 32 340 C1
DE 11 30 833 B
DE 34 02 572 A1
DE 26 04 879 A1
FR 26 52 016 A1
US 47 00 445 A

(54) Bezeichnung: **Wärmetauscher**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher mit zumindest zwei Wärmetauscherelementen, die jeweils zwei im Wesentlichen parallel zueinander angeordnete Platten, nämlich ein Oberblech und ein Unterblech, aufweisen, welche durch eine Vielzahl von über die Plattenfläche verteilten Verbindungsstellen miteinander dauerhaft verbunden sind, wobei die Bereiche zwischen den Verbindungsstellen durch Aufweitung mindestens einer der Platten als fluiddurchströmbare Zwischenräume ausgebildet sind und die Wärmetauscherelemente miteinander zumindest nahezu stirnseitig aneinander stoßen und die Unterbleche durch eine Schweißverbindung dauerhaft miteinander verbunden sind, wobei die Zwischenräume verschiedener Wärmetauscherelemente durch einen fluiddurchströmbar Übergang miteinander verbunden sind. Um den Konstruktionsaufwand sowie auch Druckverluste im Wärmetauscher zu verringern, sind die beiden Oberbleche der beiden Wärmetauscherelemente von den Stirnseiten der Unterbleche nach innen zurückversetzt angeordnet und voneinander beabstandet und auf der dem Unterblech gegenüberliegenden Seite durch ein Verbindungsblech fluiddicht miteinander verbunden, wobei im Bereich des Verbindungsbleches Ober- und/oder Unterblech und/oder Verbindungsblech unter Ausbildung eines fluiddurchströmbar Übergangs zwischen den Wärmetauscherelementen aufgeweitet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher nach dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 2 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung und einen Wärmetauscherelementvorformling.

[0002] Gattungsgemäße Wärmetauscher aus zumindest zwei Wärmetauscherelementen sind bekannt, bei welchen Oberblech und Unterblech derselben durch eine Vielzahl von über die Plattenfläche verteilten Verbindungsstellen miteinander verbunden sind, und zumindest eines der beiden Bleche unter Ausbildung von fluiddurchströmbaren Zwischenräumen zwischen den beiden Platten aufgeweitet ist. Die einzelnen Wärmetauscherelemente sind zumeist aus mehreckigen Platten, gefertigt, die stirnseitig miteinander verbunden sind. Ober- und Unterblech sind exakt deckungsgleich angeordnet, wobei diese zumeist durch Laserschneiden aus einem größeren Blechstück herausgearbeitet werden, bei welchem Ober- und Unterblech bereits dauerhaft durch geschweißte Verbindungsstellen verbunden sind. Ober- und Unterblech sind ferner entlang sämtlicher Außenkanten durch linienförmige, fluiddichte Schweißverbindungen miteinander verbunden, um nach Aufweitung der Bleche mittels eines Fluiddruck (z.B. Wasser) Wärmetauscherelemente auszubilden. Zur fluiden Verbindung der einzelnen Elemente wird jeweils beabstandet von den Außenkanten z.B. ein Teilbereich des Oberbleches herausgeschnitten, ohne das Unterblech zu beschädigen, und an dem Ausschnitt ein Stutzen befestigt, so dass die Stutzen benachbarter Tauscherelemente dann durch Rohrstücke fluidführend verbunden werden. Derartige Rohrübergänge sind zumeist an zwei oder mehr Stellen eines Tauscherelementüberganges anzuordnen, um Druckverluste zu verringern. Ist ein Wärmetauscher aus einer Mehrzahl von Wärmetauscherelementen hergestellt, wird eine entsprechend hohe Anzahl von Stutzen und Verbindungsrohrstücken notwendig. Die Wärmetauscherelemente selber können hierbei im Wesentlichen eben aber auch in Form von Rohrabschnitten oder Teilen derselben hergestellt werden.

[0003] Die DE 44 32 340 C1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Verdampfers für ein Kompressorkühlgerät, bei welchem in einem Verfahrensschritt zur Bildung eines zwischen Metallblechen manderförmig verlaufenden Kühlmittelkanals gleichmäßige Querschnittsteilbereiche der miteinander verbundenen Metallbleche durch Innendruck zu Kanälen ausgeformt werden.

[0004] Die DE 34 02 572 A1 betrifft ein Verfahren zur Herstellung von plattenförmigen Wärmetauschern, die aus wenigstens zwei festen miteinander verbundenen Wärmetauschern bestehen, wobei die beiden miteinander zu verbindenden Platten in einem dem gewünschten Durchflussquerschnitt des Medi-

ums entsprechenden Abstand voneinander angeordnet werden und in den Bereichen, in denen die beiden Platten miteinander verbunden werden sollen, Sprengladungen angeordnet und gezündet werden.

[0005] Die DE 26 04 879 A1 betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Kühl- bzw. Heizkörpern aus zwei Ebenen, dünnwandigen Platten, die aufeinandergelegt an einer Vielzahl von vorbestimmten Stellen miteinander fest verbunden werden, wobei die Platten durch ein zwischen dieses eintretendes strömendes Medium ausgewölbt werden.

[0006] Die DE 11 30 833 B trifft einen Wärmetauscher, der aus einem ebenen Blech und einem mit Auspressungen versehenen Blech besteht, welches mit dem ersten Blech verlötet ist.

[0007] Die FR 26 52 016 A1 beschreibt einen Wärmetauscher, bei welchem ein Grundblech mit einem mit Auswölbungen versehenen Blech verbunden ist.

[0008] Die US 4,700,445 A beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmetauscherpaneels, bei welchem zwei miteinander verschweißte deformierbare Metallplatten durch Eintritt eines unter hohem Druck stehenden Mediums aufgeweitet werden.

[0009] Obwohl sich gattungsgemäße Wärmetauscher vielfach bewährt haben, ist der konstruktive Aufwand sehr hoch, insbesondere dann, wenn eine komplizierte Formgebung erforderlich ist. So ist es insbesondere im Anlagenbau oftmals erforderlich, komplizierte Rohrleitungssysteme mit einer Vielzahl von Rohrbögen als Wärmetauscher auszubilden, um die Rohrleitungen zu temperieren. Da die Wärmetauscherelemente aufgrund der komplizierten Formgestaltung derartiger Rohrleitungssysteme stets nur jeweils vergleichsweise kurze Abschnitte darstellen können, ist eine große Anzahl fluidführender Übergänge zwischen den Elementen notwendig, um einen durchgehenden Strömungsweg bereitstellen zu können. Mit der Vielzahl an Übergangsstücken steigt andererseits aber auch die Wahrscheinlichkeit von Fertigungsfehlern, so dass auch eine sehr aufwändige Qualitätssicherung notwendig wird.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Wärmetauscher derart weiterzubilden, dass der Fertigungsaufwand verringert und zugleich Druckverluste beim Übergang zwischen den einzelnen Wärmetauscherelementen verringert werden. Zugleich soll nach Möglichkeit eine möglichst gleichmäßige Durchströmung der Wärmetauscherelemente mit dem jeweiligen Fluid ermöglicht werden.

[0011] Die Aufgabe wird durch die Bereitstellung eines Wärmetauschers nach Anspruch 1 oder nach Anspruch 12 gelöst, der nach einem Verfahren nach Anspruch 17 herstellbar ist. Zugleich werden Wärme-

tauscher-elementvorformlinge nach Anspruch 15 bereitgestellt, mittels derer erfindungsgemäße Wärmetauscher besonders einfach herstellbar sind.

[0012] Der Begriff „Unterblech“ bzw. „Oberblech“ im Sinne der Erfindung dient hierbei im Wesentlichen der begrifflichen Unterscheidung der beiden Bleche. An dem Wärmetauscher ist das Oberblech zumeist an der Außenseite des jeweiligen Wärmetauschers angeordnet, das Unterblech an der innen liegenden Seite, die dem durch den Wärmetauscher zu temperierenden Medium zugewandt ist. Diese Anordnung ist jedoch nicht zwingend.

[0013] Durch den erfindungsgemäßen Wärmetauscher wird somit ein fluiddurchströmbarer Übergang zwischen den beiden jeweils benachbarten Wärmetauscher-elementen bereitgestellt, der sich abschnittsweise, beispielsweise über mehr als 25% oder mehr als 50–75% der Länge des Verbindungsbleches oder der gemeinsamen Außenkante erstrecken kann, vorzugsweise zumindest annähernd über die gesamte Länge desselben. Auf die Anbringung separater Übergangsrührstücke zwischen benachbarten WT-Elementen (Wärmetauscher-elementen) kann somit vollständig verzichtet werden. Ferner werden Druckverluste bei dem Übergang zwischen benachbarten Wärmetauscher-elementen so praktisch vollständig vermieden. Hierzu können WT-Elementvorformlinge eingesetzt werden, bei welchen das Oberblech zumindest oder an genau einer Außenkante von dem Unterblech nach innen zurückversetzt ist. Vorzugsweise werden die WT-Elemente wie bisher bekannt aus größeren Doppelblechen herausgeschnitten, insbesondere mittels Laserstrahlschneiden, bei welchen Ober- und Unterblech bereits durch eine Vielzahl von vorzugsweise gleichmäßig über die Plattenfläche verteilten Verbindungsstellen miteinander dauerhaft verbunden sind. Die Verbindungsstellen können durch Laserschweißen, Widerstandsschweißen oder dergleichen erzeugt sein, insbesondere in Form von Schweißkreisen, die beispielsweise einen Durchmesser von 1–5 cm aufweisen können, ohne hierauf beschränkt zu sein. Anschließend kann das Oberblech streifenförmig im Bereich einer Außenkante entfernt werden. Es versteht sich, dass gegebenenfalls auch zunächst Ober- und Unterblech maßgenau hergestellt und anschließend die Vielzahl von Verbindungsstellen erzeugt wird. Anschließend werden die Randbereiche von Ober- und Unterblech, die zumindest im Wesentlichen oder exakt deckungsgleich sind, durch linienförmige fluiddichte Schweißverbindungen verbunden (nicht jedoch der zurückversetzte Randbereich), wobei nur eine aber auch zwei oder mehr parallele und geringfügig beabstandete Schweißlinien vorgesehen sein können.

[0014] Die Unterbleche der WT-Elemente, insbesondere der WT-Elementvorformlinge, können unmittelbar schweißend miteinander verbunden werden,

vorzugsweise durch Verschweißung der Stirnseiten, die gegebenenfalls aneinander stoßen können. Vorzugsweise erfolgt hier eine Wurzelschweißung. Vorzugsweise sind die beiden Unterbleche lediglich an ihren Stirnseiten durch eine Schweißverbindung miteinander verbunden. Aufgrund der nach innen zurückversetzten Außenkanten der Oberbleche kann die Verschweißung der Unterbleche von der den Oberblechen zugewandten Seite der WT-Elemente her erfolgen. Hierdurch können beispielsweise rohrförmige WT-Elemente durch übliche Rohrschweißungen miteinander fluiddicht verbunden werden. Nachfolgend hierzu kann ein Verbindungsblech mit den beiden gegenüberliegenden Randbereichen der beiden Oberblech dauerhaft und fluiddicht verbunden werden, vorzugsweise durch Schweißen. Anschließend kann durch einen geeigneten Fluidruck eines zwischen Ober- und Unterblech eingebrachten Fluids zumindest eines oder auch beide der genannten Bleche, d.h. Ober- und/oder Unterblech und/oder das Verbindungsblech, an den jeweiligen WT-Elementen unter Ausbildung eines fluiddurchströmbareren Zwischenraumes aufgeweitet werden. Diese Aufweitung erfolgt auch im Bereich des Verbindungsbleches, so dass hier ein fluiddurchströmbarer Übergangsbereich ausgebildet wird, der dann, wenn die Oberbleche im Verbindungsbereich nicht mit den Unterblechen gehaftet sind, sich über die gesamte Längserstreckung des Verbindungsbereichs bzw. des Verbindungsbleches erstrecken kann. Das Verbindungsblech wird hierbei vorzugsweise gleichmäßig radial aufgeweitet. Gegebenenfalls kann das Oberblech auf Höhe oder benachbart dem Verbindungsblech auch mit dem Unterblech gehaftet sein, beispielsweise durch die ansonsten vorgesehenen Verbindungsstellen wie z.B. den Schweißkreisen, die jedoch allgemein nicht auf Punkt- oder kreisförmige Haftungen beschränkt sind und gegebenenfalls auch linienförmig oder anders ausgebildet sein können. Insgesamt kann sich somit der fluiddurchströmbarere Übergang zwischen benachbarten WT-Elementen über zumindest nahezu die gesamte Länge der jeweiligen Außenkante des Elementes erstrecken bzw. im Falle von Rohrabschnitten über zumindest annähernd den gesamten Rohrumfang.

[0015] Insbesondere zumindest im Wesentlichen ebene WT-Elemente können an mehr als einer oder mehr als zwei Außenkanten mit benachbarten WT-Elementen verbunden sein, so dass das Oberblech an einer, zwei oder mehr Außenkanten von dem Unterblech nach innen zurückversetzt angeordnet sein kann. Die Verbindungsbereiche sind dann jeweils mit entsprechenden Verbindungsblechen zu versehen. Insbesondere bei ebenen WT-Elementen können auch die Randbereiche von Ober- und Unterblech nur bereichsweise linienförmig und fluiddicht miteinander verbunden sein, wobei in dem nicht-verbundenen Bereich das Oberblech zurückspringend angeordnet sein kann, beispielsweise um mittels ei-

nes Verbindungsbleches einen Fluidübergang zu einem benachbarten WT-Element zu erzeugen.

[0016] Das Verbindungsblech ist jeweils vorzugsweise überlappend mit den beiden benachbarten Oberblechen angeordnet. Die linienförmigen Schweißverbindungen können unter Zuhilfenahme eines Schweißzusatzwerkstoffes oder schweißzusatzwerkstofffrei ausgeführt werden, beispielsweise durch Laserschweißen, Widerstandsschweißen oder dergleichen. Bei geeigneten Anwendungsfällen können Ober- und Unterblech auch auf andere Weise miteinander und/oder mit dem Verbindungsblech verbunden sein, beispielsweise durch Löten oder dergleichen. Die jeweiligen Bleche bestehen vorzugsweise aus metallischen Werkstoffen, insbesondere Edelstahl, die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Werkstoffe beschränkt, je nach Anwendungsfall können auch beispielsweise geeignete Kunststoffe, insbesondere thermoplastische Kunststoffe, eingesetzt werden.

[0017] Ober- und Unterblech sowie auch das Verbindungsblech bestehen vorzugsweise jeweils aus demselben Werkstoff. Ober- und Unterblech können im Wesentlichen gleiche Materialstärken aufweisen, vorzugsweise weist das Unterblech eine größere Materialstärke auf, beispielsweise die zwei- bis drei- oder mehrfache Materialstärke des Oberbleches, so dass dieses die mechanische Stabilität des Wärmetauschers bestimmt. Vorzugsweise weist das Verbindungsblech in etwa die gleiche Materialstärke wie das Oberblech auf, oder eine etwas größere, beispielsweise bis zu 150% oder bis zu 120% derselben. Allgemein können Unter-, Ober- und/oder Verbindungsblech auch aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen, sofern diese durch geeignete Fügeverfahren, insbesondere Schweißverbindungen, ausreichend sicher miteinander verbindbar sind.

[0018] Das Oberblech kann jeweils um mehr als die halbe Materialstärke des Unterbleches, vorzugsweise um mehr als die ein-, zwei- oder dreifachen Materialstärke desselben, von der Stirnkante des Unterbleches zurückversetzt sein. Die benachbarten Oberbleche weisen somit einen ausreichenden Abstand auf, um das Verbinden der Unterbleche, insbesondere durch eine Schweißverbindung, nicht zu behindern.

[0019] Vorzugsweise erstreckt sich das Verbindungsblech durchgehend über die gesamte Länge der Außenkante des zugeordneten Unterbleches, gegebenenfalls können auch mehrere hintereinander angeordnete Verbindungsbleche vorgesehen sein, die einander in Längsrichtung überlappen können.

[0020] Vorzugsweise ist das Oberblech auf Höhe des Verbindungsbleches oder in einem diesem benachbarten Randbereich nicht mit dem Unterblech

gehaftet, so dass eine gleichmäßige Aufweitung des Verbindungsbleches ermöglicht ist. Gegebenenfalls können jedoch auch Haftungen von Ober- und Unterblech miteinander hinnehmbar sein, die zu einer ungleichmäßigen, wellenartigen Verformung des Verbindungsbleches bei dessen Aufweitung führen würden.

[0021] Sind Ober- und Unterblech an dem Randbereich derselben durch mindestens eine linienförmige Naht miteinander verbunden, so überdeckt das an einer benachbarten Außenkante angeordnete Verbindungsblech vorzugsweise diese Naht in Richtung auf die Außenkante des Unterbleches hin.

[0022] Die erfindungsgemäßen WT-Elementvorformlinge können eben, zylinderförmig oder zylinderabschnittsförmig ausgebildet sein. Der WT-Elementvorformling kann durch geeignete Formgebungungsverfahren, wie sie im Rohrleitungsbau bekannt sind, geeignet verformt werden. Die eingesetzten WT-Elemente bzw. WT-Elementvorformlinge können in Form von Rechteckblechen, einschließlich Quadratblechen vorliegen, es versteht sich, dass je nach Anwendungsfall auch andere geeignete Geometrien wie Dreieck-, Trapezbleche oder auch andere Formgestaltungen möglich sind.

[0023] Erfindungsgemäße Wärmetauscher sind besonders vorteilhaft in Form von Rohrabschnitten oder zylindrischen Bauteilen wie Kolonnen, Reaktoren, Rührkesseln oder dergleichen einsetzbar, besonders bevorzugt für Rohrleitungsabschnitte, insbesondere Rohrbögen. Hierzu kann ein erfindungsgemäßer WT-Elementvorformling zu einem Zylinder- oder Rohrabschnitt gebogen werden und das Unterblech unter Ausbildung einer Rohrlängsnaht an beiden gegenüberliegenden beiden Stirnseiten verbunden werden. Ober- und Unterblech sind benachbart der Rohrnaht durchgehend linienförmig und fluiddicht miteinander verbunden. Der WT-Elementvorformling kann derart ausgebildet sein, dass das Oberblech an den beiden freien Stirnseiten des Rohrabschnittes von dem Unterblech zurückversetzt ist. Bei stirnseitiger Verbindung der Unterbleche benachbarter WT-Elemente kann ein die beiden Oberbleche überbrückendes Verbindungsblech fluiddicht befestigt werden. Der fluiddurchströmbare Übergang der beiden WT-Elemente kann hierbei im Wesentlichen dem Rohrumfang entsprechen. Auf diese Weise sind auch kompliziertere Rohrsysteme ohne zusätzliche Rohrübergänge, die an Ausnehmungen der Oberbleche angeflanscht sind, herstellbar. Die einzelnen WT-Elemente sind hierbei vorzugsweise derart geschnitten, dass die zu verbindenden freien Stirnseiten der Rohrabschnitte im Wesentlichen senkrecht zu der Rohrachse verlaufen.

[0024] Das Verbindungsblech kann jeweils als Flachblech ausgebildet sein, aber auch ein anderes

Querschnittsprofil aufweisen, beispielsweise als Winkelblech, Kehlblech mit bogenförmigem Querschnitt oder dergleichen. Das Verbindungsblech kann gegebenenfalls auch in Art einer Hülse als entsprechender Abschnitt eines Zylinders, Mehreckprofils oder dergleichen ausgebildet sein, insbesondere wenn zylindrische oder teilzylindrische Wärmetauscherelemente vorliegen, und so auf den Rohrabschnitt aufgeschoben und über der Verbindungsstelle der beiden Unterbleche positioniert werden. Das Verbindungsblech kann hierdurch ohne Längsnaht vorliegen. Gegebenenfalls kann bei der Fertigung von Rohrabschnitten das Verbindungsblech auch in Art einer Manschette ausgebildet sein, wobei an den beiden Endbereichen desselben radial vorstehende Laschen angeordnet sein können, um das Verbindungsblech durch ein Werkzeug zusammenzuzwängen. Die vorstehenden Laschen können nachträglich entfernt werden.

[0025] Mittels der oben beschriebenen WT-Elementvorformlinge, bei welchen ein Randbereich des Oberbleches an einer von dem Unterblech zurückversetzten Außenkante nicht mit dem Unterblech verbunden ist und an mindestens einer oder vorzugsweise allen übrigen Seiten, an welchen Ober- und Unterblech zumindest im Wesentlichen oder auf exakt gleicher Höhe enden und diese linienförmig und fluiddicht miteinander verbunden sind, können auch fluiddurchströmbare Anschlusskanäle konstruktiv besonders einfach hergestellt werden, die zudem nur geringe Druckverluste erzeugen. So kann der von dem Unterblech zurückspringende Randbereich des Oberbleches mit einem quer zu diesem angeordneten und mit Durchströmungsöffnungen versehenen Stirnblech fluiddicht verbunden, insbesondere verschweißt, sein, wobei das Stirnblech mit dem Unterblech zusätzlich gehaftet bzw. verschweißt werden kann. Das mit den Fluiddurchtrittsöffnungen versehene Stirnblech kann dann Teil eines Strömungskanals sein, wobei die gegenüberliegende Seitenwand desselben vorzugsweise mit demselben Unterblech fluiddicht verbunden wird, wodurch eine bauliche Einheit geschaffen wird. Hierzu kann ein geeignetes Winkelblech mit der Oberkante des Stirnbleches und dem Unterblech verbunden werden. Es versteht sich, dass die Durchtrittsöffnungen des Stirnbleches vorzugsweise oder ausschließlich auf Höhe der Aufweitungen des Oberbleches angeordnet sein können. Das Oberblech kann jedoch auch über die gesamte Länge der zurückversetzten Außenkante aufgeweitet werden, wobei die Durchtrittsöffnung des Stirnbleches eine entsprechende Länge aufweisen oder aus mehreren schlitzförmigen Öffnungen bestehen kann. Gegebenenfalls kann das Oberblech benachbart dem Stirnblech bereichsweise an dem Unterblech gehaftet sein, beispielsweise durch die ansonsten angebrachten Verbindungsstellen (z.B. Schweißkreise), so dass die Aufweitungskante des Oberbleches nicht-geradlinig sein kann.

[0026] Die zurückversetzte Kante des Oberbleches kann bis auf eine Höhe aufgeweitet werden, die der Aufweitung anderer Abschnitte des Oberbleches auf Höhe der fluiddurchströmbaren Zwischenräume entspricht, die Aufweitung kann jedoch auch geringer oder insbesondere stärker erfolgen, um so einen großvolumigen Einströmbereich in das Wärmetauscherelement bereitzustellen.

[0027] Ist das WT-Element als Rohrabschnitt ausgebildet, so kann das Stirnblech in Form eines Ringbleches mit entsprechendem Durchmesser ausgebildet sein, der weitere Teil des Strömungskanals als Hülse oder Rohrabschnitt. Der Strömungskanal selber kann mit einem entsprechenden Stutzen als Fluidinlass/Fluidauslass verbunden sein.

[0028] Die Aufweitung des Oberbleches erfolgt bei dieser wie auch der oben beschriebenen Ausgestaltung vorzugsweise nach erfolgter Befestigung bzw. Verschleißung des Oberbleches an dem Verbindungsblech bzw. dem Stirnblech.

[0029] Allgemein kann die jeweilige Aufweitung von Ober-, Unter- und/oder Verbindungsblech bei Umgebungstemperatur erfolgen, gegebenenfalls auch bei höheren Temperaturen von beispielsweise bis 50°C oder bis 100°C, ohne hierauf beschränkt zu sein. Das zur Aufweitung der Bleche eingesetzte Fluid kann Wasser, Luft, ein Inertgas oder ein anderes geeignetes Fluid sein. Der für die Aufweitung erforderliche Fluiddruck hängt insbesondere von Materialstärke und Werkstoff der aufzuweitenden Bleche ab, und von Anzahl und Raster sowie Durchmesser der Verbindungsstellen. Üblicherweise liegt der Fluiddruck (Aufweitungsdruk) im Bereich von 5 bis 600 bar.

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft beschrieben und anhand der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigen:

[0031] Fig. 1 eine Draufsicht auf zwei WT-Elemente eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers (Fig. 1a), eine Detailansicht (Fig. 1b), eine Schnittdarstellung im Ausgangszustand (Fig. 1c), eine Schnittdarstellung in aufgeweitetem Zustand (Fig. 1d),

[0032] Fig. 2 eine Schnittdarstellung eines Wärmetauscherelementes mit integriertem Anschlusskanal (Fig. 2a) und eine Schnittdarstellung in Draufsicht (Fig. 2b),

[0033] Fig. 3 verschiedene Querschnittdarstellungen der Verbindungsbleche.

[0034] In Fig. 1 ist ein Wärmetauscher 1 aus zwei WT-Elementen dargestellt, wobei zugehörige Zu- und Ableitungen für das wärmetauschende Fluid nicht dargestellt sind. Die WT-Elemente 2 bestehen

jeweils aus zwei parallel zueinander angeordneten Platten, nämlich einem Ober- und Unterblech **3**, **4**, die in nicht aufgeweitetem Zustand plan und vollflächig aufeinander aufliegen, ohne dass dies jedoch zwingend erforderlich ist. Die beiden Platten sind durch eine Vielzahl von gleichmäßig über die Plattenfläche verteilten Verbindungsstellen **5**, die hier in Form von Schweißkreisen oder anderen bezogen auf die Blechdimensionen im Wesentlichen punktförmigen Verbindungsstellen ausgeführt sind, dauerhaft verbunden. Die Verbindungsstellen **5** können z. B. durch Laser- oder Widerstandsschweißen hergestellt sein. Die dargestellten WT-Elemente sind aus größeren Platten, bei welchen Ober- und Unterblech durch die Verbindungsstellen bereits miteinander verbunden sind, z.B. durch Laserschneiden herausgetrennt, so dass an den Stirnseiten **6** Ober- und Unterblech exakt bündig aufeinander aufliegen. Es versteht sich, dass gegebenenfalls auch Ober- und Unterblech einzeln zusammengefügt werden können.

[0035] Zur Verbindung der beiden WT-Elemente **2** sind die beiden Oberbleche **3** an den dauerhaft gefügten, aufeinander zugewandten Stirnseiten **7** der Unterbleche nach innen zurückversetzt, so dass die Außenkanten **8** der Unterbleche **3** auf Höhe der Verbindung **9** mit Abstand d beabstandet sind. Die Schweißverbindung **9** ist hierbei mittig zu den Außenkanten **8** der Oberbleche angeordnet. Die Schweißverbindung **9** kann somit von der den Oberblechen zugewandten Seite her durchgeführt werden.

[0036] Nach Zusammenfügen der Unterbleche **4** kann ein Verbindungsblech **11**, vorzugsweise jeweils überlappend, mit den Oberblechen **3** dauerhaft und fluiddicht verbunden werden. Hierzu können sowohl Schweißverbindungen **12** mit Schweißzusatzwerkstoff vorgesehen sein, vorzugsweise an den Außenkanten des Verbindungsbleches, wobei ferner beabstandet von den Kanten schweißzusatzwerkstofffreie Schweißverbindungen **14**, z.B. durch Laser- oder Widerstandsschweißen, zwischen Ober- und Unterblech vorgesehen sein können.

[0037] An den außenliegenden Randbereichen **15**, an denen ein Fluidübergang zwischen verschiedenen WT-Elementen nicht erwünscht ist, sind Ober- und Unterblech durch eine oder mehrere linienförmige, fluiddichte Schweißverbindung **16** miteinander verbunden. Das Verbindungsblech **11** erstreckt sich hierbei über die quer zu diesem verlaufenden Schweißverbindungen **16** bis vorzugsweise nahezu unmittelbar an die Außenkante des Unterbleches hin.

[0038] Herkömmliche, konstruktiv sehr aufwändige Fluidübergänge zwischen den WT-Elementen, bei welchen beide Oberbleche mit Eintrittsöffnungen zu versehen und Rohrverbindungen **25** sowie entsprechende Anschlussstutzen an den Oberblechen zu befestigen sind (siehe [Fig. 1a](#), gestrichelt), die jeweils

zudem sehr hohe Druckverluste bedingen, werden hierdurch entbehrlich.

[0039] Wie in [Fig. 1c](#) dargestellt, kann die Stärke des Unterbleches **4** in etwa der dreifachen Stärke des Oberbleches erstrecken. Das Oberblech **4** kann in etwa um die zwei- bis dreifache Stärke des Unterbleches von der Verbindungslinie **9** zurückversetzt sein.

[0040] Es versteht sich, dass die WT-Elemente nicht auf die dargestellte Rechteckform und/oder ebene Form beschränkt sind, sondern an die jeweiligen Erfordernisse anpassbar ist. Ferner können die einzelnen WT-Elemente zylinderförmig gebogen oder zu Rohrabschnitten geformt sein, wozu beispielsweise die gegenüberliegenden Stirnseiten **17a**, **17b**, die der Verbindungsnaht **9** benachbart sind, fluiddicht miteinander zu verbinden sind. Die Formung der WT-Elemente kann vor oder nach der Anbringung der Verbindungsbleche **11** erfolgen. Es versteht sich, dass zur Ausbildung längerer Rohrabschnitte auch mehrere WT-Elemente miteinander unter Verwendung von Verbindungsblechen **11** verbindbar sind, wozu das Oberblech an gegenüberliegenden Randbereichen **18a**, **18b** von der Außenkante des Unterbleches zurückversetzt sein kann. Entsprechend können sich zur Herstellung von Wärmetauschern mit großem Durchmesser die Verbindungsbleche auch in Längsrichtung derselben erstrecken.

[0041] Zur Ausbildung fluiddurchströmbarer Zwischenräume **10** zwischen Ober- und Unterblech können an den WT-Elementen geeignete Anschlüsse **19** für Fluidzu- und -abführungen vorgesehen sein, vorzugsweise an den Eck- oder Randbereichen der WT-Elemente. Durch Druckbeaufschlagung mit einem Fluid (z.B. Wasser) können Ober- und/oder Unterblech wie in [Fig. 1d](#) gezeigt aufgeweitet werden. Hierbei wird auch der durch das Verbindungsblech **11** überbrückte Bereich **20** aufgeweitet, gegebenenfalls auch unter Aufweitung des Verbindungsbleches **11** selber, was unter anderem von den gewählten Materialstärken der Bleche abhängt.

[0042] Durch die Aufweitung von Ober- und Verbindungsblech auf Höhe der Verbindung **9** wird somit ein fluiddurchströmbarer Übergang zwischen den benachbarten WT-Elementen **2** geschaffen, der sich über die gesamte Länge der Verbindung **9** bzw. die Außenkanten der WT-Elemente **2** erstrecken kann. Wie in [Fig. 1a](#), **b** dargestellt, kann jedoch gegebenenfalls ein Oberblech auf Höhe des Verbindungsbleches **11** oder benachbart zu diesem durch Verbindungsstellen **21**, die gegebenenfalls auch linienförmig ausgebildet sein können, mit dem Unterblech gehaftet sein. An den Verbindungsstellen **21** wird das Verbindungsblech dann nicht aufgeweitet, so dass an dieser Stelle der Fluidübergang zwischen den WT-Elementen **2** behindert oder durchbrochen sein kann.

[0043] Gegebenenfalls kann sich das Verbindungsblech **11** auch nur über eine Teillänge der Außenkante des Unterbleches bzw. der Verbindung **9** erstrecken, wobei das Unterblech in dem verbleibenden Bereich durchgehend und fluiddicht durch Schweißverbindungsstellen **16** mit dem Oberblech verbunden sein kann.

[0044] Gegenstand der Erfindung sind auch WT-Elementvorformlinge, die den WT-Elementen **2** in nicht-aufgeweitetem Zustand entsprechen können. Ober- und Unterblech liegen hierbei vollflächig aufeinander (siehe [Fig. 1c](#)) und sind durch die oben beschriebenen Verbindungsstellen dauerhaft miteinander verbunden. An einer oder mehreren Kanten des Unterbleches springt das Oberblech von diesem zurück (siehe [Fig. 1c](#)), wohingegen an den Randbereichen **15**, an welchen Ober- und Unterblech im Wesentlichen oder exakt deckungsgleich zueinander angeordnet sind, die beiden Bleche durch mindestens eine linienförmige Schweißverbindung **16** miteinander verbunden sind. Das Oberblech kann auch jeweils an ein, zwei, drei oder vier Kanten des WT-Elementvorformlings von dem Unterblech zurückversetzt sein, insbesondere wenn diese als Mehreckbleche oder Rechteckblechen ausgebildet sind.

[0045] **Fig. 2** zeigt ein erfindungsgemäßes WT-Element **30** eines Wärmetauschers mit Ober- und Unterblech **31**, **32** und integriertem Anschlusskanal **33**, der mit einem Eintrittsrohr **34** versehen ist. Der nach Aufweitung von Ober- und/oder Unterblech zwischen diesen entstehende Zwischenraum **35** ist hierbei durch die Durchtrittsöffnung **36** des Stirnbleches **37**, welches Bestandteil des Anschlusskanals ist, fluiddurchströmbar mit dem Eintrittsrohr **34** verbunden. Der Anschlusskanal **33** ist hierbei auf demselben Unterblech **32** angeordnet, wie das angrenzende Oberblech **31** und kann sich über die gesamte Längserstreckung des Unterbleches bzw. WT-Elementes erstrecken, gegebenenfalls jedoch aber auch nur über einen Abschnitt desselben. Hierdurch wird eine konstruktiv und strömungstechnisch besonders vorteilhafte Zu- bzw. Ableitung für das den Zwischenraum **35** durchströmende Fluid geschaffen, wobei Druckverluste bei der Zu- bzw. Ableitung von Fluid zu/von den WT-Elementen weitestgehend vermieden werden.

[0046] Zur Herstellung des WT-Elementes nach **Fig. 2** kann ausgehend von einem WT-Elementvorformling gemäß **Fig. 1**, bei welchem Ober- und Unterblech vollflächig aufeinander aufliegen und diese am Randbereich, bis auf den mit dem Anschlusskanal zu versehenen Abschnitt, linienförmig und fluiddicht miteinander verbunden sind, der nicht mit dem Unterblech gehaftete Randbereich des Oberbleches beispielsweise durch geeignete Werkzeuge mechanisch aufgeweitet werden. Anschließend kann das mit den Durchtrittsöffnungen **36** versehene Stirnblech

37, welches sich quer bzw. senkrecht zu Ober- und Unterblech erstreckt, durch die Schweißverbindungen **38**, **39** mit Ober- und Unterblech verbunden werden. Obwohl sich die Durchtrittsöffnung **36** über die gesamte Länge des Anschlusskanals erstrecken kann, sind Abstützungen **40** vorgesehen, die mit dem Unterblech gehaftet sein können. Nachfolgend hierzu wird durch Anbringung des Winkelbleches **41** der Anschlusskanal **33** vervollständigt, der stirnseitig geschlossen werden kann. Das Eintrittsrohr **34** wird dann angebracht. Nach Montage eines das Stirnblech **37** umfassenden Anschlusskanals kann dieser dann mit Fluid druckbeaufschlagt werden, um durch den Fluiddruck Ober- und/oder Unterblech aufzureißen. Die Aufweitung erfolgt somit entgegen der herkömmlichen Vorgehensweise erst nach dauerhafter Befestigung bzw. Verschweißung des Stirnbleches **37** mit Unter- und Oberblech, so dass die Schweißverbindung bei den zuvor noch nicht aufgeweiteten Blechabschnitten einfacher und sicherer herstellbar ist. Demgegenüber wird bei herkömmlichen Herstellungsverfahren immer zunächst zumindest eines der beiden Bleche aufgeweitet und erst nachfolgend hierzu der rohrförmige Übergang angeschweißt. Bei geringfügig ungleichmäßiger Aufweitung der Bleche sind hierdurch Herstellungs- und Dichtigkeitsprobleme nicht zu vermeiden. Der Anschlusskanal kann sich hierbei über die gesamte Ausdehnung einer Aussenkante des WT-Elementes erstrecken, aber auch nur über ein Teil derselben, wobei die verbleibenden Randbereiche von Ober- und Unterblech an dieser Kante linienförmig fluiddicht verbunden sein können. Der Anschlusskanal kann sich gegebenenfalls auch durchgehend über benachbarte Randbereiche der WT-Elemente erstrecken.

[0047] **Fig. 3** zeigt beispielhaft einige Abwandlungen von Verbindungsblechen **45** mit unterschiedlicher Querschnittsgestalt, wobei weitere Ausgestaltungen ohne weiteres möglich sind. Das Verbindungsblech kann somit im Wesentlichen eben ([Fig. 3a](#)), winkelförmig ([Fig. 3b](#)) oder gewölbt ([Fig. 3c](#)) ausgeführt sein, wobei jeweils horizontal abgehende Laschen **46** vorgesehen sein können, um eine dauerhafte Schweißverbindung mit dem Oberblech zu ermöglichen. Gemäß [Fig. 3d](#) ist die Anordnung der Laschen nicht zwingend notwendig, was auch für andere Ausgestaltungen des Verbindungsbleches gilt.

Bezugszeichenliste

1	Wärmetauscher
2	Wärmetauscherelement
3	Oberblech
4	Unterblech
5	Verbindungsstelle
6, 7	Stirnseite
8	Außenkanten
9	Verbindung

10	Zwischenraum
11	Verbindungsblech
12	Schweißverbindung
13	Außenkante
14	Schweißverbindung
15	Randbereich
16	Schweißverbindung
17a, 17b	Stirnseiten
18a, 18b	Randbereich
19	Anschluss
20	Übergang
21	Verbindungsstelle
30	WT-Element
31	Oberblech
32	Unterblech
33	Anschlusskanal
34	Eintrittsrohr
35	Zwischenraum
36	Durchtrittsöffnung
37	Stirnblech
38, 39	Schweißverbindung
40	Abstützung
41	Winkelblech
45	Verbindungsblech
46	Lasche

Patentansprüche

1. Wärmetauscher mit zumindest zwei Wärmetauschererelementen (2), die jeweils zwei im Wesentlichen parallel zueinander angeordnete Platten, nämlich ein Oberblech (3) und ein Unterblech (4), aufweisen, welche durch eine Vielzahl von über die Plattenfläche verteilten Verbindungsstellen (5) miteinander dauerhaft verbunden sind, wobei die Bereiche zwischen den Verbindungsstellen durch Aufweitung mindestens einer der Platten als fluiddurchströmbare Zwischenräume (10) ausgebildet sind und die Wärmetauschererelemente miteinander zumindest nahezu stirnseitig aneinander stoßen und die Unterbleche (4) durch eine Schweißverbindung dauerhaft miteinander verbunden sind, wobei die Zwischenräume (10) verschiedener Wärmetauschererelemente durch einen fluiddurchströmbaren Übergang miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Oberbleche (3) der beiden Wärmetauschererelemente von den Stirnseiten der Unterbleche (4) nach innen zurückversetzt angeordnet und voneinander beabstandet und auf der dem Unterblech (4) gegenüberliegenden Seite durch ein Verbindungsblech (11) fluiddicht miteinander verbunden sind, und dass im Bereich des Verbindungsbleches Ober- und/oder Unterblech (3, 4) und/oder Verbindungsblech (11) unter Ausbildung eines fluiddurchströmbaren Übergangs (20) zwischen den Wärmetauschererelementen aufgeweitet sind.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an den Außenkanten des Unterblechs (4), an denen ein Verbindungsblech (11) nicht

vorgesehen ist, das Oberblech (3) linienförmig fluiddicht mit dem Unterblech (4) verbunden ist.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungsblech (11) sich durchgehend über die gesamte Länge der Außenkante des zugeordneten Unterbleches (4) erstreckt.

4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass gegenüberliegende Stirnseiten zumindest eines Wärmetauschererelementes (2) mit zwei weiteren Wärmetauschererelementen durch Verbindungsbleche (11) unter Ausbildung aufgeweiteter und fluiddurchströmbarer Übergangsbereiche verbunden sind.

5. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbindungsbereich zwischen den einander angrenzenden Wärmetauschererelementen (2) zumindest zum überwiegenden Teil der Längserstreckung des Verbindungsbleches (11) als fluiddurchströmbarer Übergangsbereich (20) ausgebildet ist.

6. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungsblech (11) jeweils mit den Endbereichen beider Oberbleche (3) flächig überlappt und durch linienförmige Schweißverbindungen fluiddicht verbunden ist.

7. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungsblech (11) mit beiden benachbarten Oberblechen (3) durch Schweißverbindungen mit Schweißzusatzwerkstoff oder durch schweißzusatzwerkstofffreie Schweißverbindungen verbunden ist.

8. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Oberblech (3) jeweils um zumindest die halbe Materialstärke des Unterblechs (4) von der Stirnkante desselben zurückversetzt ist.

9. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines oder beide Oberbleche (3) auf Höhe des Verbindungsbleches (11) oder in einem Randbereich der diesem zugewandten Außenkante, dessen Breite zumindest der bis dreifachen Materialstärke des Unterbleches entspricht, nicht mit dem Unterblech (4) durch Verbindungsstellen geheftet ist.

10. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauschererelemente zu Rohrabschnitten gebogen sind und dass die gegenüberliegenden Stirnseiten der Wärmetauschererelemente, bei welchen das Oberblech (3) jeweils fluiddicht mit dem Unterblech (4) verbunden ist, miteinander linienförmig und fluiddicht

unter Bildung einer Rohrnaht verbunden sind, und dass die freien Stirnseiten des Rohrabschnittes mit den angrenzenden rohrförmigen Wärmetauscherelementen durch Verbindungsbleche unter Ausbildung aufgeweitet und fluiddurchstömbarer Übergangsbereiche verbunden sind.

11. Wärmetauscher nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der rohrförmigen Wärmetauscherelemente als Bogenelement ausgeführt ist, wobei die mit den Verbindungsblechen versehenen Stirnseiten im Wesentlichen senkrecht zur Rohrachse verlaufen.

12. Wärmetauscher mit zumindest einem Wärmetauscherelementen, das aus zwei im Wesentlichen parallel zueinander angeordneten Platten, nämlich einem Oberblech (3) und einem Unterblech (4), besteht, welche durch eine Vielzahl von über die Plattenfläche verteilten Verbindungsstellen (5) miteinander dauerhaft verbunden sind, wobei die Bereiche zwischen den Verbindungsstellen (5) durch Aufweitung mindestens einer der Platten als fluiddurchströmbare Zwischenräume ausgebildet sind, wobei das Wärmetauscherelement einen Fluidzufluss und einen Fluidabfluss aufweist, die mit den Zwischenräumen durchströmbar verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass Fluidzufluss und Fluidabfluss derart ausgebildet sind, dass das Oberblech (3) von zumindest einer Stirnseite des Unterbleches (4) nach innen zurückversetzt und von dieser beabstandet angeordnet ist, dass das Oberblech (3) zumindest bereichsweise an der zurückversetzten Kante aufgeweitet und an dieser Kante mit einem quer zu diesem stehenden Stirnblech (37), welches auf Höhe der Aufweitungen des Oberbleches (3) Durchströmungsöffnungen (36) aufweist, mit dem Unterblech (4) verbunden ist, und dass das Stirnblech Teil eines Strömungskanals ist.

13. Wärmetauscher nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Stirnblech (37) Teil eines sich zumindest entlang der zurückversetzten Kante des Oberbleches erstreckenden Fluidströmungskanals (33) ist, welcher eine Fluiddurchlassöffnung zu dem Zwischenraum (10) zwischen Ober- und Unterblech (4) aufweist.

14. Wärmetauscher nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Stirnblech gegenüberliegende Wandung des Strömungskanals auf Höhe des Unterbleches angeordnet ist.

15. Wärmetauscherelementvorformling zumindest bestehend aus zwei parallel zueinander angeordneten, flächig aufeinanderliegenden, mehreckigen Platten, nämlich einem Oberblech (3) und einem Unterblech (4), die durch eine Vielzahl von über die Plattenflächen verteilten Verbindungsstellen (5) miteinander dauerhaft verbunden sind, dadurch gekenn-

zeichnet, dass Ober- und Unterblech (4) an mindestens einer Außenkante zumindest im Wesentlichen auf gleicher Höhe enden und durch mindestens eine linienförmige und durchgehende fluiddichte Verbindung miteinander verbunden sind und dass zumindest an einer Außenkante das Oberblech (3) von der Außenkante des Unterblechs nach innen zurückversetzt und beabstandet ist und entlang dieser Außenkante Ober- und Unterblech (3, 4) nur abschnittsweise oder nicht miteinander verbunden sind.

16. Wärmetauscherelementvorformling nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich sämtlicher Außenkanten, an welchen Ober- und Unterblech (3, 4) zumindest im Wesentlichen auf gleicher Höhe enden, Ober- und Unterblech (3, 4) miteinander durch zumindest eine durchgehende, linienförmige und fluiddichte Verbindung miteinander verbunden sind, und dass im Bereich sämtlicher Außenkanten, an welchen die Außenkante des Oberblechs (3) gegenüber dem Unterblech (4) nach innen zurückversetzt ist, Ober- und Unterblech (4) lediglich abschnittsweise oder nicht miteinander verbunden sind.

17. Verfahren zur Herstellung eines Wärmetauschers nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Wärmetauscherelemente (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 bereitgestellt werden, die im Bereich der nach innen zurückversetzten Außenkanten der Oberbleche (3) dauerhaft und fluiddicht mit mindestens einem Verbindungsblech (11) überbrückt werden, oder dass zumindest ein Wärmetauscherelement (2) mit mindestens einer gegenüber dem Unterblech (4) nach innen zurückversetzten Kante des Oberbleches bereitgestellt wird, das zumindest abschnittsweise im Bereich der Kante aufgeweitet wird, und dass ein Stirnblech (37) mit der aufgeweiteten Kante des Oberblechs und dem Unterblech (4) dauerhaft und fluiddicht verbunden wird, und dass nachfolgend hierzu das Unterblech (4) und/oder das Oberblech (3) durch den Fluiddruck eines zwischen Ober- und Unterblech (4) eingebrachten Fluids aufgeweitet werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

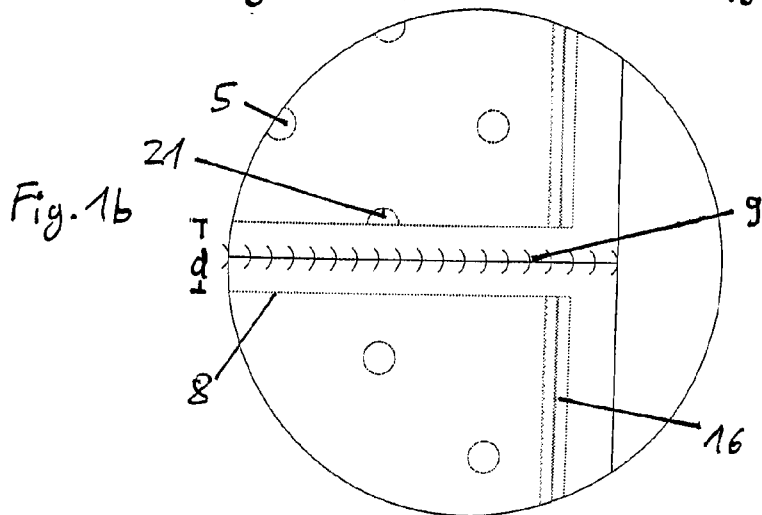
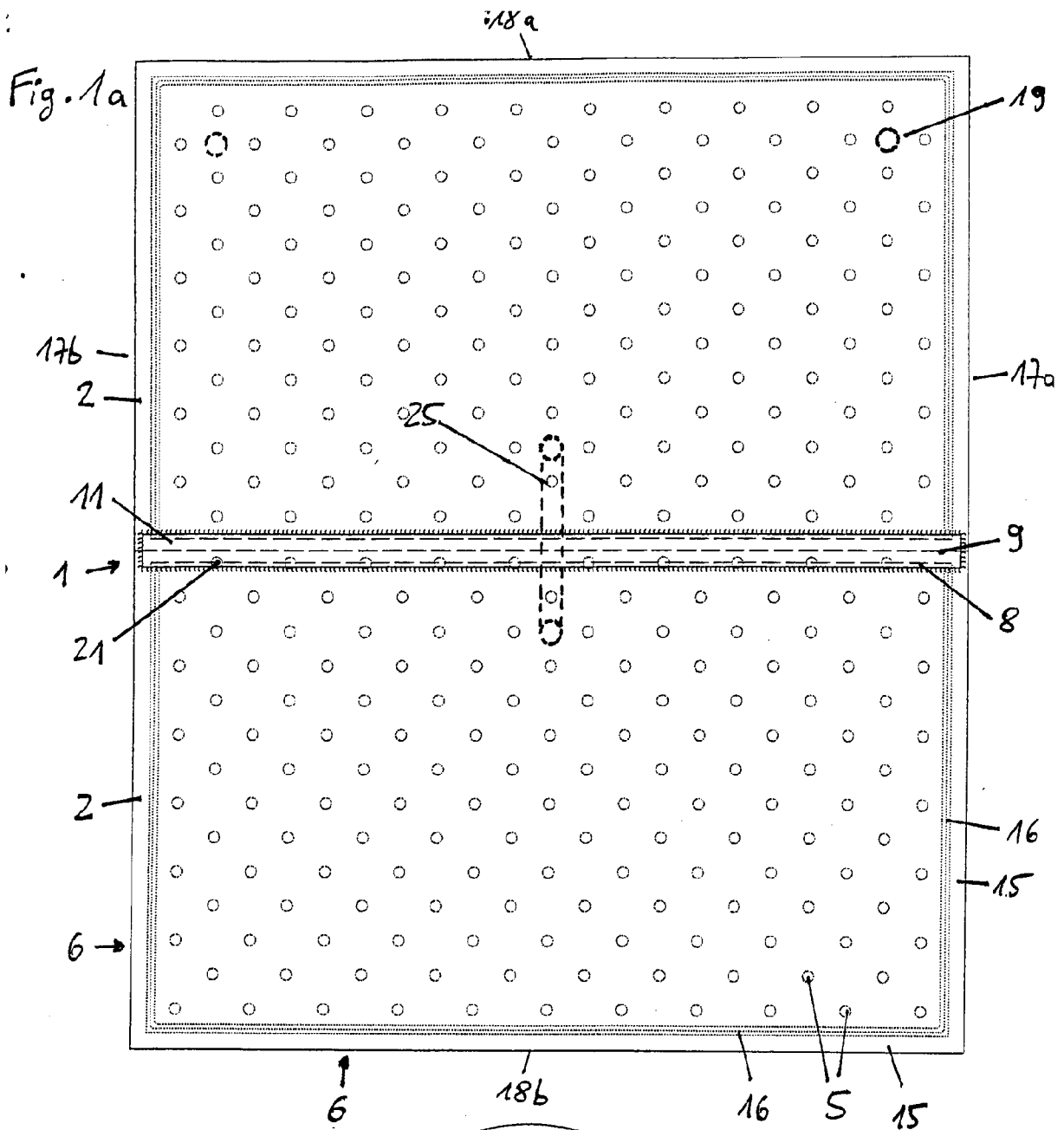


Fig. 2b

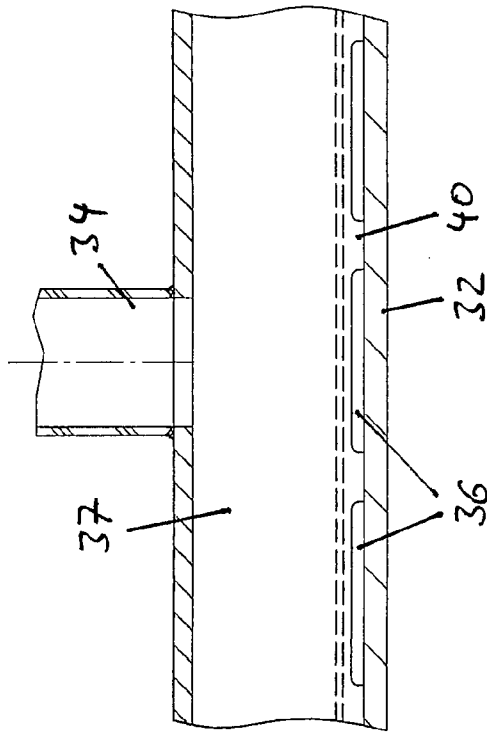
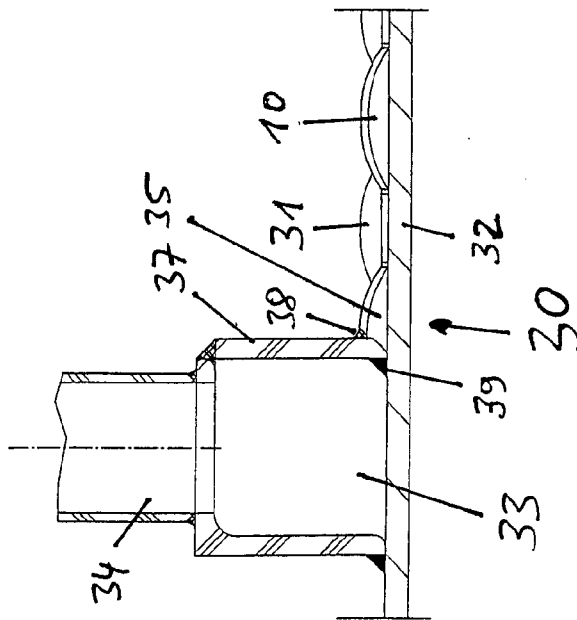


Fig. 2a



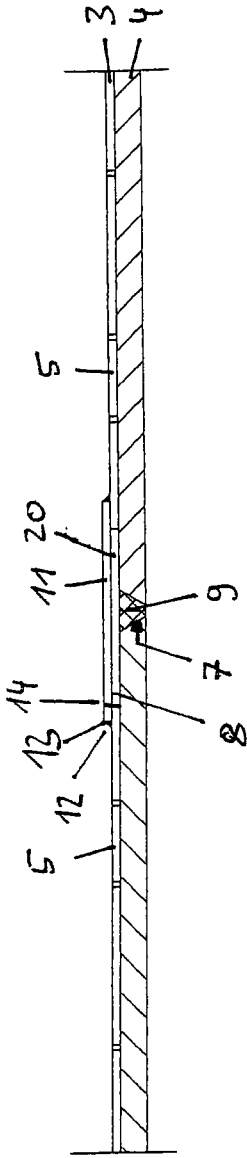


Fig. 1c

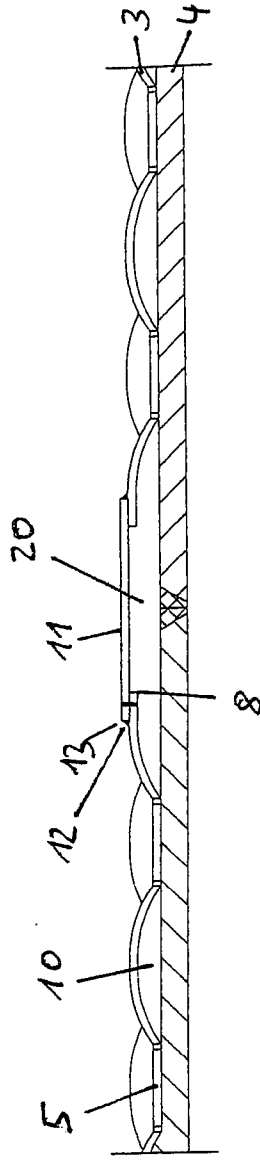


Fig. 1d

Fig. 3d

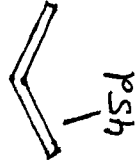


Fig. 3c

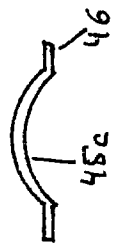


Fig. 3b

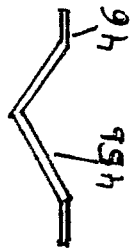


Fig. 3a

