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

(11) **EP 2 242 979 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.09.2014 Patentblatt 2014/39

(21) Anmeldenummer: **08869782.6**

(22) Anmeldetag: **18.12.2008**

(51) Int Cl.:
F28F 1/02 *(2006.01)* ***F28F 1/42*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/010829

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/086894 (16.07.2009 Gazette 2009/29)

(54) **STRANGPRESSROHR FÜR EINEN WÄRMETAUSCHER**

EXTRUDED TUBE FOR A HEAT EXCHANGER

TUBE FILÉ POUR ÉCHANGEUR DE CHALEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **10.01.2008 DE 102008003737**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.10.2010 Patentblatt 2010/43

(73) Patentinhaber: **Behr GmbH & Co. KG**
70469 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **RUCKWIED, Jens**
  70195 Stuttgart (DE)
- **MAUCHER, Ulrich**
  70825 Korntal-Münchingen (DE)
- **GESKES, Peter**
  73760 Ostfildern (DE)

(74) Vertreter: **Grauel, Andreas**
Grauel IP
Patentanwaltskanzlei
Presselstrasse 10
70191 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-83/04090
DE-A1- 2 108 397
DE-A1- 3 615 300
DE-A1-102005 020 727
DE-C1- 19 719 260
DE-C2- 19 846 347

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 242 979 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Strangpressrohr für einen Wärmetauscher nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie einen Wärmetauscher mit einem erfindungsgemäßen Strangpressrohr sowie ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Strangpressrohrs.

[0002] US 3,596,495 A beschreibt durch Extrusion und Ziehen herstellbare Rohre für einen Wärmetauscher, bei denen gemäß einem Ausführungsbeispiel mehrere Kammern durch innere Stege abgetrennt sind. Zudem sind die Kammern durch von außen eingebrachte Eindellungen sowohl der im Bereich der Seitenwände als auch im Bereich der Stege deformiert, um Turbulenzen eines durchströmenden Fluids zu erzeugen.

[0003] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Strangpressrohr für einen Wärmetauscher anzugeben, bei dem ein besonders hoher Wärmeübergang bei im Verhältnis geringem Druckabfall über die Strangpressrohre erreicht ist.

[0004] Diese Aufgabe wird für ein eingangs genanntes Strangpressrohr erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht. Durch die kontrollierte Orientierung der Ausbeulungen des Stegs kann eine gezielte genaue Formgebung des Kanals nicht nur in der Hochrichtung, sondern auch in der Querrichtung erreicht werden. Dagegen war gemäß dem eingangs genannten Stand der Technik in der Querrichtung lediglich eine unkontrollierte Verengung der Kanäle durch hinsichtlich der Orientierung zufällige Ausbeulung des Stegs möglich.

[0005] In einer bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, dass zumindest einer der Kanäle des Strangpressrohrs in der Längsrichtung einen regelmäßigen, wellenförmigen Verlauf bezüglich der Querrichtung aufweist. Hierdurch werden zum einen die Turbulenzen und der Wärmeübergang erhöht und zum anderen werden Engstellen vermieden, die einen zu großen Druckabfall und eventuell eine Verblockung durch Anlagerung von Fluid oder aus dem Fluid ausgefällten Substanzen bewirken können. Besonders bevorzugt ist dabei ein Abstand in Querrichtung zwischen zwei benachbarten Stegen im Wesentlichen konstant.

[0006] Im Interesse einer einfachen und zuverlässigen Fertigung zumindest eine der Einprägungen eine längliche Form, wobei eine Mehrzahl von Stegen durch die gleiche Einprägung überdeckt und ausgebeult ist. Die längliche Einprägung hat einen Ausrichtungswinkel zu der Querrichtung, so dass durch die gleiche Einprägung entstandene Ausbeulungen von Seitenwänden und Stegen sich nicht auf der gleichen Höhe in der Längsrichtung des Rohrs befinden. Ein solcher Ausrichtungswinkel beträgt etwa zwischen 0° und 45°, bevorzugt etwa zwischen 20° und 45°, und besonders bevorzugt etwa zwischen 28° und 42°.

[0007] Alternativ oder ergänzend kann es vorgesehen sein, dass zumindest eine der Einprägungen im Wesentlichen nur mit dem zumindest einen Steg in Überdeckung ist. Eine andere Einprägung kann dabei nicht in Überdeckung mit einem Steg sein. Auf diese Weise sind Einprägungen zur Ausbeulung der Seitenwände und Einprägungen zur Ausbeulung der Stege räumlich voneinander getrennt beliebig platzierbar, so dass eine besonders große Gestaltungsmöglichkeit für die Formung der Kanäle besteht. Eine solche isolierte Einprägung einer Seitenwand kann insbesondere eine Ausrichtung gegenüber der Querrichtung aufweisen. Ein Ausrichtungswinkel dieser Einprägung gegenüber der Querrichtung kann vorteilhaft etwa zwischen 0° und 45°, bevorzugt etwa zwischen 25° und 45°, und besonders bevorzugt etwa zwischen 30° und 40° betragen.

[0008] Zur besonders effektiven Erzeugung von Turbulenzen kann zumindest eine der Einprägungen wingletförmig ausgebildet sein. In optimierter Form hat die wingletförmige Einprägung dabei ein Verhältnis von Länge zu Breite von zwischen 2 und 5, bevorzugt zwischen 2,3 und 4 und besonders bevorzugt zwischen 2,5 und 3,2. Gemäß einer vorteilhaften Variante hat die wingletförmige Einprägung ein Verhältnis von Länge zu Breite von zwischen 1,2 und 5, bevorzugt zwischen 1,5 und 3 und besonders bevorzugt zwischen 1,8 und 2,5.

[0009] Es hat sich gezeigt, dass zu lange Einprägungen auch zu einer flächigen Verformung der Seitenwände führen oder die kurzen Seitenwände zum Ausbeulen bringen können. Dadurch wird nachteilig das Außenmaß des Strangpressrohres geändert und die Kühlmittelströmung verschlechtert, ebenso kann es bei Umformvorgängen des Strangpressrohres im Bereich der Einprägung zum Einknicken der Seitenwand und zu einer Verblockung oder Reduzierung des Kanalquerschnitts und damit zu einem erhöhten Druckverlust kommen.

[0010] Allgemein vorteilhaft ist es vorgesehen, dass die Orientierungen von zumindest einigen Ausbeulungen benachbarter Stege, die in Längsrichtung im Wesentlichen auf gleicher Höhe liegen, gleich sind. Hierdurch ist ein weitgehend konstanter Querschnitt des Kanals zumindest bezüglich der Querrichtung ermöglicht, so dass die Gefahr von Verblockungen durch Ablagerungen, zum Beispiel bei einer Verwendung zur Abgaskühlung, gering ist. Alternativ kann es ja nach Anforderungen aber auch vorgesehen sein, dass die Orientierungen von zumindest einigen Ausbeulungen benachbarter Stege, die in Längsrichtung im Wesentlichen auf gleicher Höhe liegen, entgegengesetzt sind. Hierdurch lassen sich kontrolliert Engstellen der Rohre gestalten, durch die eine besonders große Turbulenz erzeugt werden kann. Dies kann dann vorteilhaft sein, wenn die Gefahr von Verblockungen durch Ablagerungen gering ist, zum Beispiel im Fall von Ladeluftkühlern, Kühlmittelkühlern, Abgaskühlern für Niederdruck-AGR oder Hochdruck-AGR-Kühlern bei moderaten Ruß- und/oder HC-Emissionen.

[0011] Bei einer vorteilhaften Detailgestaltung sind in der Längsrichtung eines Kanals eine Ausbeulung einer der Seitenwände und eine Ausbeulung des Steg abwechseln hintereinander vorgesehen, um eine gleichmäßige Turbulenz

in sämtlichen Raumrichtungen zu erzeugen. Besonders vorteilhaft erfolgt in der Längsrichtung eines Kanals zunächst eine Ausbeulung des Stegs in eine erste Orientierung in Querrichtung, nachfolgend eine Ausbeulung einer ersten der beiden Seitenwände, nachfolgend eine Ausbeulung des Stegs in die jeweils andere Orientierung und nachfolgend eine Ausbeulung der jeweils anderen Seitenwand. Hierdurch ist ein geschraubter Verlauf des Kanals erzeugt, der den Fluidstrom vorteilhaft mit einem Drall beaufschlagt. Über die Länge des Strangpressrohrs können mehrere solcher Abschnitte mit insbesondere unterschiedlicher Drallrichtung vorgesehen sein.

[0012] Eine weitere vorteilhafte Ausführung sieht vor, die Ausbeulung der Stege und/oder der Kanalwände abwechselnd gegenläufig zu gestalten, so dass es zu einer abwechselnden Beschleunigung und Abbremsung der Strömung kommt.

[0013] Bei einer weiteren Ausführungsform weisen in der Längsrichtung eines Kanals Ausbeulungen zweier den Kanal begrenzender Stege auf gleicher Höhe liegende, gegeneinander gerichtete Ausbeulungen auf, so dass die Kanalbreite durch die Ausbeulungen verringert ist. Hierdurch kann eine Beschleunigung der Strömung an dieser Engstelle erreicht werden. Alternativ oder ergänzend ist es vorgesehen, dass in der Längsrichtung eines Kanals Ausbeulungen zweier den Kanal begrenzender Stege auf gleicher Höhe liegende, voneinander weg gerichtete Ausbeulungen aufweisen, so dass die Kanalbreite durch die Ausbeulungen vergrößert ist. Hierdurch kann eine Verlangsamung der Strömung an dieser Stelle erreicht werden. Wie zuvor angemerkt kann bei einer bevorzugten Ausführungsform auch eine abwechselnde Verbreiterung und Verengung der Kanäle vorgesehen sein.

[0014] Bei einer vorteilhaften Detailgestaltung ist es vorgesehen, dass die Ausbeulung des Stegs sowohl durch eine Einprägung der ersten Seite als auch eine zumindest teilweise in Überdeckung liegende Einprägung der zweiten Seite ausgebildet ist. Hierdurch lässt sich eine besonders deutliche Ausbeulung des Stegs bei nur geringer Ausbeulung der Seitenwände erzielen. Bei einer ersten Variante ist dabei die Orientierung der Ausbeulung bezüglich der in Überdeckung liegenden Einprägungen entgegengesetzt. Bei einer alternativen oder ergänzenden zweiten Variante ist dabei die Orientierung der Ausbeulung bezüglich der in Überdeckung liegenden Einprägungen gleichgerichtet.

[0015] Bei einer einfachen Realisierung eines erfindungsgemäßen Strangpressrohrs erfolgt die kontrolliert orientierte Ausbeulung des Stegs mittels eines relativ zu den Seitenwänden geneigten Prägewerkzeugs. Hierdurch wird beim Prägen eine in Querrichtung orientierte Kraft auf den Steg ausgeübt, so dass die Richtung seiner Ausbeulung oder Ausknickung vorgegeben ist. Bei einer alternativen oder ergänzenden Lösung erfolgt die kontrolliert orientierte Ausbeulung des Stegs mittels eines relativ zu dem Steg außermittig angreifenden Prägewerkzeugs. Insbesondere kann das Prägewerkzeug dabei in Querrichtung nur etwa so breit wie der Steg sein und die Abweichung des Prägezentrums von der Stegmitte relativ gering sein, so dass zum eine kontrolliert gerichtete Ausbeulung des Stegs erfolgt und zum anderen die an den Steg angrenzende Seitenwand möglichst wenig in der Hochrichtung ausgebeult wird.

[0016] Um die erfindungsgemäßen Strangpressrohre einfach und dichtend in einem Boden eines Wärmetauschers festlegen zu können ist ein endseitiger Bereich des Strangpressrohr bevorzugt nicht mit Ausbeulungen versehen. Ein Abstand eines Rohrendes bis zu einer ersten Prägung beträgt dabei vorteilhaft etwa zwischen 2 mm und 15 mm, besonders bevorzugt etwa zwischen 4 mm und 8 mm. Bei einem alternativen Ausgestaltungsbeispiel beträgt ein Abstand eines Rohrendes bis zu einer ersten Prägung vorteilhaft etwa zwischen 4 mm und 20 mm, besonders bevorzugt etwa zwischen 6 mm und 12 mm.

[0017] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung hat ein Strangpressrohr einen gebogenen Bereich, so dass der Wärmetauscher zum Beispiel ein U-flow-Wärmetauscher sein kann oder allgemein durch die Biegung der Rohre an einen vorgegebenen Bauraum angepasst ist. Zur Vermeidung einer übermäßigen Kanalverengung in dem in dem gebogenen Bereich liegt dort zweckmäßig eine zumindest reduzierte Tiefe der Ausbeulungen vorliegt. Besonders bevorzugt sind dabei in dem gebogenen Bereich zumindest abschnittsweise keine Ausbeulungen angeordnet.

[0018] In bevorzugter Detailgestaltung besteht das Rohrmaterial aus einem aus der Gruppe Aluminiumlegierung, AlMn-Legierung, AlMg-Legierung und AlMgSi-Legierung. Solche Leichtmetall-Legierungen sind besonders gut strangpressbar und mit den erfindungsgemäßen Einprägungen umformbar. Es hat sich gezeigt, dass Strangpressrohre aus solchen Legierungen auch bei Einsatz als Abgaskühler eine gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber aggressivem Kondensat aufweisen.

[0019] Bei einer optimierten Geometrie der Strangpressrohre beträgt eine Tiefe der Einprägungen weniger als etwa 75%, bevorzugt weniger als etwa 45% und besonders bevorzugt weniger als etwa 30% eines inneren Rohrdurchmessers in der Hochrichtung.

[0020] Weiterhin hat sich in Versuchen gezeigt, dass in der Längsrichtung ein Abstand zwischen einer Einprägung der Rohrunterseite zu einer nachfolgenden Einprägung der Rohroberseite vorteilhaft nicht mehr als das 10-fache, bevorzugt nicht mehr als das 6-fache und besonders bevorzugt nicht mehr als das 3,5-fache eines inneren Rohrdurchmessers in der Hochrichtung beträgt. Zudem weist eine optimierte Ausführung die Eigenschaft auf, dass in der Längsrichtung ein Abstand zwischen einer Einprägung zur Ausbeulung einer Seitenwand zu einer nachfolgenden Einprägung zur Ausbeulung eines Stegs nicht mehr als das 8-fache, bevorzugt nicht mehr als das 6-fache und besonders bevorzugt nicht mehr als das 3-fache eines inneren Rohrdurchmessers in der Hochrichtung beträgt.

[0021] Für den Fall von in Querrichtung mehrere Stege übergreifenden Einprägungen beträgt eine Länge der Einprä-

gung in der Querrichtung optimal etwa zwischen 25% und 100%bevorzugt zwischen 35% und 90% und besonders bevorzugt zwischen 45% und 80% einer Breite des Strangpressrohrs in der Querrichtung.

[0022] Für den Fall einer nur zwischen zwei Stegen begrenzten Einprägung beträgt deren Länge in der Querrichtung etwa zwischen 25% und 130%, bevorzugt zwischen 35% und 95% und besonders bevorzugt zwischen 45% und 75% einer Breite des von den Stegen begrenzten Kanals in der Querrichtung.

[0023] Allgemein vorteilhaft ist zur Verbesserung des Wärmeübergangs auf zumindest einer der Seitenwände von außen ein Rippenelement angeordnet ist, insbesondere mittels stoffschlüssiger Verbindung. Dabei kann es sich insbesondere um eine flächige Verlötung handeln. Um einen möglichst gleichmäßigen Wärmeübergang zwischen Rippen und Strangpressrohren sicherzustellen ist es von Vorteil, dass eine Wiederholeinheit der Einprägungen in der Längsrichtung und eine Wiederholeinheit von Rippen des Rippenelements keine ganzzahligen Vielfachen voneinander sind. Hierdurch lassen sich ungünstige regelmäßige Überdeckungen von Kontaktflächen der Rippen mit eingeprägten Bereichen der Rohroberfläche vermeiden.

[0024] Zur weiteren Verbesserung eines Wärmeübergangs kann bei einem erfindungsgemäßen Strangpressrohr zumindest ein Halbsteg von einer der Seitenwände in einen der Kanäle hineinragen.

[0025] Bei einer optimierten Ausführungsform liegt ein als das Vierfache des Verhältnisses aus der Fläche des durchströmbaren Querschnitts zu einem durch das erste Fluid benetzbaren Umfang definierter hydraulischer Durchmesser in einem Bereich zwischen 1,2 mm und 6 mm.

[0026] Bevorzugte Bereiche des hydraulischen Durchmessers sind insbesondere zwischen etwa 2 mm und etwa 5 mm, besonders bevorzugt zwischen 3,0 mm und 3,4 mm, insbesondere bevorzugt zwischen 3,1 mm und 3,3 mm und insbesondere etwa 3,2 mm.

[0027] Allgemein und insbesondere für Bauformen von Hochdruck-Wärmetauschern hat sich ergeben, dass der hydraulische Durchmesser (dh) vorteilhaft zwischen etwa 2,5 mm und 4 mm beträgt, insbesondere bevorzugt zwischen etwa 2,8 mm und 3,8 mm.

[0028] Allgemein und insbesondere für Bauformen von Niederdruck-Wärmetauschern hat sich ergeben, dass der hydraulische Durchmesser (dh) vorteilhaft in einem Bereich zwischen 2 mm und 3,5 mm liegt, insbesondere bevorzugt zwischen 2,5 mm und 3,5 mm.

[0029] Zur Optimierung von Gewicht und Materialmenge liegt ein Verhältnis aus dem hydraulischen Durchmesser (dh) und einer Kanalmantelstärke (s) vorteilhaft in einem Bereich zwischen 0,8 und 8, bevorzugt in einem Bereich zwischen 1,2 und 6 und besonders bevorzugt in einem Bereich zwischen 1,4 und 6. Aus gleichem Interesse liegt ein Verhältnis aus einer Stegstärke (d) und einer Kanalmantelstärke (s) bevorzugt unter 1,0.

[0030] Allgemein vorteilhaft liegt ein Verhältnis aus einem Umfang des Strangpressrohrs und dem durch das erste Fluid benetzbaren Umfang in einem Bereich zwischen 0,1 und 0,9, insbesondere zwischen 0,1 und 0,5, wobei der letztgenannte Bereich besonders für Abgaskühler geeignet ist.

[0031] In optimierter Bauform eines Ausführungsbeispiels liegt ein Verhältnis eines Abstands (e) zwischen zwei insbesondere gegenüberliegenden und/oder gegeneinander versetzten Teilstegen zu einer Höhe (b) des RohrQuerschnitts in einem Bereich unterhalb von 0,8, besonders bevorzugt in einem Bereich zwischen 0,3 und 0,7 liegt. Ein Verhältnis eines Abstands (a3) eines ersten Teilstegs zu einem Ganzsteg zu einem Abstand (a4) eines zweiten Teilstegs zu dem Ganzsteg liegt bei einer entsprechenden Bauform bevorzugt in einem Bereich zwischen 0,5 und 1,0, insbesondere bevorzugt in einem Bereich zwischen 0,6 und 0,8.

[0032] Allgemein zur Erhöhung der Lebensdauer und insbesondere bei Beteiligung eines Fluids mit korrosiven Eigenschaften wie zum Beispiel Abgas kann es vorgesehen sein, dass wenigstens ein Steg und/oder der Kanalmantel, vorzugsweise die Kanalmantelinnenseite, einen Korrosionsschutz aufweist, vorzugsweise in Form einer Verzinkung und/oder eines Lacks.

[0033] Je nach Anforderungen kann ein Querschnitt des Strangpressrohrs vorteilhaft zum Beispiel rechteckig, oval oder halboval ausgebildet sein.

[0034] Bei einer besonders geeigneten Bauform eines Strangpressrohrs zur Verwendung in einem Wärmetauscher sind eine Anzahl von 2 bis 20, bevorzugt 5 bis 15, besonders bevorzugt 7 bis 12, besonders bevorzugt 8 bis 11 und insbesondere bevorzugt 9 Stegen über einen Rohr-Querschnitt nebeneinander angeordnet.

[0035] Die Aufgabe der Erfindung wird zudem gemäß Anspruch 11 durch einen Wärmetauscher mit einem erfindungsgemäßen Strangpressrohr gelöst. In dem Strangpressrohr wird dabei ein ersten Fluid geführt, das mit einem das Rohr außen umströmenden zweiten Fluid Wärme austauscht. Solche Wärmetauscher finden insbesondere in Kraftfahrzeugen verbreiteten Einsatz, wobei hier aufgrund der hohen Anforderungen an Gewicht und Bauraum eine Optimierung der Tauscherleistung durch die erfindungsgemäßen Einprägungen in besonderem Maß vorteilhaft ist.

[0036] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Strangpressrohre dabei luftumströmt. In einer alternativen Ausführungsform können die Strangpressrohre auch von einer Kühlflüssigkeit umströmt sein, zum Beispiel im Fall eines indirekten Abgaskühlers eines Kraftfahrzeugs.

[0037] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher kann ein Abgaskühler zur Kühlung eines rückgeführten Abgasstroms sein, aber auch ein Ladeluftkühler eines Verbrennungsmotors, ein Ölkühler oder auch ein Kühlmittelkühler. Besonders

bevorzugt finden diese Wärmetauscher jeweils in einem Kraftfahrzeug Verwendung.

[0038] Die Aufgabe der Erfindung wird für ein Herstellungsverfahren für das Strangpressrohr durch die Merkmale des Anspruchs 17 gelöst. Zweckmäßig werden zunächst die Strangpressprofile nach Art eines durchgängig prismatischen Grundkörpers durch ein bekanntes Strangpressverfahren ausgeformt und nachfolgend die Einprägungen eingebracht. Dies kann in einem sich an das Strangpressen unmittelbar anschließenden Schritt, insbesondere auch bei noch warmem Profil erfolgen oder auch in einem vollständig separierten Schritt an einem abgekühlten und/oder zwischengelagerten Profilstrang.

[0039] In vorteilhafter Detailgestaltung erfolgt das Einprägen mittels einer Prägewalze. Alternativ oder ergänzend kann es aber auch mittels eines Prägestempels erfolgen.

[0040] In bevorzugter Ausführungsform ist zur Optimierung der Herstellungskosten ein dem Einprägen nachfolgender Schritt des Abtrennens der Strangpressrohre von einem endlosen oder quasi-endlosen Profilstrang vorgesehen. Dies kann zum Beispiel durch einen Sägevorgang erfolgen. In besonders vorteilhafter Detailgestaltung erfolgt das Abtrennen jedoch durch einen Abreißvorgang, insbesondere nach einem vorhergehenden Anritzen. Hierdurch kann das Auftreten von Spänen im Zuge des Abtrennens weitgehend vermieden werden.

[0041] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie aus den abhängigen Ansprüchen.

[0042] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Orientierungen von zumindest einigen Ausbeulungen benachbarter Stege, die in Längsrichtung im Wesentlichen auf gleicher Höhe liegen, entgegengesetzt, wobei bevorzugt in der Längsrichtung eines Kanals eine Ausbeulung einer der Seitenwände und eine Ausbeulung des Stegs abwechselnd hintereinander vorgesehen sind, wobei bevorzugt in der Längsrichtung eines Kanals zunächst eine Ausbeulung des Stegs in eine erste Orientierung in Querrichtung erfolgt, nachfolgend eine Ausbeulung einer ersten der beiden Seitenwände, nachfolgend eine Ausbeulung des Stegs in die jeweils andere Orientierung und nachfolgend eine Ausbeulung der jeweils anderen Seitenwand, wobei bevorzugt in der Längsrichtung eines Kanals Ausbeulungen zweier den Kanal begrenzender Stege auf gleicher Höhe liegende, gegeneinander gerichtete Ausbeulungen aufweisen, so dass die Kanalbreite durch die Ausbeulungen verringert ist, wobei bevorzugt in der Längsrichtung eines Kanals Ausbeulungen zweier den Kanal begrenzender Stege auf gleicher Höhe liegende, voneinander weg gerichtete Ausbeulungen aufweisen, so dass die Kanalbreite durch die Ausbeulungen vergrößert ist, wobei bevorzugt die Ausbeulung des Stegs sowohl durch eine Einprägung der ersten Seite als auch eine zumindest teilweise in Überdeckung liegende Einprägung der zweiten Seite ausgebildet ist, wobei besonders bevorzugt die Orientierung der Ausbeulung bezüglich der in Überdeckung liegenden Einprägungen entgegengesetzt oder gleichgerichtet ist.

[0043] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die kontrolliert orientierte Ausbeulung des Stegs mittels eines relativ zu den Seitenwänden geneigten Prägewerkzeugs, wobei bevorzugt die kontrolliert orientierte Ausbeulung des Stegs mittels eines relativ zu dem Steg außermittig angreifenden Prägewerkzeugs erfolgt, wobei bevorzugt ein endseitiger Bereich des Strangpressrohrs nicht mit Ausbeulungen versehen ist, wobei bevorzugt ein Abstand eines Rohrendes bis zu einer ersten Prägung etwa zwischen 2 mm und 15 mm beträgt, insbesondere etwa zwischen 4 mm und 8 mm.

[0044] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform hat das Strangpressrohr einen gebogenen Bereich, wobei bevorzugt in dem gebogenen Bereich eine zumindest reduzierte Tiefe der Ausbeulungen vorliegt, wobei bevorzugt in dem gebogenen Bereich zumindest abschnittsweise keine Ausbeulungen angeordnet sind, wobei bevorzugt das Rohrmaterial aus einem aus der Gruppe Aluminiumlegierung, AlMn-Legierung, AlMg-Legierung und AlMgSi-Legierung besteht, wobei bevorzugt eine Tiefe der Einprägungen weniger als etwa 75%, insbesondere weniger als etwa 45%, insbesondere weniger als etwa 30% eines inneren Rohrdurchmessers in der Hochrichtung beträgt, wobei bevorzugt in der Längsrichtung ein Abstand zwischen einer Einprägung der einen Seitenwand zu einer nachfolgenden Einprägung der anderen Seitenwand nicht mehr als das 10-fache, insbesondere nicht mehr als das 6-fache, insbesondere nicht mehr als das 3,5-fache eines inneren Rohrdurchmessers in der Hochrichtung beträgt, wobei bevorzugt in der Längsrichtung ein Abstand zwischen einer Einprägung zur Ausbeulung einer Seitenwand zu einer nachfolgenden Einprägung zur Ausbeulung eines Stegs nicht mehr als das 8-fache, insbesondere nicht mehr als das 6-fache, insbesondere nicht mehr als das 3-fache eines inneren Rohrdurchmessers in der Hochrichtung beträgt, wobei bevorzugt eine Länge einer mehrere Stege übergreifenden Einprägung in der Querrichtung etwa zwischen 25% und 100%, insbesondere zwischen 35% und 90%, insbesondere zwischen 45% und 80% einer Breite des Strangpressrohrs in der Querrichtung beträgt, wobei bevorzugt eine Länge einer zwischen zwei Stegen angeordneten Einprägung in der Querrichtung etwa zwischen 25% und 130%, insbesondere zwischen 35% und 95%, insbesondere zwischen 45% und 75% einer Breite des von den Stegen begrenzten Kanals in der Querrichtung beträgt.

[0045] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist auf zumindest einer der Seitenwände von außen ein Rippenelement angeordnet, insbesondere mittels stoffschlüssiger Verbindung, wobei bevorzugt eine Wiederholeinheit der Einprägungen in der Längsrichtung und eine Wiederholeinheit von Rippen des Rippenelements keine ganzzahligen Vielfachen voneinander sind, wobei bevorzugt zumindest ein Halbsteg von einer der Seitenwände in einen der Kanäle hineinragt.

[0046] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform liegt ein als das Vierfache des Verhältnisses aus der Fläche des durchströmbaren Querschnitts zu einem durch das erste Fluid benetzbaren Umfang definierter hydraulischer Durchmesser in einem Bereich zwischen 1,2 mm und 6 mm liegt, wobei bevorzugt der hydraulische Durchmesser zwischen etwa 2 mm und etwa 5 mm beträgt, insbesondere zwischen 3,0 mm und 3,4 mm, insbesondere zwischen 3,1 mm und 3,3 mm, insbesondere etwa 3,2 mm, wobei bevorzugt der hydraulische Durchmesser zwischen etwa 2,5 mm und 4 mm beträgt, insbesondere zwischen etwa 2,8 mm und 3,8 mm, insbesondere für einen HochdruckWärmetauscher, wobei bevorzugt der hydraulische Durchmesser in einem Bereich zwischen 2 mm und 3,5 mm liegt, insbesondere zwischen 2,5 mm und 3,5 mm, insbesondere für einen Niederdruck-Wärmetauscher, wobei bevorzugt ein Verhältnis aus dem hydraulischen Durchmesser und einer Kanalmantelstärke in einem Bereich zwischen 0,8 und 9, insbesondere in einem Bereich zwischen 1,2 und 6, insbesondere in einem Bereich zwischen 1,4 und 6 liegt, wobei bevorzugt ein Verhältnis aus einer Stegstärke und einer Kanalmantelstärke unter 1,0 liegt, wobei bevorzugt ein Verhältnis aus einem äußeren Umfang des Strangpressrohrs und dem durch das erste Fluid benetzbaren Umfang in einem Bereich zwischen 0,1 und 0,9, insbesondere zwischen 0,1 und 0,5 liegt, wobei bevorzugt ein Verhältnis eines Abstands zwischen zwei, insbesondere gegenüberliegenden und/oder gegeneinander versetzten Teilstegen zu einer Höhe des Rohr-Querschnitts in einem Bereich unterhalb von 0,8, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,3 und 0,7 liegt, wobei bevorzugt ein Verhältnis eines Abstands eines ersten Teilstegs zu einem Ganzsteg zu einem Abstand eines zweiten Teilstegs zu dem Ganzsteg, in einem Bereich zwischen 0,5 und 1,0, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,6 und 0,8 liegt.

[0047] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens ein Steg und/oder der Kanalmantel, vorzugsweise die Kanalmantelinnenseite, einen Korrosionsschutz auf, vorzugsweise in Form einer Verzinkung und/oder eines Lacks, wobei bevorzugt ein Querschnitt des Strangpressrohrs rechteckig, oval oder halboval ausgebildet ist, wobei bevorzugt eine Anzahl von 2 bis 20, insbesondere 5 bis 15, insbesondere 7 bis 12, insbesondere 8 bis 11, insbesondere 9 Stegen über einen Rohr-Querschnitt nebeneinander angeordnet sind.

[0048] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Strangpressrohre des Wärmetauschers luftumströmt, wobei bevorzugt die Strangpressrohre von einer Kühlflüssigkeit umströmt sind, wobei bevorzugt der Wärmetauscher ein Abgaskühler zur Kühlung eines rückgeführten Abgasstroms, ein Ladeluftkühler, ein Ölkühler oder ein Kühlmittelkühler ist.

[0049] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Einprägen mittels einer Prägewalze erfolgt, wobei bevorzugt das Einprägen mittels eines Prägestempels erfolgt, wobei bevorzugt dem Einprägen ein Schritt des Abtrennens der Strangpressrohre von einem endlosen oder quasi-endlosen Profilstrang folgt, wobei bevorzugt das Abtrennen durch einen Sägevorgang oder durch einen Abreißvorgang, insbesondere nach einem vorhergehenden Anritzen, erfolgt.

[0050] Nachfolgend werden mehrere bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben und anhand der anliegenden Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1	zeigt eine schematische Darstellung eines Strangpressrohrs zur Definition der einzelnen Raumachsen.
Fig. 2	zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strangpressrohrs mit insgesamt neun Abwandlungen 2.1 bis 2.9.
Fig. 3	zeigt eine Darstellung von Prägevorgängen zur Herstellung eines Strangpressrohrs nach Fig. 2.
Fig. 4	zeigt eine räumlich Darstellung eines Strangpressrohrs nach dem ersten Ausführungsbeispiel.
Fig. 5	zeigt einen Ausschnitt aus dem Strangpressrohr nach Fig. 4.
Fig. 6	zeigt ein Strangpressrohr mit zehn Abwandlungen 6.1 bis 6.10.
Fig. 6a	zeigt weitere Abwandlungen 6.11 bis 6.15 des Strangpressrohrs.
Fig. 7	zeigt räumliche Ansichten zweier Prägewalzen zur Herstellung eines Strangpressrohrs.
Fig. 8	zeigt eine auf Messungen und Rechnungen beruhende Darstellung einer bevorzugten Wahl eines hydraulischen Durchmessers in Bezug auf das Verhältnis aus dem durch das erste Fluid benetzbaren Umfang und einem äußeren Umfang des Strangpressrohrs.
Fig. 9A und 9B	zeigen zwei Abwandlungen einer bevorzugten Ausführungsform eines Querschnitts eines Strangpressrohrs mit stranggepresstem Kanalmantel und mit dem Kanalmantel stranggepressten Stegen.
Fig. 10A und Fig. 10B	zeigen zwei Abwandlungen einer weiteren Ausführungsform wie in Fig. 9A und Fig. 9B mit Teilstegen.
Fig. 11A und Fig. 11B	zeigen zwei Abwandlungen einer weiteren Ausführungsform wie in Fig. 9A und Fig. 9B mit Teilstegen.
Fig. 12	zeigt eine weitere Ausführungsform eines Querschnitts eines Strangpressrohrs mit Teilstegen.
Fig. 13	zeigt eine weitere Ausführungsform eines Querschnitts eines Strangpressrohrs mit Teilstegen.

[0051] Gemäß der Darstellung nach Fig. 1 betrifft die Erfindung Strangpressrohre, die sich zumindest abschnittsweise

in einer mit z bezeichneten Längsrichtung erstrecken. Die Strangpressrohre haben quer zu der Längsrichtung eine längliche Erstreckung, wobei sie insbesondere als Flachrohre ausgebildet sind. Eine Querrichtung im Sinne des Anspruchs 1 ist in Fig. 1 als y-Richtung bezeichnet, wobei sich die (langen) Seitenwände 1, 2 des Strangpressrohrs im Wesentlichen in dieser Richtung erstrecken. Eine Hochrichtung ist in Fig. 1 mit x bezeichnet und erstreckt sich senkrecht zur Längsrichtung und zur Querrichtung. Die Seitenwände 1, 2 müssen sich im Querschnitt nicht notwendig gerade erstrecken sondern können auch gebogen verlaufen und sind in diesem Sinne nur "im Wesentlichen" in der Querrichtung orientiert bzw. "zumindest annähernd parallel".

[0052] Die Seitenwände 1, 2 sind über kürzere, gebogene, im Wesentlichen in Hochrichtung verlaufende Schmalseiten 3, 4 miteinander zu einem geschlossenen Flachrohr verbunden.

[0053] Innerhalb des Flachrohrs sind die Seitenwände über jeweils mehrere durchgehende Stege 5, 79, 89 unter Abtrennung voneinander separater Kanäle 6 verbunden. Neben diesen durchgehenden Stegen bzw. Vollstegen 5, 79, 89 können optional (siehe etwa Fig. 4 oder auch Fig. 10A bis Fig. 11B) auch Teilstege 5', 79', 89' vorgesehen sein, die nach Art von Finnen zur Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Kanalwand und Fluid in die Kanäle 6 hineinragen.

[0054] Zur Optimierung der Turbulenzen des durchströmenden Fluids werden die Strangpressrohre mit Einprägungen 7 versehen, durch die bezüglich der Längsrichtung lokale Ausbeulungen erzeugt werden, die in die Kanäle 6 hineinragen und die Fluidströmung beeinflussen. Dabei kann es sich um Ausbeulungen der Seitenwände 1, 2 handeln, die entsprechend in der Hochrichtung vorragen oder auch um Ausbeulungen bzw. Ausknickungen der durchgehenden Stege 5, 79, 89, die entsprechend in der Querrichtung vorragen. Solche Ausbeulungen der Stege werden dadurch erreicht, dass eine Einprägung zumindest teilweise deckend mit dem Ansatzbereich des Stegs an der Seitenwand vorgenommen wird.

[0055] Durch geeignete Maßnahmen wird dabei erreicht, dass die Orientierung der Ausbeulung des Stegs in der Querrichtung kontrolliert vorgegeben ist und nicht willkürlich oder zufällig erfolgt. Um dies zu erreichen, können zwei unterschiedliche Wege im Zuge der Herstellung der Einprägungen beschritten werden:

Zum einen kann ein Prägestempel 8 (siehe Fig. 3) oder auch eine Prägewalze 9' (siehe Fig. 7) eine geneigte Prägekante 8a, 10' aufweisen. In Fig. 3 ist unter A eine einfache Prägung eines Strangpressrohrs mittels einer einen Großteil des Strangpressrohrs in Querrichtung überdeckenden, glatten und
nicht geneigten Prägekante gezeigt, mittels der die Stege 5 unkontrolliert nach links oder nach rechts ausgebeult werden. Unter B ist die Prägekante dagegen mit einem Winkel Alpha von wenigen Grad, typisch nicht mehr als zehn Grad, relativ zu der Seitenfläche 1 versehen. Hierdurch werden sämtliche der Stege 5 im Beispiel B kontrolliert nach rechts ausgebeult, da die Kräfte beim Prägen im Bereich der Ansätze der Stege asymmetrisch angreifen.

[0056] Zum anderen kann eine Kontrolle der Ausbeulungsrichtung auch für punktartige Einprägungen erreicht werden. Hierzu ist im Beispiel C der Fig. 3 eine gezahnte Prägekante 8b dargestellt, die nur mit kleinen lokalen Vorsprüngen bzw. punktartig am Strangpressrohr angreift. Die Angriffpunkte sind dabei im Wesentlichen über den Stegen 5, aber leicht außermittig dazu lokalisiert. Auch hierdurch wird ein Ausknicken der Stege 5 in vorbestimmter Orientierung bezüglich der Querrichtung erreicht. Die Richtung der Ausbeulung der Stege 5 wäre im Beispiel C ebenfalls nach rechts, da die Prägepunkte jeweils etwas links vom Zentrum der Stege 5 angreifen.

[0057] Eine zu Prägestempeln 8 alternative oder ergänzende Möglichkeit einer im Wesentlichen punktartigen Prägung mit lokalen Vorsprüngen ist über die in Fig. 7 dargestellte Prägewalze 9 mit punktartigen lokalen Vorsprüngen 10 gegeben. Die ebenfalls in Fig. 7 gezeigte Prägewalze 9' hat dagegen längliche Vorsprünge 10', die sich über zumindest eine gesamte Kanalbreite oder auch über die im Wesentlichen gesamte Breite des Strangpressprofils erstrecken. Mit einer solchen Walze 9' können zum Beispiel Ausführungen wie die in Fig. 4 hergestellt werden, wobei mit den lokalen Vorsprüngen der Prägewalze 9 Ausführungen wie in Fig. 6 und Fig. 6a hergestellt werden können. Grundsätzlich können die beiden Arten von Vorsprüngen 10, 10' aber auch gemeinsam auf derselben Prägewalze vorgesehen sein.

[0058] Vorliegend ist im Wesentlichen ein erstes Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 und ein zweites Strangpressrohr nach Fig. 6 mit jeweils mehreren Abwandlungen gezeigt. Bei dem ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 handelt es sich um Einprägungen des ersten Typs mit glatten, geneigten Prägekanten, die jeweils zugleich mehr als einen Steg 5 des Strangpressrohrs übergreifen und somit auch zugleich die Seitenwände zwischen den Stegen nach innen ausbeulen. Zweckmäßig sind die Prägekanten bzw. Einprägungen dabei unter einem Ausrichtungswinkel relativ zu der Querrichtung angeordnet. Hierdurch sind durch die gleiche Einprägung bedingte Ausbeulungen benachbarter Stege in Längsrichtung zueinander versetzt, so dass auf einfache Weise eine wellenartige Modulation der Kanäle 6 bei in Querrichtung weitgehend konstantem Abstand der Kanalwände erreicht wird. Ein solcher Ausrichtungswinkel beträgt in typischer Ausführung etwa 35° und ist in den Beispielen 2.3 bis 2.9 jeweils gegeben. Solche Einprägungen mit zur Querrichtung gewinkeltem Verlauf sind besonders gut geeignet, mit einer flächig auf dem Strangpressrohr aufgelöteten Kühlrippe (nicht dargestellt) kombiniert zu werden, da eine ungünstige Überdeckung von Einprägungen und Rippen mit der Folge von Bereichen schlechter Wärmeableitung vermieden wird.

[0059] Allgemein sind in den Beispielen 2.1 bis 2.9 Einprägungen von der Oberseite als durchgezogene Linien und in der Draufsicht nicht sichtbare Einprägungen von der Unterseite als gestrichelte Linien dargestellt. Die kontrollierte

Ausbeulungsrichtung der Stege ist jeweils als Richtungspfeil innerhalb der Einprägungen dargestellt.

[0060] Die Einprägungen werden zweckmäßig in beiden Seitenflächen 1, 2 vorgenommen. Diese gegenüberliegenden Einprägungen können sich überdecken (z.B. Fig. 2 Bsp. 2.2, 2.4) oder auch alternierend versetzt angeordnet sein (z.B. 2.1, 2.3). Die Ausrichtungswinkel der Einprägungen können variieren und insbesondere alternieren wie in den Beispielen 2.5, 2.8 und 2.9. Es können über die Breite des Strangpressrohrs auch mehrere in Querrichtung kürzere Einprägungen mit wechselnden Ausrichtungswinkeln vorgesehen werden, siehe etwa Beispiele 3.6 bis 3.9.

[0061] Bei einigen der beschriebenen Beispiel, zum Beispiel im Fall 2.1, 2.3 oder auch 2.7 sind die Ausbeulungsrichtungen der Stege durch von oben erfolgenden Einprägungen denen der in Längsrichtung alternierend von unten erfolgenden Einprägungen entgegengesetzt, um eine möglichst hohe Turbulenzerzeugung bei moderatem Druckverlustanstieg zu erzielen.

[0062] In dem Strangpressrohr nach Fig. 6 handelt es sich um weitgehend lokale Einprägungen des zweiten Typs. Im Gegensatz zum ersten Fall nach Fig. 2 wird hierbei nicht über die gesamte Rohrbreite eine Prägung vorgenommen, sondern nur lokal begrenzt. Dies hat den Vorteil, dass das Ausknicken der Rohrstege und die Einschnürung der Kanalhöhe in Hochrichtung getrennt nacheinander erfolgen können. Somit entsteht eine zusätzliche Designflexibilität, die insbesondere im Hinblick auf die Erzeugung einer Drallströmung in den Kanälen sehr hilfreich ist. Auf diese Weise lassen sich noch komplexere 3-dimensionale Wirbel- und Strömungszustände generieren als im ersten Fall.

[0063] Vorteilhaft sind die Einprägungen in Längsrichtung wechselweise in der Form angebracht, dass in Strömungslängsrichtung nach einer Ausprägung der Rohrstege eine Ausprägung der Rohrwandung erfolgt und anschließend wiederum eine Ausprägung der Rohrstege etc. Die Ausprägungen können zusätzlich wechselweise auf beiden Seitenwänden 1, 2 aufgebracht sein und zwar insbesondere in der Form, dass in Längsrichtung nach dem Ausknicken eines Steges 5 in die eine Richtung durch eine Einprägung 7 auf der oberen Seitenwand 1 eine Einprägung der unteren Seitenwand 2 erfolgt, in Längsrichtung nachfolgend das Ausknicken eines Steges 5 in die andere Orientierung Richtung durch eine Einprägung 7 auf der unteren Seitenwand 2 und in Längsrichtung nachfolgend eine Einprägung 7 der oberen Seitenwand 1. Im Anschluss daran wiederholt sich zyklisch die Ausprägung der Stege mittels Ausbeulen eines Steges 5 in die erste Richtung durch eine Einprägung auf der oberen Seitenwand 1 etc.. Jegliche andere Kombinationen und Reihenfolgen der Einprägungen in Strömungsrichtung ist jedoch auch denkbar, siehe beispielhafte Darstellungen 6.1 bis 6.17 in Fig. 6 und 6a. In den Darstellungen haben diejenigen Einprägungen, die aufgrund räumlicher Überdeckung einen Steg 5 ausbeulen, jeweils einen Richtungspfeil. Eine Abweichung aus der mittigen Lage ist in den Zeichnungen aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Grundsätzlich ist nur eine kleine kontrollierte Abweichung des Prägestempels von der Mittenlage über einem Steg 5 erforderlich, um die Ausbeulungsrichtung des Stegs vorzugeben.

[0064] Um ein möglichst starkes und gleichmäßiges Ausbeulen der Stege zu erreichen können diese auch von der Ober- und Unterseite beidseitig ausgebeult werden, wie in Fig. 6a, Beispiel 6.11 bis 6.13 dargestellt. Dabei befinden sich auf die Stege wirkende Einprägungen der Seitenwände jeweils in zumindest teilweiser Überdeckung, so dass der Steg am gleichen Ort von beiden Seitenwänden ausgehend ausgebeult wird. Die Richtung der Ausbeulung bezüglich der überdeckenden Einprägungen kann dabei gleichgerichtet sein (siehe etwa 6.11 und 6.13) oder auch entgegengesetzt gerichtet (siehe 6.12).

[0065] Durch die Ausprägung der Rohrstege und der Rohrwandungen kommt es einerseits zu einer Reduktion des hydraulischen Durchmessers und somit zu einer Leistungssteigerung der Rohre hinsichtlich des Wärmeübergangs, zum anderen jedoch auch zu einer gerichteten Strömungsumlenkung sowohl in der y-z-Ebene als auch in der x-z-Ebene

[0066] Fig. 6 zeigt vorteilhafte Einprägungen beispielhaft an einem Rohr mit drei Zwischenstegen 5. In durchgezogener Linie ist jeweils die Einprägung von der oberen Seitenwand 1, in gestrichelter Linie die Einprägung von der unteren Seitenwand 2 dargestellt. Mit einem Pfeil ist jeweils die Richtung der Stegausknickung dargestellt. Je nach Anforderungen können die Einprägungen in x-, y-, und z-Richtung rund, oval, oval länglich rechteckig oder auch in anderer Form ausgeführt sein. Die Einprägungen werden wie zuvor beschrieben wechselweise vorgenommen. Die Verformung der Kanalrohrwand an einer Stelle kann durch eine oder auch zwei Ausprägungen pro Kanal (siehe etwa Beispiele 6.4, 6.5, 6.9 und 6.10) ausgeführt sein. In besonderen Fällen, insbesondere bei sehr breiten Kanälen, kann dies jedoch auch durch mehr als zwei Einprägungen an einer Stelle vorgenommen werden.

[0067] In Fig. 6.3 sind Einprägungen der Seitenwände 1, 2 zwischen den Stegen 5 dargestellt, die in einem definierten Ausrichtungswinkel zur Querrichtung ausgerichtet sind. Der Ausrichtungswinkel der Einprägung gegenüber einer der Achsen z bzw. y beträgt vorliegend etwa zwischen 30° und 40°. Es sind weitere beliebige Kombinationen zwischen Auslenkungsrichtung und Einprägreihenfolge auch über die dargestellten Varianten hinaus denkbar.

[0068] Die Beispiele 6.4, 6.5, 6.9 und 6.10 zeigen Varianten mit wingletartigen, d.h. länglichen und bevorzugt zueinander gewinkelten Einprägungen zwischen den Stegen 5. Je nach Anforderungen sind über die dargestellten Ausführungsformen hinaus beliebige Kombinationen der Winglets zueinander sowohl bezüglich Lage als auch Ausrichtung zueinander wie auch zur Richtung der Stege vorstellbar. Für die Einprägungen in Form von Winglets hat sich gezeigt, dass ein Ausrichtungswinkel der Einprägung gegenüber einer der Achsen z bzw. y besonders bevorzugt zwischen etwa 28° und 42° beträgt. Um die Turbulenz noch weiter zu erhöhen kann es insbesondere für sehr breite Kanäle neben den dargestellten Varianten auch vorgesehen sein, in Querrichtung mehr als nur ein Winglet pro Kanal einzuprägen.

[0069] Die Form der Winglets ist so gewählt, dass das Verhältnis aus deren Länge zu deren Breite ein Vielfaches ist, insbesondere etwa das 1,8-fache bis 2,5-fache oder etwa das 2,5-fache bis 3,2-fache.

[0070] Einprägungen zwischen den Stegen 5 in Wingletform haben gegenüber einfacher geformten Einprägungen den Vorteil, dass mit dieser Art der Strömungsführung eine noch höhere Wärmeübertragungsleistung erzielt werden kann, da die Strömung eine noch stärker gerichtete Ablenkung mit einer deutlich höheren Verwirbelung erfährt.

[0071] Für beide Ausführungsbeispiele nach Fig. 2 und Fig. 6 gilt, dass bei Einsatz von sehr stark verunreinigten Fluiden wie z.B. Abgas eines Verbrennungsmotors mit der Verengung der Kanäle 6 die Gefahr einer Verblockung durch Anlagerung von Bestandteilen aus der Gasphase, insbesondere Ruß und/oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe, wächst. Daher sind in diesem Fall die Ausbeulungen der Stege 5 so gestaltet, dass diese in der Querrichtung immer in gleicher Orientierung ausbeulen, so dass sich der freie Kanalabstand zwischen benachbarten Stegen 5 nicht oder nur geringfügig ändert. In der Längsrichtung weisen die Stege somit zueinander eine parallele Wellenform bezüglich der Querrichtung auf.

[0072] Abhängig von der Anwendung kann es jedoch auch vorteilhaft sein, die Stege 5 so auszustellen, dass die Orientierung der Ausbeulungen benachbarter Stege 5 genau gegenläufig zueinander sind, um den Kanal 6 abwechselnd möglichst stark zu verengen und dann wieder möglichst stark aufzuweiten. Ein Beispiel für eine solche Anordnung ist in Fig. 6a, Beispiel 6.13, gezeigt. Durch diese wechselweise Verengung und Erweiterung des Kanalquerschnittes ist eine zusätzliche Leistungssteigerung für ablagerungsunkritische Applikationen wie Ladeluftkühler, Kühlmittelkühler, Ölkühler oder Abgaskühler für Niederdruck-AGR-Anwendungen oder Hochdruck-AGR-Anwendungen mit moderaten Ruß- und/oder HC-Emissionen möglich. Je nach Anforderungen ist dabei immer der entsprechende Kompromiss mit einem aus den Verwirbelungen und Verengungen resultierenden Druckabfall zu beachten.

[0073] In Fig. 6a, Beispiele 6.14 und 6.15, ist eine weitere Möglichkeit dargestellt, mit nur einer Einprägung sowohl die Seitenwand als auch den Steg / die begrenzenden Stege dadurch Ausknicken zu lassen, dass der Stempel zusätzlich zur Kanalbreite auch noch einen Teil oder mehr als dies des/der benachbarten Stege überdeckt. Neben den in Fig. 6.14 und 6.15 dargestellten Varianten sind hier auch alle bereits genannten Kombinationen von Stegausknickungen zur Kanaleinprägungsrichtung denkbar.

[0074] Für eine Maßhaltigkeit der äußeren Abmessungen des Strangpressrohrs ist es vorteilhaft, die abschließenden Schmalseiten 3, 4 nicht durch Einprägungen auszubeulen. In diesem Fall erfolgt in den beiden seitlich äußeren Kanälen jedoch nur eine wellenförmige Ausbeulung des näher zur Rohrmitte angeordneten Steges, während die Außenwand unverformt bleibt. Je nach Anwendung ist es daher vorteilhaft, die äußeren Kanäle mit einem größeren, bzw. geringern Strömungsquerschnitt zu versehen, um im ersten Fall das Risiko einer Verblockung des Gaskanals durch die starke Verkleinerung des Abstandes zwischen Steg 5 und äußerer Schmalseite 3, 4 im Bereich der Ausbeulung zu minimieren, bzw. im zweiten Fall auch im äußeren Kanal 6 noch eine ähnlich hohe Turbulenz wie in den inneren Kanälen zu erzielen. Sind an die Außenmaße des Strangpressrohrs keine besonderen Anforderungen gestellt, kann es natürlich zweckmäßig sein, auch die Schmalseiten 3, 4 mit Einprägungen zu versehen und in Querrichtung auszubeulen.

[0075] Zum Fügen der Strangpressrohre in einen Boden und zur Gestaltung der Rohrenden:

Zum Fügen der Strangpressrohre in einen Rohrboden ist es vorteilhaft, die Ausprägungen in den Endbereichen nicht zu prägen, damit ein definiertes Einbringen der Strangpressrohre mit umlaufend konstanten Spalt in den Boden möglich ist und somit eine gute Fügung der Strangpressrohr-Boden-Verbindung gewährleistet ist. Ein weiterer Grund besteht darin, dass ein definiertes Aufweiten der Strangpressrohre zur Fixierung von Strangpressrohr und Boden über eine gemeinsame Anlagefläche möglich bleibt.

[0076] Der erforderliche Abstand des Profilendes zur ersten Prägung ist insbesondere von der Tiefe der Einprägungen abhängig. Der Abstand ist so zu wählen, dass im Bereich der Fügestelle keine bzw. eine nur sehr geringe Deformation der ursprünglichen Rohrgeometrie auftritt. In typischen Fällen von Wärmetauschern, die für den Einsatz in Kraftfahrzeugen dimensioniert sind, bedeutet dies einen Abstand zwischen 2-15mm, insbesondere von 4-8mm. In Sonderfällen kann diese Maß jedoch auch über diese Abstände hinausgehen.

[0077] Zum Biegen der geprägten Strangpressrohre:

Ein großer Vorteil der Strangpressrohr-Wärmetauscher gegenüber anderen Tauscherrohren, z.B. Edelstahl-Rohren, ist die sehr große Designflexiblilität, insbesondere durch die Möglichkeit, die Strangpressrohre zu biegen.

[0078] Für das Biegen der Strangpressrohre ist es insbesondere vorteilhaft, wenn im Bereich der Biegung auf Einprägungen verzichtet wird, um eine zu starke Deformation und unter Umständen sogar ein Verschließen einzelner Kanäle zu verhindern. Alternativ hierzu kann im Biegebereich auch die Einprägtiefe nur reduziert werden oder zum Beispiel nur eine Ausprägung der Stege oder nur eine Verengung der Kanalwände vorgesehen sein. Im Herstellungsverfahren erfolgt zunächst die Prägung der Rohre und anschließend die Biegung in die gewünschte Form.

[0079] Zum Verfahren der Herstellung:

Die Herstellung der Einprägungen kann vorteilhaft auf zwei alternative oder auch kumulative Arten erfolgen:

1) Das Strangpressrohr wird mittels mindestens einer Werkzeugwalze geprägt. In Fig. 7 ist eine solche Walze 9 beispielhaft abgebildet. Vorteilhaft werden mindestens zwei gegenläufige Werkzeugwalzen verwendet, durch welche in einem Arbeitsgang sowohl die obere Seitenwand 1 als auch die untere Seitenwand 2 geprägt werden.

2) Das Strangpressrohr wird über einen Stempelsatz bzw. diverse Einzel-Prägestempel geprägt.

[0080] Für beide Fertigungsarten kann die Einprägung sowohl einstufig als auch mehrstufig über mehrere in Fertigungsrichtung nacheinander vorgesehene Prägewalzen oder Stempelsätze hergestellt werden.

[0081] Um ein Verbiegen der Strangpressrohre während des Fertigungsprozesses zu verhindern, wird das Strangpressrohr mittels mindestens einer Haltfunktion vor und/oder nach der Prägestufe in Position gehalten. Über eine seitliche Rollenführung wird gewährleistet, dass das Strangpressrohr sich während des Prägeprozesses nicht in Querrichtung verschiebt. Lässt sich über diese Haltefunktion die Durchbiegung des Strangpressrohrs nur teilweise verhindern, so kann dies durch einen nachfolgenden Arbeitsschritt über eine Streckung bzw. Nachkalibrierung des Strangpressrohrs über einen weiteren Rollensatz bzw. eine Presse korrigiert werden.

[0082] Die Herstellung der Prägung mittels Walzen hat den Vorteil, dass das Verfahren mit kontinuierlichem Vorschub des Strangpressrohrs durchgeführt werden kann, während für die Fertigung mittels Stempelsätzen zumeist eine Taktung des Vorschubs notwendig ist.

[0083] Um die Strangpressrohre später optimal in den Boden fügen zu können ist es wichtig, dass im Bereich der Profiltrennung keine Ausprägungen und/oder eine Querschnittsänderung des Strangpressrohrs vorliegen. Dies kann auf mehrere Arten erreicht werden:

a) Der Abstand der Einprägungen ist so groß, dass eine Trennung der Strangpressrohre möglich ist.
b) An der Trennstelle werden die Prägungen ausgesetzt.

[0084] Letzteres kann für die Prägung mittels Walzen zum Beispiel durch eine entsprechende Geometrie der Prägewalze vorgesehen werden. In diesem Fall entspricht der Walzenumfang immer einem ganzzahligen Vielfachen der späteren Profillänge. Eine weitere Möglichkeit, einen ausreichend breiten Säge- bzw. Fügebreich vorzusehen besteht darin, die Zustellung der Walzen variabel auszuführen, so dass je nach Zustellung der Walzen entweder Prägungen ausgeformt werden oder nicht.

[0085] Ein weiterer Vorteil der Fertigung mittels Walzen besteht darin, dass über einen Tausch der Walzen auf sehr einfache Weise mit der gleichen Fertigungslinie unterschiedliche Profilvarianten hergestellt werden können.

[0086] Neben einem Austausch der Prägewalzen kann alternativ auch mit nur einer Prägewalze gearbeitet werden, in welche die Erhebungen zum Prägen so eingebracht sind, dass diese austauschbar sind. In diesem Fall wird mit einer Grundwalze gearbeitet, in welche variable Prägesätze eingesetzt werden können. Alternativ hierzu ist auch denkbar, auf eine Grundwalze ohne bzw. mit wenigen Ausprägungen einen zusätzlichen Füllkörper, welcher die gewünschte Prägeanordnung besetzt, zu ziehen. In beiden Fällen wird mit nur einem Walzengrundkörper gearbeitet.

[0087] Für die Prägung des Strangpressprofis mittels Stempelsätzen müssen gegebenenfalls zur Erlangung eines großen Sägebereichs die Stempel im Sägeund Fügebereich ganz oder teilweise ausgesetzt werden, so dass keine oder nur sehr schwache Prägungen erzeugt werden.

[0088] Der Fertigungsablauf für die geprägten Strangpressrohre stellt sich somit folgendermaßen dar:

1) Die Strangpressrohre werden entweder

- in abzüglich der fertigungsbedingten Streckung beim Prägevorgang vorkonfektionierter Länge oder
- als Stangenmaterial mit einem Vielfachen der späteren Rohrlänge, oder
- besonders vorteilhaft als Endlosmaterial in Spulenform für den Prägevorgang bereitgestellt.

2) Prägen der Strangpressrohre mittels Walzen oder Stempelsatz
3) Korrektur eventuell auftretender Verbiegung mittels Streckung und/oder Kalibierwalzen -/presse
4) Eventuell Trennung der Strangpressrohre
5) Eventuell Biegen der Strangpressrohre
6) Reinigung der Strangpressrohre.

[0089] Der Ablauf dieser Schritte ist so gewählt, dass diese sehr einfach miteinander verkettet werden können um eine sehr einfache und kosteneffizient ausführbare Fertigungslinie zu erstellen.

Zur Trennung der Strangpressrohre:

[0090] Die Trennung erfolgt vorzugsweise durch eine mit dem Prägeprozess mitlaufende Säge, kann jedoch auch in einem dem Prägeprozess nachfolgenden getrennten Sägeprozess erfolgen. Alternativ kann die Trennung der Strangpressrohre auch mittels Anritzen und anschließendem Abreißen der Rohre erfolgen. Dies hat den Vorteil, dass keine Späne entstehen und kein zusätzliches Sägeschmiermittel benötigt wird. Hierdurch kann abhängig von der Applikation eventuell auf einen nachgelagerten Reinigungsschritt ganz oder teilweise verzichtet werden.

Zum Werkstoff:

[0091] Prinzipiell können die geprägten Strangpressrohre mit jedem strangpressbaren Werkstoff hergestellt werden. Vorteilhaft für die hier angestrebte Applikation von Wärmeübertragern, wie Abgaskühler, Ölkühler, Kühlmittelkühler und Ladeluftkühler,sind alle strangpressbaren Aluminiumlegierungen, insbesondere Al-Legierungen, im Besonderen AlMn-Legierungen, AlMg-Legierungen und AlMgSi-Legierungen.

[0092] Befindet sich das Strangpressrohr in einer korrosionskritischen Anwendung, z.B. als gasführendes Strangpressrohr eines Abgaskühlers oder eines Niederdruck-Ladeluftkühlers, so hat sich in Korrosionsuntersuchungen gezeigt, dass sich eine besonders hohe Korrosionsfestigkeit dadurch erzielen lässt, dass reduzierende Verunreinigungen im Strangpresswerkstoff in nachfolgenden Massenanteilen vorliegen:

Silizium:	Si<1% insbesondere Si<0.6%, im Besonderen Si<0.15%
Eisen:	Fe<1.2% insbesondere Fe<0.7%, im Besonderen Fe<0.35%
Kupfer:	Cu<0.5% insbesondere Cu<0.2%, im Besonderen Cu<0.1 %
Chrom	Cr<0.5%, insbesondere 0.05%<Cr<0.25%, im Besonderen 0.1%<Cr<0.25%
Magnesium	0.02%<Mg<0.5%, insbesondere 0.05%<Mg<0.3%
Zink	Zn<0.5%, insbesondere 0.05%<Zn<0.3%
Titan	Ti<0.5%, insbesondere 0.05%<Ti<0.25%

[0093] Eine besonders hohe Korrosionsfestigkeit dieser Strangpressrohre lässt sich im Allgemeinen erzielen, wenn die in Strangpressrichtung gemessenen Korngrößen <250 μm, insbesondere <100 μm, im Besonderen <50 μm sind.

Zur Einprägtiefe:

[0094] Die jeweilige Tiefe der Einprägung ist sehr stark von der Applikation abhängig. Es hat sich jedoch gezeigt dass insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Materialausdünnung und dem durch die Einprägung generierten Druckverlust eine Einprägtiefe kleiner 75% der lichten Rohrhöhe b, insbesondere kleiner 45%, im Besonderen kleiner 30% als vorteilhaft erwiesen hat.

Zum Abstand der Einprägungen:

[0095] Der Abstand der Einprägungen zueinander ist ebenfalls sehr stark von der Applikation abhängig. Hierfür konnte jedoch ebenfalls ein besonders vorteilhafter Bereich gefunden werden:

1) In Längsrichtung bezogen auf Prägungen der einen Seitenwand 1 zu denen der anderen Seitenwand 2 zwischen dem 0-fachen und dem 10-fachen der lichten Rohrhöhe b, insbesondere zwischen dem 0-fachen und dem 6-fachen der lichten Rohrhöhe b, im Besonderen zwischen dem 0-fachen und dem 3,5-fachen der lichten Rohrhöhe b.

2) In Längsrichtung bezogen auf Prägungen welche der Reduzierung der Kanalhöhe dienen zu Prägungen welche dem Ausbeulen der Stege dienen auf einer der Seitenwände zwischen dem 0-fachen und dem 8-fachen der lichten Rohrhöhe b, insbesondere zwischen dem 0-fachen und dem 6-fachen der lichten Rohrhöhe b, im Besonderen zwischen dem 0-fachen und dem 3-fachen der lichten Rohrhöhe b.

Länge der Einprägungen:

[0096] Die Länge der Einprägungen ist ebenfalls stark von der Applikation abhängig. Hierfür konnte jedoch ebenfalls ein mit der Rohrbreite bzw. Kanalbreite im Zusammenhang stehender, besonders vorteilhafter Bereich gefunden werden:

Die Länge der Einprägung sollte für den Fall des Ausführungsbeispiels nach Fig. 2 zwischen 100% und 25% der Rohrbreite, insbesondere zwischen 90% und 35%, im Besonderen im Bereich zwischen 80% und 45% der Rohrbreite

betragen.

Die Länge der Einprägung sollte für den Fall des Ausführungsbeispiels nach Fig. 6 zwischen 130% und 25% der Kanalbreite, insbesondere zwischen 90% und 35%, im Besonderen im Bereich von 75% und 45% der Kanalbreite liegen.

Die Länge der Einprägung liegt bei einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel zwischen 325% und 25% der Kanalbreite, insbesondere zwischen 250% und 35%, im Besonderen im Bereich von 215% und 45% der Kanalbreite.

[0097] Zum Auflöten einer Außenrippe, z.B. für Kühlmittelkühler, Ladeluftkühler: Wird auf das geprägte Strangpressrohr etwa in einem Kreuzstromkühler noch eine zusätzliche Außenrippe aufgebracht, so ist darauf zu achten, dass die Einprägungen in Querrichtung nicht fluchtend, sondern leicht versetzt angeordnet sind, um eine möglichst gute Verlötung der Außenrippe zu gewährleisten. Hierfür eignen sich insbesondere die in den Fig. 2.3-2.9 und Fig. 6.6 - 6.10 dargestellten Anordnungen von Einprägungen. Für die in Fig. 6.6 - 6.10 dargestellten Anordnungen von Einprägungen sind die Abstände gleicher Einprägungen in zueinander benachbarten Kanälen in Längsrichtung vorteilhaft so auszuführen, dass diese nicht ein ganzzahliges Vielfaches der Rippendichte sind, sondern entweder kleiner oder größer, insbesondere vorteilhaft im Bereich k/3 bis n/3 der Rippendichte, für k=1,4,7,10,.. und n=2,5,8,11,..., so dass sich eine möglichst gute Verlötung der Außenrippe ergibt.

[0098] Zu vorteilhaften Ausführungen der nicht eingeprägten Querschnitte der Strangpressrohre:

Als besonders bevorzugt zur Realisierung des Konzepts der Erfindung hat sich ein hydraulischer Durchmesser in einem Bereich zwischen 2 mm und 5 mm erwiesen. Die Größe dieses Bereiches realisiert - wie anhand von Fig. 8 im Einzelnen erläutert - in besonders vorteilhafter Weise eine Abwägung zwischen der Tendenz einen möglichst guten Wärmeübergang bei einem Strangpressrohr zu realisieren einerseits und der Tendenz andererseits einen Druckverlust zu reduzieren, bzw. einen akzeptablen Druckverlust bei gleichwohl gutem Wärmeübergang zu realisieren. In diesem Zusammenhang erweist sich ein hydraulischer Durchmesser im Bereich zwischen 3 mm und 3,4 mm, insbesondere zwischen 3,1 mm und 3,3 mm als weiter besonders bevorzugt. Es hat sich insbesondere in Bezug auf den letztgenannten Bereich eines hydraulischen Durchmessers zwischen 3,1 mm und 3,3 mm gezeigt, dass ein hydraulischer Durchmesser bei etwa 3,2 mm besonders zweckmäßig ist. Zwar lässt sich auch in dem genannten Bereich eine Verschmutzung des Strangpressrohrs bzw. des Wärmetauscherrohres, grundsätzlich nicht vermeiden, doch haben Versuche ergeben, dass sich in diesem Bereich eine Verschmutzung derart stabilisiert, dass auch eine Leistungsabnahme bei einem vergleichsweise geringen Niveau gehalten wird. Während in Bereichen des hydraulischen Durchmessers außerhalb der zuvor genannten Bereiche zu erwarten ist, dass ein Strangpressrohr unter Zunahme des Druckverlustes zunehmend verschmutzt je länger er betrieben wird, ist bei den zuvor genannten, bevorzugten Bereichen eines hydraulischen Durchmessers nachgewiesener Maßen davon auszugehen, dass sich ein Druckverlust auf vergleichsweise niedrigem Niveau stabilisiert. Eine etwaige suboptimale Wärmeübertragungsleistung eines Wärmeüberträgers wird nicht weiter reduziert bei weiterem Betrieb des Wärmetauschers. Bei außerhalb der zuvor genannten Bereiche eines hydraulischen Durchmessers kommt es dagegen bei weiterem Betrieb des Strömungskanals zu einer überproportionalen Zunahme des Druckverlust und schließlich im schlimmsten Fall zu einer Verblockung der Kanäle.

[0099] Ein Strangpressrohr gemäß dem Konzept der Erfindung lässt sich sowohl im Rahmen einer Hochdruck-Abgasrückführung als auch im Rahmen einer Niederdruck-Abgasrückführung in vorteilhafter Weise einsetzen. Weiterhin ist auch eine Anwendung für eine Ladeluftkühlung oder Kühlmittelkühlung möglich. Bei allen, insbesondere den genannten oder ähnlichen, Anwendungsbereichen wird eine Erhöhung der Anzahl von Stegen zur Verbesserung des Wärmeübertrags gemäß dem Konzept der Erfindung vermieden, indem der hydraulische Durchmesser in einem Bereich zwischen 1,2 mm und 6 mm gewählt wird. Allerdings hat sich in Versuchen gezeigt, dass eine im Hinblick auf eine Niederdruck-Abgasrückführung, Hochdruck-Abgasrückführung oder Ladeluftkühlung optimierte Wahl eines Bereichs für den hydraulischen Durchmesser unterschiedlich gestaltet werden kann. Bei der Hochdruck-Abgasrückführung ist, wie sich gezeigt hat, sowohl der Anstieg eines Druckverlustes als auch die zunehmende Gefahr eines Verblockens oder starken Verschmutzen eines Kanals durch Rußpartikel oder dergleichen vergleichsweise kritisch. Für einen Hochdruckwärmetauscher hat sich ein Bereich eines hydraulischen Durchmessers zwischen 2,5 mm und 4 mm, insbesondere zwischen 2,8 mm und 3,8 mm als besonders vorteilhaft erwiesen.

[0100] Bei einem Niederdruck-Abgasrückführungskonzept erfolgt kein bzw. ein nur sehr geringer Rußeintrag, so dass in diesem Fall vorteilhafterweise auch mit kleinerem hydraulischen Durchmesser als bei Hochdruck-AGR-Kühlern gearbeitet werden kann. Für einen Niederdruckwärmetauscher hat sich ein Bereich eines hydraulischen Durchmessers zwischen 2 mm und 3,5 mm, insbesondere zwischen 2,5 mm und 3,5 mm als besonders vorteilhaft erwiesen.

[0101] Es hat sich als besonders vorteilhaft, insbesondere zur Erhöhung einer Korrosionsbeständigkeit, erwiesen ein

Verhältnis aus einer Stegstärke und einer Kanalmantelstärke unterhalb des Wertes 1,0 zu wählen. Mit anderen Worten, zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit ist es vorteilhaft den Kanalmantel mit einer stärkeren Wanddicke zu versehen als einen Steg. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Ausführung eines Strangpressrohrs vorteilhaft, bei der wenigstens der Kanalmantel auf einem Aluminiumwerkstoff basierend hergestellt ist.

[0102] Darüber hinaus hat es sich als grundsätzlich relevant erwiesen, eine Kanalmantelstärke derart zu optimieren, dass einerseits eine Korrosionsbeständigkeit, insbesondere im Falle eines auf einem Aluminiumwerkstoff basierenden Strangpressrohr, in ausreichendem Maße gewährleistet ist und andererseits eine ausreichende Anzahl von Strangpressrohren in verfügbaren Bauraum eines Wärmetauschers bereitzustellen. In der Regel ist ein Bauraum für einen Wärmetauscher in einem Motor vergleichsweise begrenzt, sodass es grundsätzlich im Rahmen einer Verbesserung liegt, möglichst viele Strangpressrohre in einem Wärmetauscher zu Verfügung zu stellen und damit eine Kanalmantelstärke nicht zu dick auszugestalten. Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung hat sich ein Verhältnis aus dem hydraulischen Durchmesser und einer Kanalmantelstärke in einem Bereich zwischen 0,8 und 9 als besonders vorteilhaft erwiesen. Dieser Bereich hat sich, insbesondere bei einem auf einem Aluminiumwerkstoff basierenden Strangpressrohr, insbesondere bei einem Strangpressrohr bei dem wenigstens der Kanalmantel auf einem Aluminiumwerkstoff basiert, als besonders zweckmäßig erwiesen. Vorteilhaft ist auch ein Bereich zwischen 1,2 und 6,0, insbesondere ein Bereich zwischen 1,4 und 6 im Hinblick auf die Auslegung der Kanalmantelstärke (Bauraumbedarf, Korrosionsbeständigkeit) und des hydraulischen Durchmessers (Wärmeübergang, Druckverlust). Das Konzept der Erfindung und/oder eine oder mehrere der zuvor genannten Weiterbildungen allein oder in Kombination erweist sich als besonders vorteilhaft für Abmessungen eines Strangpressrohrs, die ein Verhältnis aus einem äußeren Umfang des Strangpressrohrs und dem durch das erste Fluid benetzbaren Umfang in einem Bereich zwischen 0,1 und 0,9, insbesondere zwischen 0,1 und 0,5 für Abgaskühler, realisieren. Die angestellten Untersuchungen zur Sache haben gezeigt, dass im Rahmen der genannten Abmessungen das Verhalten eines Strangpressrohrs im Hinblick auf die zuvor erläuterte Problematik besonders vorteilhaft ist.

[0103] Besonders zweckmäßig hinsichtlich Herstellungsaspekten und der oben benannten Problematik erweist sich ein Strangpressrohr, bei dem im RohrQuerschnitt ein Steg als Ganzsteg einends und andernends an der Kanalmantelinnenseite angeordnet ist. Insbesondere kann ein Rohrquerschnitt ausschließlich Ganzstege aufweisen. Vorteilhaft ist ein Ganzsteg durchgehend, ohne Öffnungen, zwischen einer ersten Kanalmantelinnenseite und einer zweiten Kanalmantelinnenseite ausgeführt. Wie beispielhaft an Fig. 9A und Fig. 9B erläutert, lässt sich dadurch ein Strangpressrohr mit einem hydraulischen Durchmesser gemäß dem Konzept der Erfindung realisieren.

[0104] Darüber hinaus hat sich ein Strangpressrohr als vorteilhaft erwiesen, bei dem im Rohr-Querschnitt ein Steg als Teilsteg nur einends an der Kanalinnenseite angeordnet ist und andernends frei in den Innenraum ragt. Wie beispielhaft anhand von Fig. 10A und Fig. 10B sowie Fig. 11A und Fig. 11B erläutert, lässt sich anhand eines stranggepressten Strömungskanals in besonders vorteilhafter Weise ein hydraulischer Durchmesser gemäß dem Konzept der Erfindung realisieren.

[0105] Es hat sich gezeigt, dass vorteilhaft zwei Teilstege mit sich andernends gegenüberliegenden Stirnseiten angeordnet sein können. Alternativ oder in Kombination mit der zuvor genannten Anordnung von Teilstegen können zwei Teilstege mit sich andernends seitlich gegeneinander versetzten Stirnseiten angeordnet sein. Vorzugsweise sind ein Teilsteg und ein Ganzsteg abwechselnd nebeneinander angeordnet.

[0106] Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, Abmessungen und Anordnungen der Teilstege wie folgt zu treffen. Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung liegt ein Verhältnis eines Abstands zwischen zwei Teilstehen, insbesondere zwei gegenüberliegenden Teilstegen und/oder zwei gegeneinander versetzten Teilstegen, zu einer Höhe des Rohr-Querschnitts in einem Bereich unterhalb von 0,8, vorzugsweise in einem Bereich von 0,3 und 0,7. Vorzugsweise ist ein Verhältnis eines Abstands eines ersten Teilstegs zu einem Ganzsteg zu einem Abstand eines zweiten Teilsteg zu dem Ganzsteg, in einem Bereich zwischen 0,5 und 1,0, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,6 und 0,8.

[0107] Fig. 8 stellt das Verhältnis aus dem durch ein Fluid wie z.B. Abgas benetzbaren Umfang und einem äußeren Umfang des Strangpressrohrs in Abhängigkeit des hydraulischen Durchmessers dar. Ein bevorzugtes Verhältnis ergibt sich aus den zuvor erläuterten schraffierten Bereichen eines bevorzugten hydraulischen Durchmessers von 2 mm bis 5 mm, insbesondere 2,8 mm bis 3,8 mm. Aus Fig. 8 ist ersichtlich, dass das genannte Verhältnis im Bereich zwischen 0,1 und 0,5 liegen sollte, um verbesserte Austauschgrade und Druckverlustgrade zu erreichen. Fig. 8 ist vorliegend exemplarisch für ein in Fig.10B näher bezeichnetes Profil eines Strangpressrohrs bei-spielhaft angegeben. Eine vergleichbare Tendenz ist auch bei den weiteren im Folgenden näher beschriebenen konstruktiven Ausführungen eines durchströmbaren Querschnitts bei einem Strangpressrohr feststellbar. So zeigt Fig. 8 das erläuterte Verhältnis für verschiedene Stegabstände a, u.a. der Fig. 10B, (vorliegende für zwei Beispiele a = 2 mm und a = 5 mm) und für unterschiedliche Werte eines Verhältnisses eines Abstands zwischen zwei gegenüberliegenden Teilstegen zu einer Höhe des Rohrquerschnitts, das vorliegend mit k bezeichnet ist. Das Verhältnis k sollte wie in Fig. 8 durch Pfeile dargestellt, in einem Bereich unterhalb von 0,8, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,3 und 0,7 liegen. Vorliegend nimmt das Verhältnis k eines Abstands e zwischen zwei gegenüberliegenden Teilstegen zu einer Höhe b des Rohrquerschnitts von 0,25 auf 0,75 in Pfeilrichtung zu. Diese Analyse gilt sowohl für einen Abgaskühler im Rahmen einer Hochdruckaus-

legung bei einem Abgasrückführsystem als auch für einen Abgaskühler im Rahmen einer Niederdruckauslegung bei einem Abgasrückführsystem.

[0108] Im Folgenden werden Fig. 9A bis Fig. 11B beispielhafte konstruktive Ausführungen eines Querschnitts unterschiedlicher bevorzugter Strangpressrohre beschrieben. Dabei sollte gleichwohl klar sein, dass Abwandlungen derselben sowie eine beliebige Kombination von Merkmalen der konkret in den Figuren beschriebenen Ausführungsformen möglich sind und dennoch ein hydraulischer Durchmesser im Bereich zwischen 1,5 mm und 6 mm, bevorzugt zwischen 2 mm und 5 mm, bevorzugt zwischen 2,8 mm und 3,8 mm erreicht werden kann. Insbesondere ist bei den in den folgenden Figuren gezeigten Ausführungsformen jeweils eine Abwandlung gezeigt, bei der eine Kanalmantelstärke und einer Stegstärke d gleich bzw. ähnlich ist und eine weitere Abwandlung gezeigt, bei der ein Verhältnis aus einer Stegstärke d und einer Kanalmantelstärke s unterhalb von 1,0 mm liegt. Entsprechend lassen sich auch die Wandstärken von Teilstegen oder ähnliche Abmessungen, je nach zu erreichendem Zweck, variieren und anpassen.

[0109] Fig. 9A und Fig. 9B zeigen zwei Abwandlungen eines Strangpressrohrs 61, 61', wobei sich die Abwandlungen darin unterscheiden, dass die Mantelstärke s bei dem in Fig. 9B dargestellten Strangpressrohr 61' dicker als eine Stegstärke d ist, während diese bei dem in Fig. 9A dargestellten Strangpressrohr 61 im Wesentlichen gleich sind. Darüber hinaus sind für gleiche Merkmale gleiche Bezugszeichen genutzt.

[0110] Der Strömungskanal 61, 61' ist als ein insgesamt stranggepresstes Profil, also als ein stranggepresster Kanalmantel zusammen mit den stranggepressten Stegen gebildet. Der Strömungskanal 61, 61' weist dementsprechend einen Kanalmantel 63 mit einem von einer Kanalmantelinnenseite 65 umgebenen Innenraum 67 auf, der vorliegend zur wärmeaustauschenden Führung des ersten Fluids in Form eines Abgases ausgebildet ist. Weiter weist der Strömungskanal 61, 61' vorliegend eine Anzahl von fünf im Innenraum 67 an der Kanalmantelinnenseite 65 angeordneten Stegen 69 auf, die zusammen mit dem Kanalmantel 63, 63' als integrales stranggepresstes Profil gebildet sind. Ein Steg 69 verläuft gänzlich parallel zu einer senkrecht zur Zeichenebene stehenden Strömungskanalachse ununterbrochen entlang des im Gehäuse eines Wärmetauschers gebildeten Strömungspfades. Der gezeigte durchströmbare Querschnitt quer zur Strömungskanalachse ist zur Führung des Abgases im Innenraum 67 ausgelegt. Die Auslegung erfolgt anhand des hydraulischen Durchmessers dh, der für das vorliegende Strangpressrohr 61, 61' unter Bezugnahme auf die Abstände a, b rechts unten in Fig. 9B angegeben ist. Der hydraulische Durchmesser ergibt sich als das Vierfache des Verhältnisses aus der Fläche des durchströmbaren Querschnitts zu einem durch das Abgas benetzbaren Umfang. Die Fläche des durchströmbaren Querschnitts ist vorliegend ein Vielfaches des Produkts aus a und b. Der benetzbare Umfang ist vorliegend das ebenfalls Vielfache der doppelten Summe aus a und b. a gibt dabei die Breite des freien Querschnitts einer im Strömungskanal durch die Stege 69 unterteilten Strömungslinie 74 an und b gibt vorliegend die freie Höhe der Strömungslinie 74 an.

[0111] Bei diesem Strömungskanal 63, 63' als auch bei den folgenden näher erläuterten Strömungskanälen liegt eine Wandstärke s im Bereich zwischen 0,2 mm und 2 mm, für korrosionskritische Anwendungen vorzugsweise im Bereich zwischen 0,5 mm und 1,4 mm, für korrosionsunkritische Anwendungen vorzugsweise im Bereich zwischen 0,3 mm und 0,8 mm. Eine Höhe b eines Strömungsfadens 74 bzw. eine Höhe des Innenraums 67 liegt vorliegend im Bereich zwischen 2,5 mm und 10 mm, vorzugsweise im Bereich zwischen 4,5 mm und 7,5 mm. Eine Breite a eines Kanals 74 in Querrichtung liegt im Bereich zwischen 3 mm und 10 mm, vorzugsweise im Bereich zwischen 4 mm und 6 mm.

[0112] Fig. 10A.2 und Fig. 10B.2 zeigen zwei weitere Abwandlungen einer besonders bevorzugten Ausführungsform eines Strangpressrohrs 71, 71', die sich - wie zuvor erläutert - lediglich in der Wandstärke des Kanalmantels 73, 73' relativ zur Wandstärke eines Stegs 79 unterscheiden. Der Strömungskanal 71, 71' weist außerdem die Stege 79 in Form von Ganzstegen auf und daneben abwechselnd zu den Ganzstegen 79 angeordnete Teilstege 79'. Das Strangpressrohr 71, 71' ist wiederum gänzlich als stranggepresstes Profil gebildet, wobei ein Kanal 74 wiederum durch den Abstand zweier Ganzstege 79 gebildet ist. Der hydraulische Durchmesser des durchströmbaren Querschnitts bei den in Fig. 10A und Fig. 10B gezeigten Strangpressrohren 71,

[0113] 71' ist unterhalb von Fig. 10B angegeben. Vorliegend sind jeweils zwei Teilstege 79' mit sich gegenüberliegenden Stirnseiten 76 angeordnet.

[0114] In Fig. 11A.2 und Fig. 11B.2 sind zwei weitere Abwandlungen 81, 81' einer besonders bevorzugten Ausführungsform eines Strangpressrohrs 81, 81' gezeigt, bei denen zwei Teilstege 89' mit sich seitlich gegeneinander versetzten Stirnseiten 86 angeordnet sind. Ein hydraulischer Durchmesser dh für das gezeigte Profil ergibt sich wiederum aus der unterhalb von Fig. 10B gezeigten Formel, wobei a1 durch a4 zu ersetzen ist.

[0115] Ein Verhältnis eines Abstands a3 eines ersten Teilstegs 89' zu einem Ganzsteg 89 zu einem Abstand a4 eines zweiten Teilstegs 89' zu dem Ganzsteg 89 liegt in einem Bereich zwischen 0,5 mm und 1,0 mm, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,6 mm und 0,8 mm. Grundsätzlich beträgt der Abstand e zwischen zwei gegenüberliegenden Teilstegen 79' und/oder zwischen zwei gegeneinander versetzten Teilstegen 89' zu einer Höhe b des Rohrquerschnitts in einem Bereich unterhalb von 0,8 mm, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,3 mm und 0,7 mm.

[0116] Jedes der in Fig. 9A bis Fig. 11B gezeigten bevorzugten Strangpressrohre ist erfindungsgemäß mit Einprägungen und Ausbeulungen gemäß der erläuterten Ausführungsbeispiele versehen, um die Turbulenzen und den Wärmeübergang sowie den Druckabfall im konkreten Anwendungsfall zu optimieren.

[0117] Insbesondere für die in Fig. 10A, 10B, 11A und 11B dargestellten Strangpressprofile ist neben dem beschriebenen Vorgehen zur Einprägung der Rohrwand und der Rohrstege auch eine Ausführungsform mit ausschließlichem Ausknicken der Voll- und Halbstege vorteilhaft. Durch die große Anzahl an Stegen und/oder der Länge der Halbstege kann eine Einprägung der Rohrwand zu einer Verblockung des Strömungskanals durch sich berührende oder fast berührende Halbstege kommen. Daher ist es, abhängig vom Abstand e, insbesondere für die in Fig. 10A, 10B und 11A, 11B dargestellten Profile oft günstiger, nur die Stege oder und Halbstege durch gezielte Einprägungen in der Nähe der Stegansätze ausknicken zu lassen und die Rohrwände nur möglichst wenig einzuprägen. Dies gilt insbesondere für e<1/3b.

[0118] Fig. 12 und Fig. 13 zeigen jeweils weitere Ausführungen 91, 101 von Querschnitten von noch nicht ausgebeulten Strangpressrohren. Es sind jeweils Teilstege 92, 102 vorhanden, die sich ausgehend von den Stegen 5 in Querrichtung in die Kanäle 6 erstrecken. In dem Beispiel nach Fig. 12 sind die Teilstege jeweils auf gleicher Höhe angeordnet und im Beispiel nach Fig. 13 auf verschiedener Höhe.

[0119] Die Abbildungen nach Fig. 12 und Fig. 13 sind maßstabsgerecht, so dass ihnen bestimmte Maßverhältnisse der eingezeichneten Maße entnommen werden können.

[0120] Es versteht sich, dass die einzelnen Merkmale der verschiedenen Ausführungsbeispiele je nach Anforderungen miteinander kombiniert werden können.

Patentansprüche

1. Strangpressrohr für einen Wärmetauscher, umfassend zwei zumindest annähernd parallele äußere Seitenwände (1, 2), die sich in einer Längsrichtung (z) und einer Querrichtung (y) des Strangpressrohrs erstrecken und mittels zweier äußerer Schmalseiten (3, 4) in einer Hochrichtung (x) des Strangpressrohrs verbunden sind, wobei sich zumindest ***zwei*** durchgehende Stege (5) zwischen den Seitenwänden (1, 2) in der Längsrichtung (z) und in der Hochrichtung (x) erstreck***en*** und zumindest ***drei*** Kanäle (6) des Strangpressrohrs separier***en***, und
wobei zumindest eine der äußeren Seitenwände (1, 2) Einprägungen (7) aufweist, mittels derer sowohl in die Kanäle (6) hineinragende Ausbeulungen der Seitenwände (1, 2) als auch sich im Wesentlichen in Querrichtung (y) erstreckende Ausbeulungen der Stege (5) ausgeformt sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausbeulungen zumindest ***eines*** *der zumindest* ***zwei*** Stege (5) eine kontrollierte Orientierung bezüglich der Querrichtung (y) aufweisen, wobei
zumindest eine der Einprägungen (7) eine längliche Form aufweist, wobei eine Mehrzahl von Stegen (5) durch die gleiche Einprägung (7) überdeckt und ausgebeult sind und die längliche Einprägung (7) einen Ausrichtungswinkel zu der Querrichtung (y) aufweist, wobei der Ausrichtungswinkel etwa zwischen 0° und 45°, insbesondere etwa zwischen 20° und 45°, insbesondere etwa zwischen 28° und 42°, beträgt.

2. Strangpressrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einer der Kanäle (6) des Strangpressrohrs in der Längsrichtung (x) einen regelmäßigen, wellenförmigen Verlauf bezüglich der Querrichtung (y) aufweist

3. Strangpressrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abstand in Querrichtung (y) zwischen zwei benachbarten Stegen (5) im Wesentlichen konstant ist.

4. Strangpressrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der Einprägungen (7) im Wesentlichen nur mit dem zumindest einen Steg (5) in Überdeckung ist.

5. Strangpressrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der Einprägungen (7) nicht in Überdeckung mit einem Steg (5) ist.

6. Strangpressrohr nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einprägung (7) eine Ausrichtung gegenüber der Querrichtung (y) aufweist.

7. Strangpressrohr nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ausrichtungswinkel der Einprägung (7) gegenüber der Querrichtung (y) etwa zwischen 0° und 45°, insbesondere etwa zwischen 25° und 45°, insbesondere etwa zwischen 30° und 40°, beträgt.

8. Strangpressrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der Einprägungen (7) winglet-förmig, wie länglich, ausgebildet ist.

9. Strangpressrohr nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wingletförmige Einprägung (7) ein Verhältnis von Länge zu Breite von zwischen 1,2 und 5, bevorzugt zwischen 2 und 5, besonders bevorzugt zwischen 2,5 und 3,2, oder bevorzugt zwischen 1,5 und 3, besonders bevorzugt zwischen 1,8 und 2,5 aufweist.

10. Strangpressrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Orientierungen von zumindest einigen Ausbeulungen benachbarter Stege (5), die in Längsrichtung im Wesentlichen auf gleicher Höhe liegen, gleich sind.

11. Wärmetauscher für ein Kraftfahrzeug, umfassend ein Strangpressrohr nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

12. Verfahren zur Herstellung eines Strangpressrrohrs nach einem der Ansprüche 1 bis 11, umfassend die Schritte

- Herstellen des Strangpressrohrs durch ein Strangpressverfahren, und nachfolgend
- Einprägen der Einprägungen in die Seitenwände (1,2).

Claims

1. An extruded tube for a heat exchanger, comprising two at least approximately parallel outer side walls (1, 2), which extend in a longitudinal direction (z) and a transverse direction (y) of the extruded tube and are connected by means of two outer narrow sides (3, 4) in a vertical direction (x) of the extruded tube, whereby at least two continuous webs (5) extend between the side walls (1, 2) in the longitudinal direction (z) and in the vertical direction (x) and separate at least three channels (6) of the extruded tube, and whereby at least one of the outer side walls (1, 2) has impressions (7), by means of which both bulges of the side walls (1, 2), said bulges projecting into the channels (6), and bulges of the webs (5), said bulges extending substantially in the transverse direction (y), are formed, **characterized in that** the bulges of at least one of the at least two webs (5) has a controlled orientation relative to the transverse direction (y), whereby at least one of the impressions (7) has an elongate form, whereby a plurality of webs (5) are coincident with and bulged by the same impression (7), and the elongate impression (7) has an orientation angle to the transverse direction (y), whereby the orientation angle is approximately between 0° and 45°, in particular approximately between 20° and 45°, in particular approximately between 28° and 42°.

2. The extruded tube according to claim 1, **characterized in that** at least one of the channels (6) of the extruded tube in the longitudinal direction (x) has a regular, wave-shaped course in regard to the transverse direction (y).

3. The extruded tube according to any one of the preceding claims, **characterized in that** a distance in the transverse direction (y) between two neighboring webs (5) is substantially constant.

4. The extruded tube according to any one of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the impressions (7) coincides substantially only with the at least one web (5).

5. The extruded tube according to any one of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the impressions (7) does not coincide with a web (5).

6. The extruded tube according to claim 5, **characterized in that** the impression (7) has an orientation opposite to the transverse direction (y).

7. The extruded tube according to claim 6, **characterized in that** an orientation angle of the impression (7) relative to the transverse direction (y) is approximately between 0° and 45°, particularly approximately between 25° and 45°, particularly approximately between 30° and 40°.

8. The extruded tube according to any one of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the impressions (7) is made winglet-shaped, such as elongated [winglets].

9. The extruded tube according to claim 7, **characterized in that** the winglet-shaped impression (7) has a length-to-width ratio of between 1.2 and 5, preferably between 2 and 5, especially preferably between 2.5 and 3.2, or preferably between 1.5 and 3, especially preferably between 1.8 and 2.5.

10. The extruded tube according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the orientations of at least

some bulges of neighboring webs (5), which are substantially at the same height in the longitudinal direction, are the same.

11. A heat exchanger for a motor vehicle, comprising an extruded tube according to any one of the preceding claims.

12. A method for producing an extruded tube according to any one of claims 1 through 11, comprising the steps

- production of the extruded tube by an extrusion process, and subsequently
- impression of the impressions in the side walls (1, 2).

Revendications

1. Tube extrudé pour un échangeur de chaleur, comprenant deux parois latérales extérieures (1, 2), au moins presque parallèles, qui s'étendent dans une direction longitudinale (z) et dans une direction transversale (y) du tube extrudé et sont assemblées au moyen de deux petits côtés extérieurs (3, 4), suivant une direction (x) dans le sens de la hauteur du tube extrudé, où au moins deux nervures continues (5) s'étendent entre les parois latérales (1, 2) dans la direction longitudinale (z) et dans la direction (x) dans le sens de la hauteur et séparent au moins trois canaux (6) du tube extrudé, et où au moins l'une des parois latérales extérieures (1, 2) présente des parties matricées en creux (7) au moyen desquelles sont formées aussi bien des parties en saillie des parois latérales (1, 2), lesdites parties en saillie pénétrant dans les canaux (6), ainsi que des parties en saillie des nervures (5), lesdites parties en saillie s'étendant sensiblement suivant une direction transversale (y), **caractérisé en ce que** les parties formées en saillie de l'une des nervures (5) au moins au nombre de deux présentent une orientation contrôlée par rapport à la direction transversale (y), où au moins l'une des parties matricées en creux (7) présente une forme oblongue, où une pluralité de nervures (5) est recouverte et formée en saillie par la même partie matricée en creux (7), et la partie oblongue matricée en creux (7) présente un angle d'orientation par rapport à la direction transversale (y), où l'angle d'orientation est compris à peu près entre 0° et 45°, en particulier à peu près entre 20° et 45°, en particulier à peu près entre 28° et 42°.

2. Tube extrudé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins l'un des canaux (6) du tube extrudé présente, dans la direction longitudinale (x), un profil régulier et de forme ondulée par rapport à la direction transversale (y).

3. Tube extrudé selon l'une ou l'autre des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un intervalle est sensiblement constant entre deux nervures voisines (5), dans la direction transversale (y).

4. Tube extrudé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des parties matricées en creux (7) coïncide pratiquement seulement avec la nervure (5) au moins au nombre de un.

5. Tube extrudé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des parties matricées en creux (7) ne coïncide pas avec une nervure (5).

6. Tube extrudé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la partie matricée en creux (7) présente une orientation par rapport à la direction transversale (y).

7. Tube extrudé selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**un angle d'orientation de la partie matricée en creux (7), par rapport à la direction transversale (y), est compris à peu près entre 0° et 45°, en particulier à peu près entre 25° et 45°, en particulier à peu près entre 30° et 40°.

8. Tube extrudé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des parties matricées en creux (7) est configurée en forme de winglet, comme étant oblongue.

9. Tube extrudé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la partie matricée en creux (7) en forme de winglet présente un rapport de la longueur relativement à la largeur compris entre 1,2 et 5, de préférence entre 2 et 5, de façon particulièrement préférable entre 2,5 et 3,2, ou bien de préférence entre 1,5 et 3, de façon particulièrement préférable entre 1,8 et 2,5.

10. Tube extrudé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les orientations d'au moins quelques parties formées en saillie de nervures voisines (5) qui sont sensiblement à une même hauteur dans

la direction longitudinale, sont identiques.

11. Echangeur de chaleur pour un véhicule automobile, comprenant un tube extrudé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

12. Procédé de fabrication d'un tube extrudé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant les étapes

- de fabrication du tube extrudé par un procédé d'extrusion et, ensuite,
- de matriçage en creux des parties matricées en creux dans les parois latérales (1, 2).

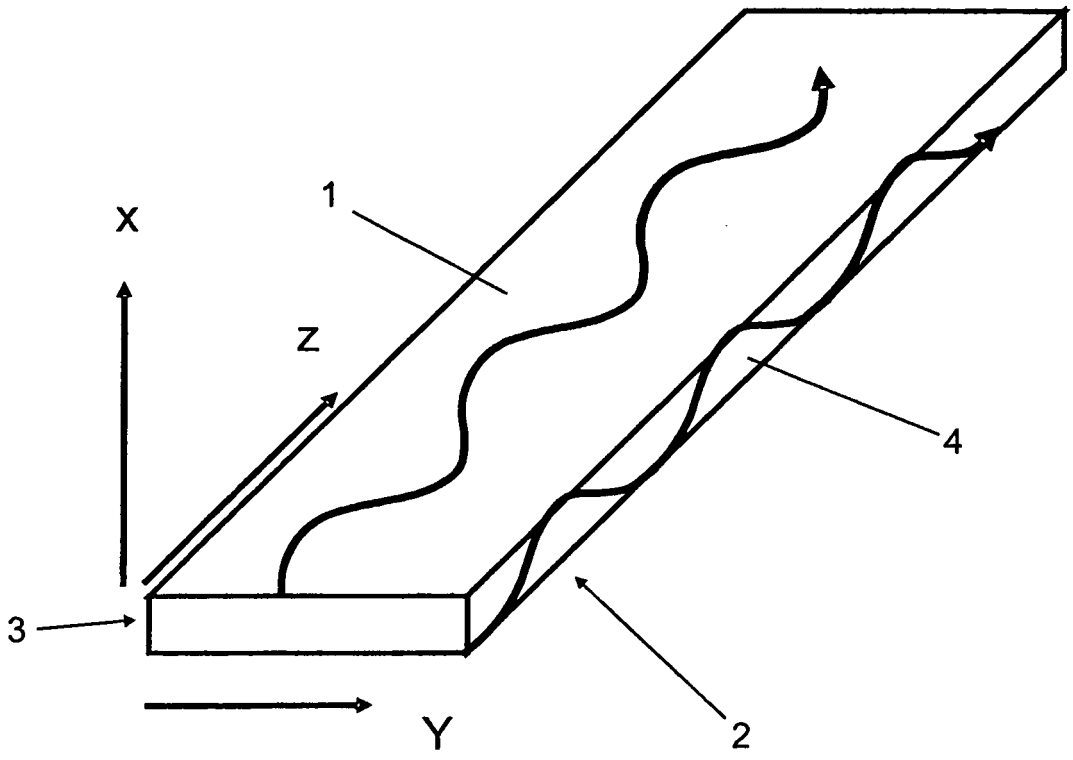


Fig. 1

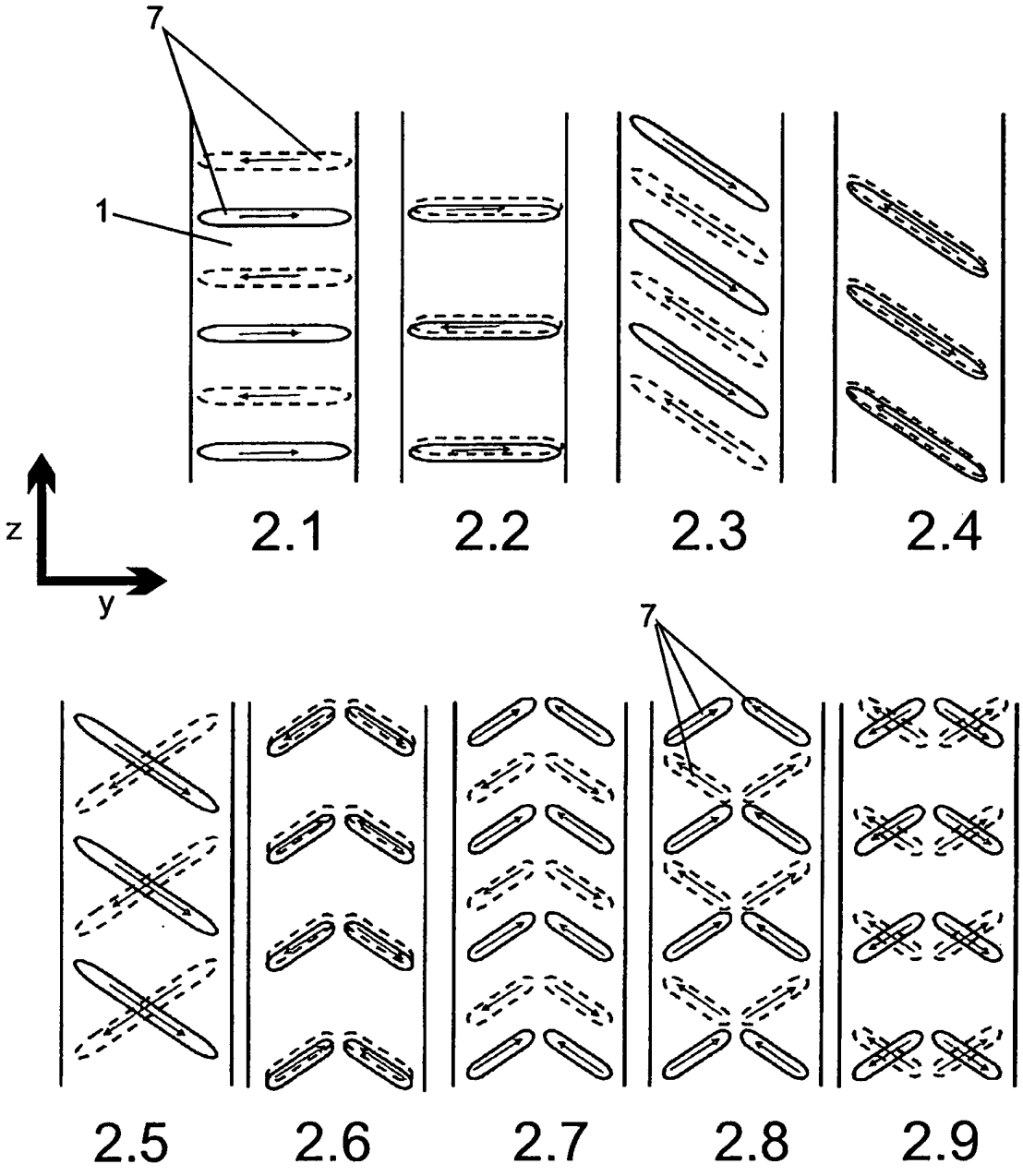


Fig. 2

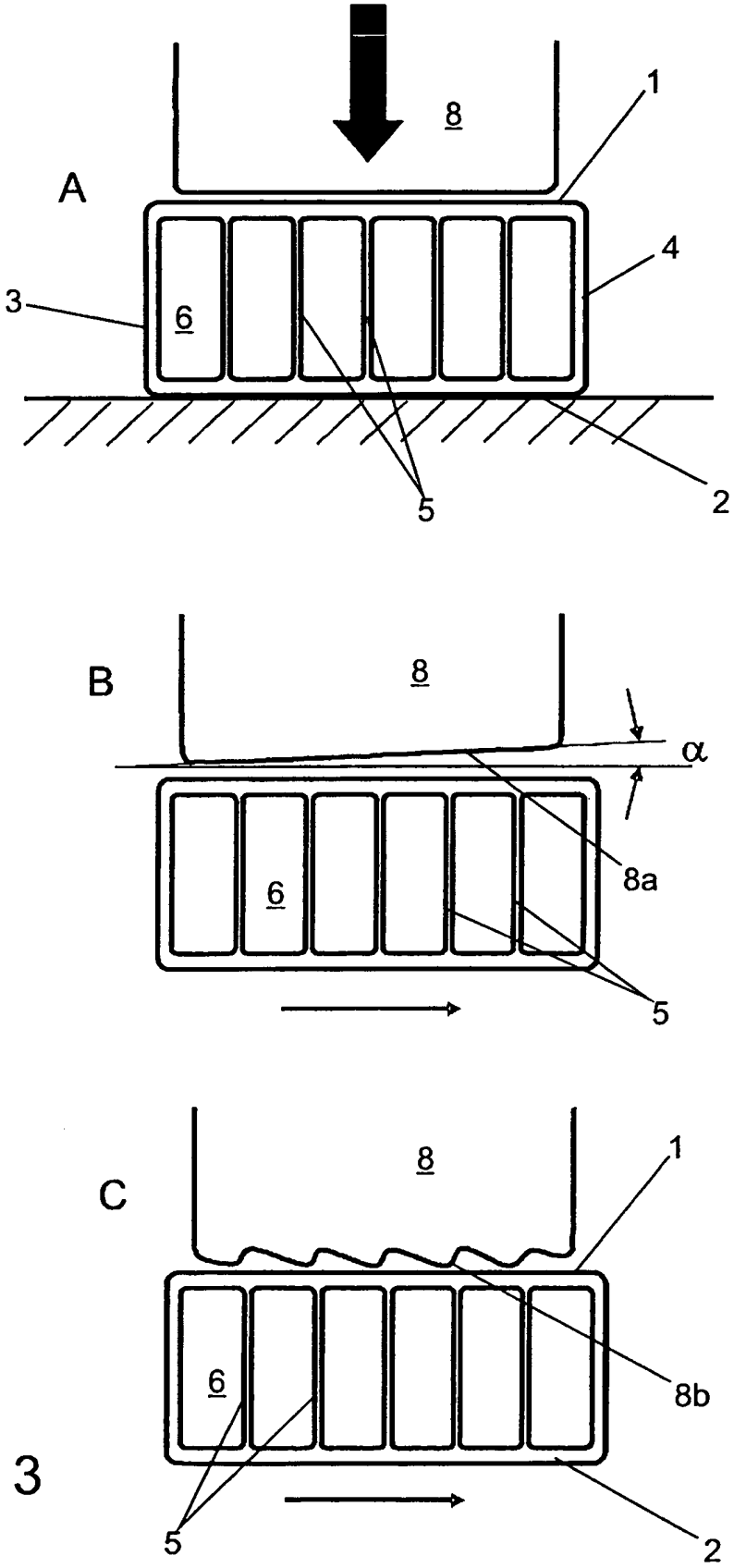


Fig. 3

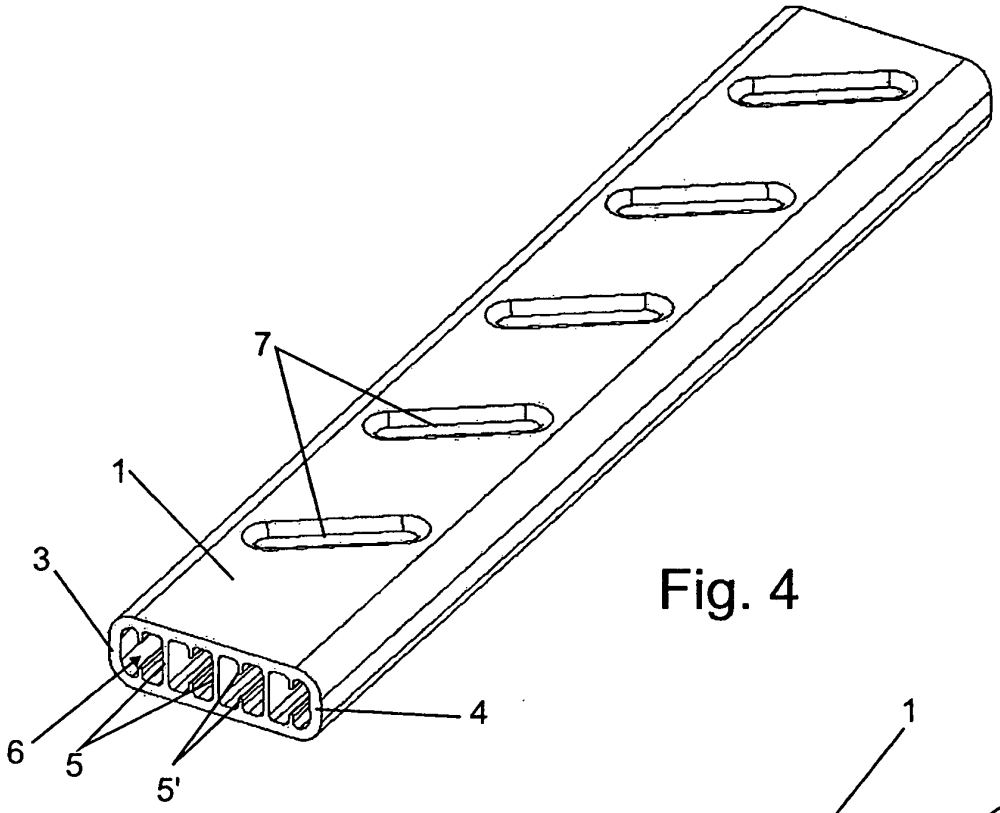


Fig. 4

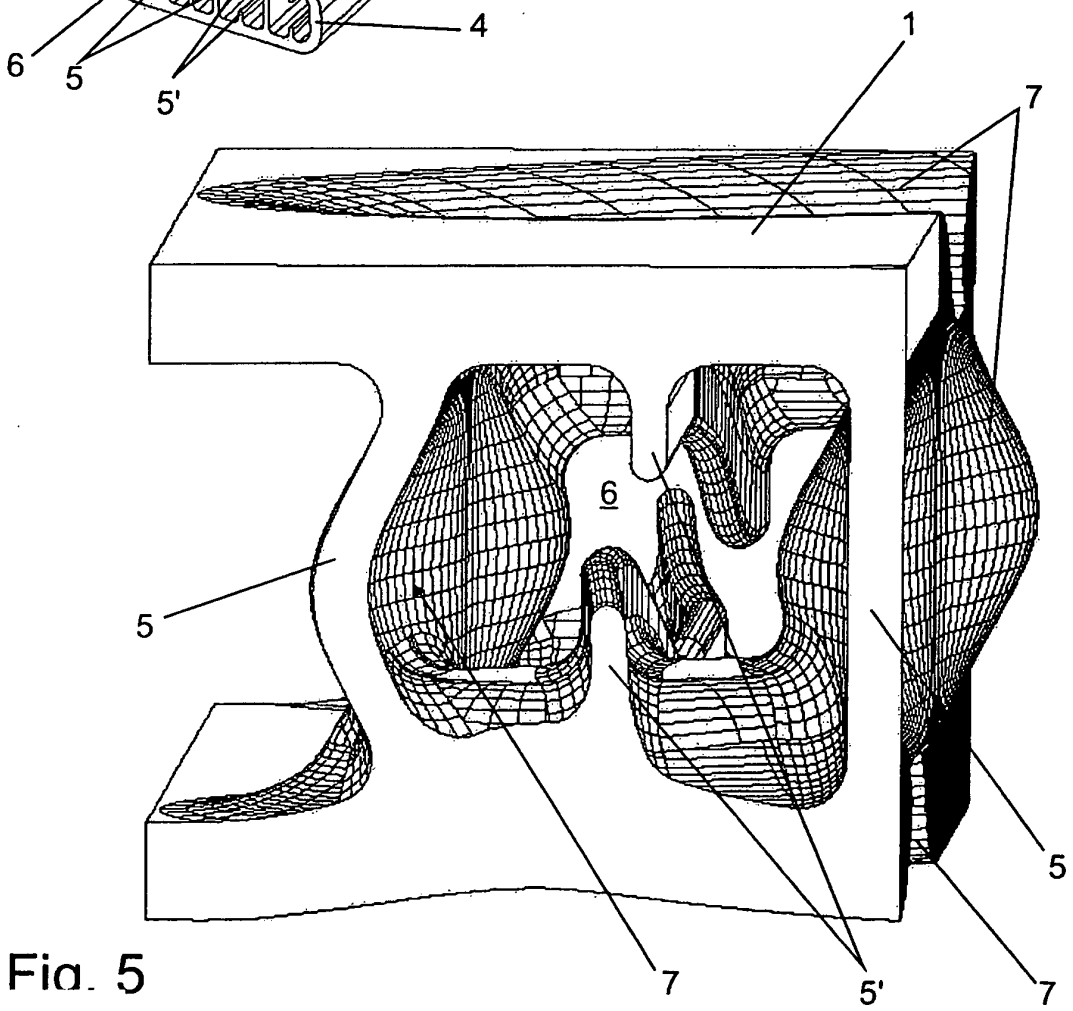


Fig. 5

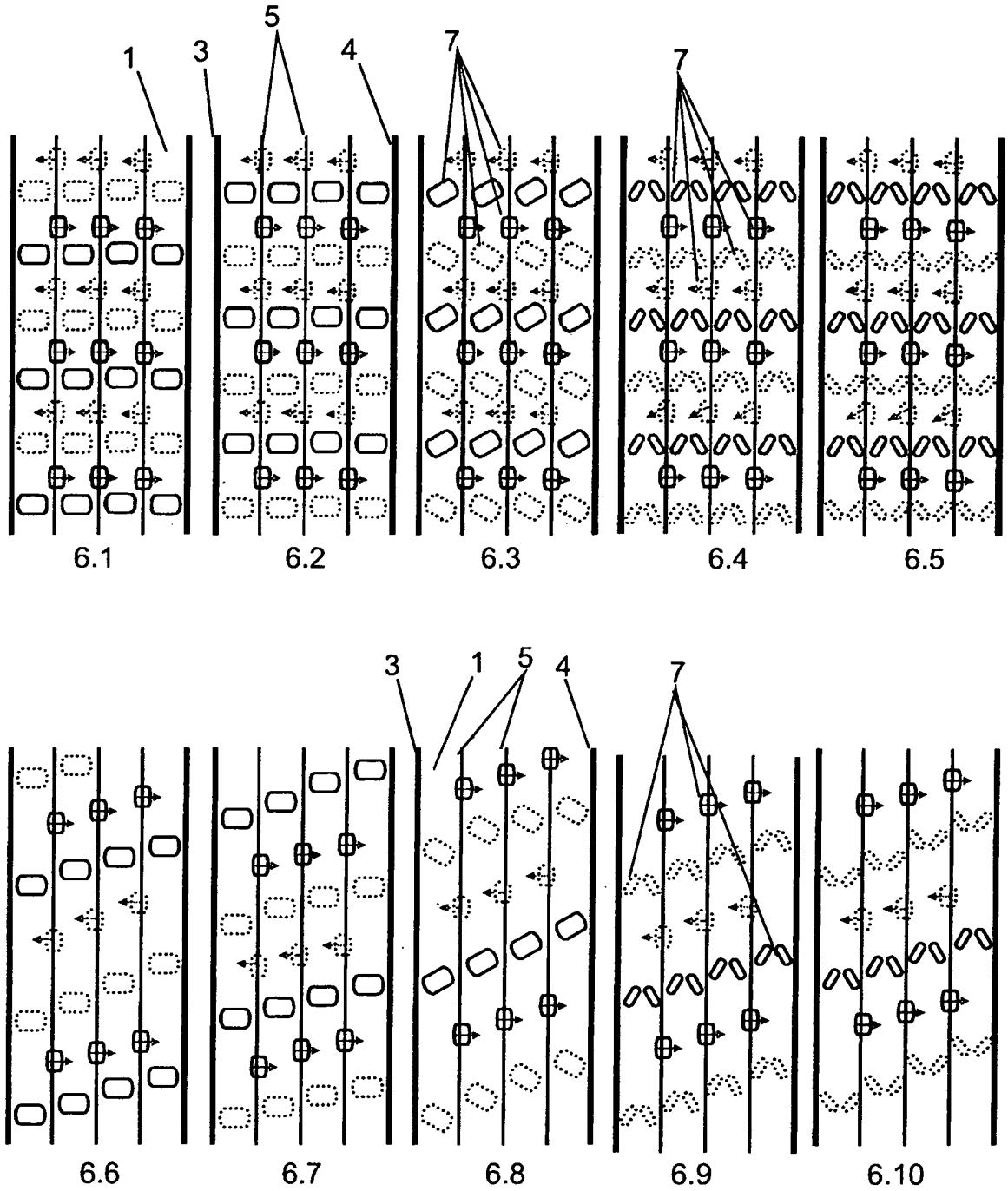
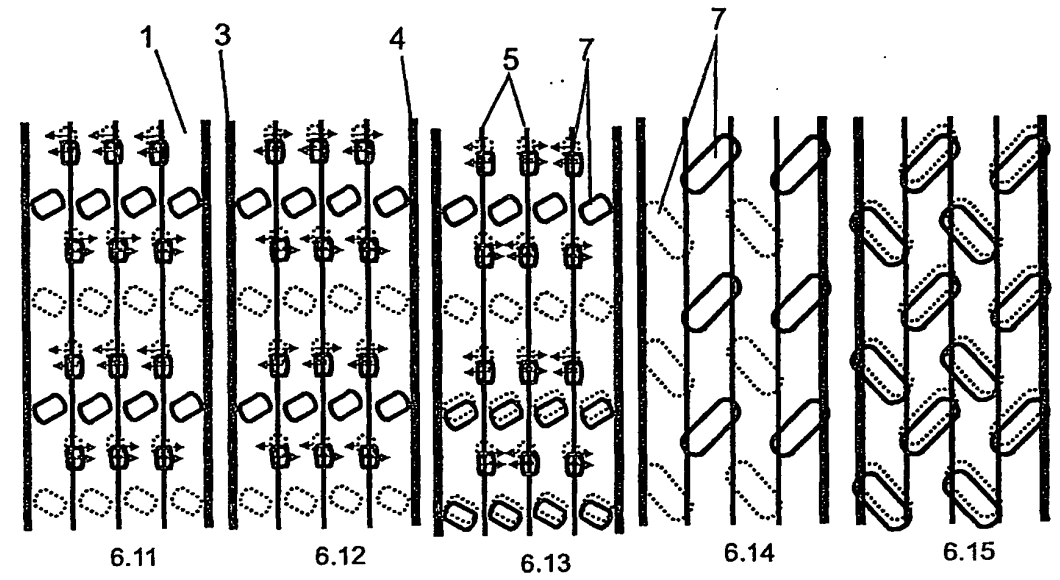


Fig. 6



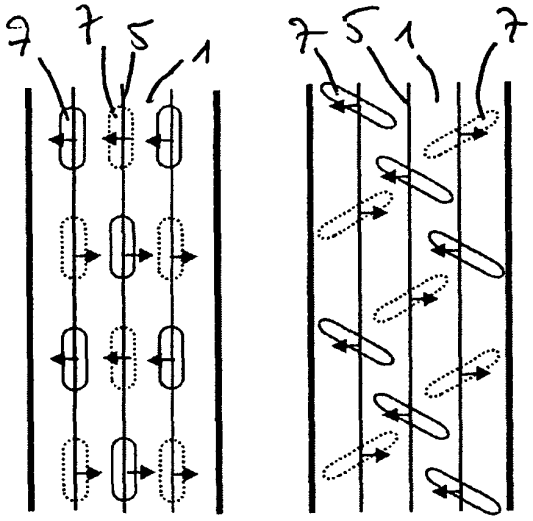
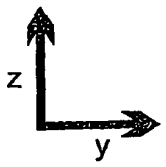


Fig. 6a



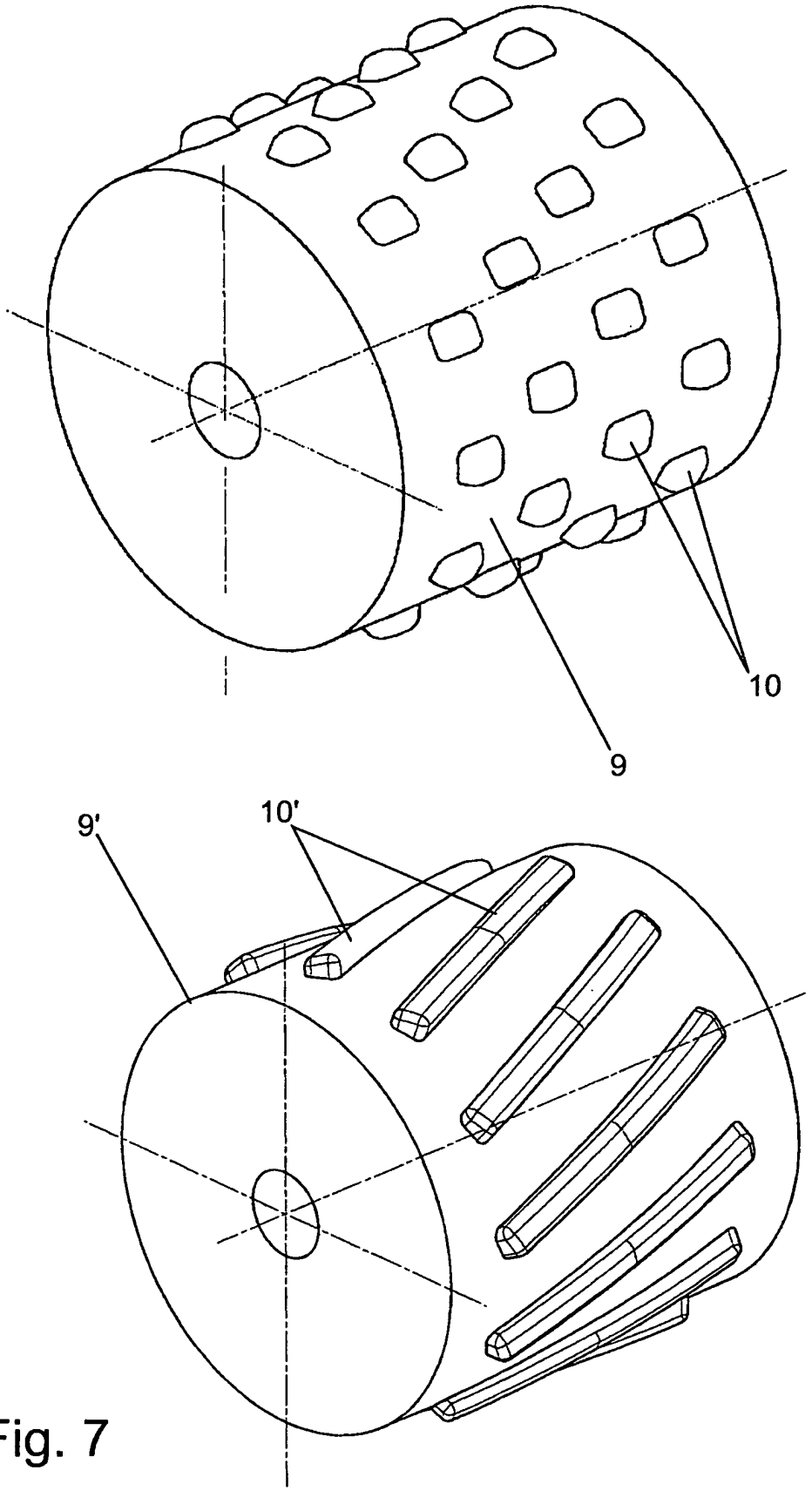


Fig. 7

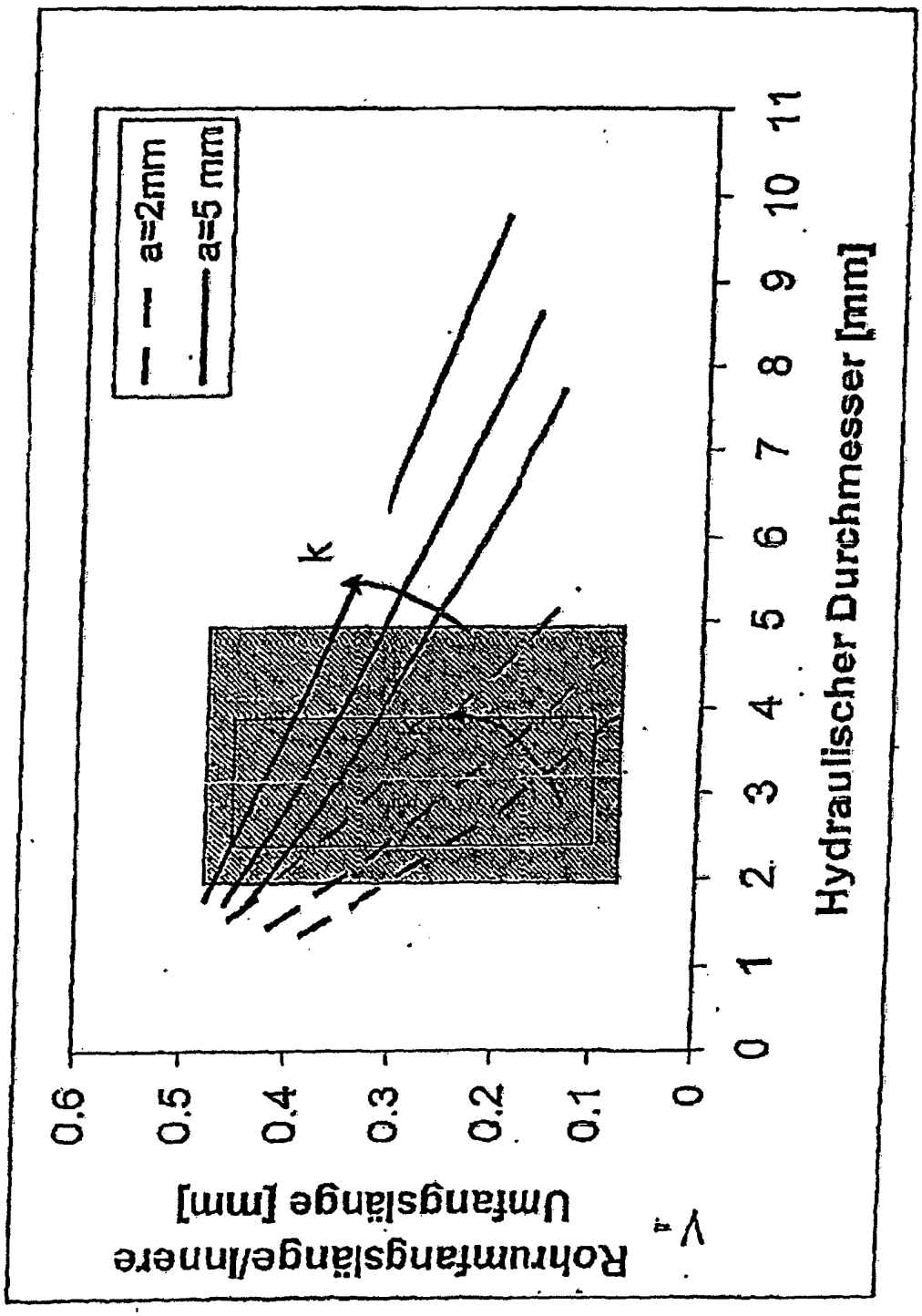

a=2mm
a=5 mm
k
Hydraulischer Durchmesser [mm]
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Rohrumfangslänge/innere Umfangslänge [mm]
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6

Fig. 8

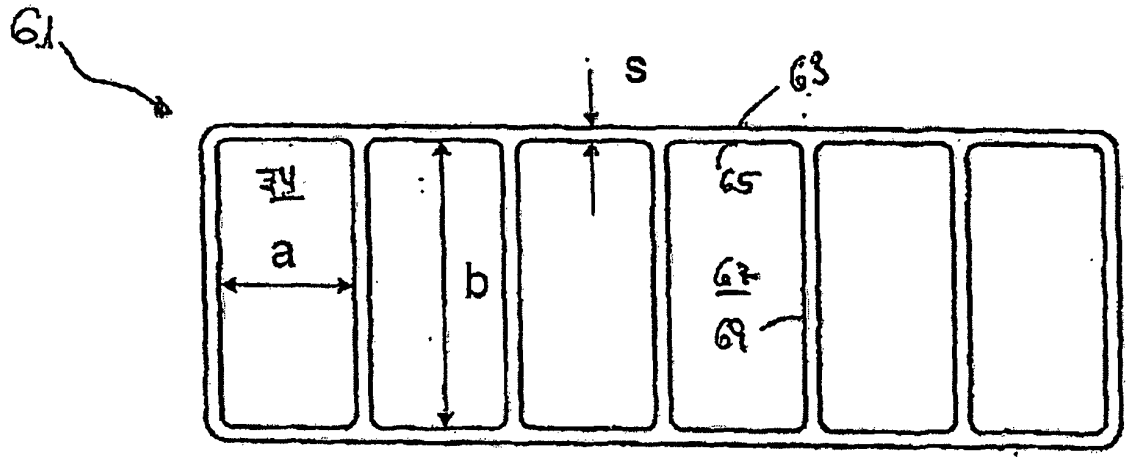


Fig. 9A

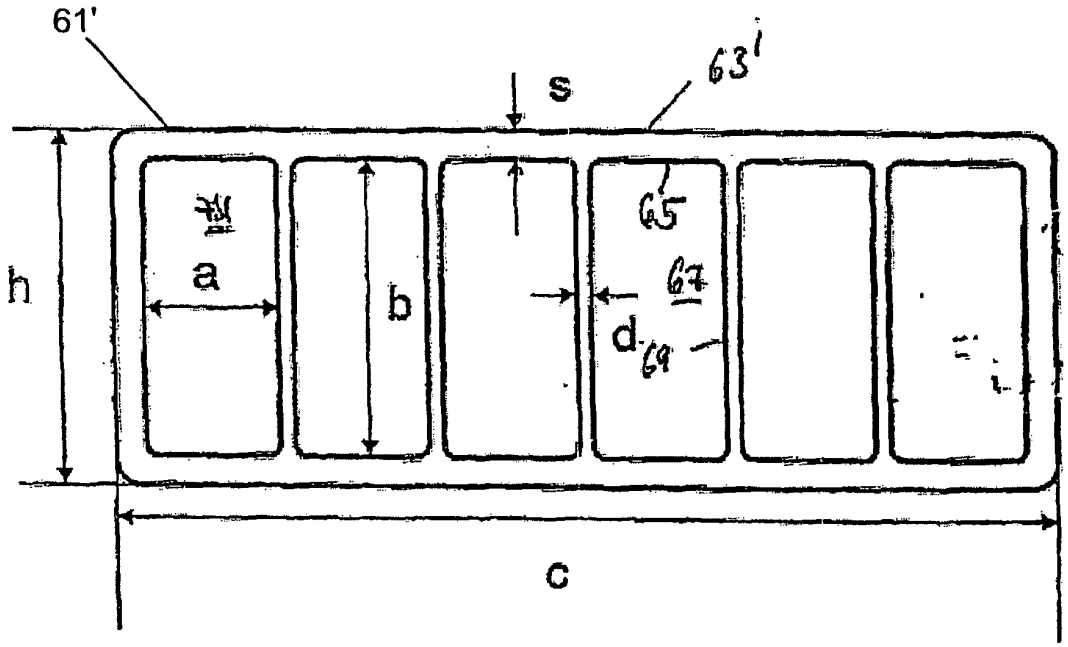


Fig. 9B

$$d_h = 4 \cdot \frac{a \cdot b}{(2 \cdot (a+b))}$$

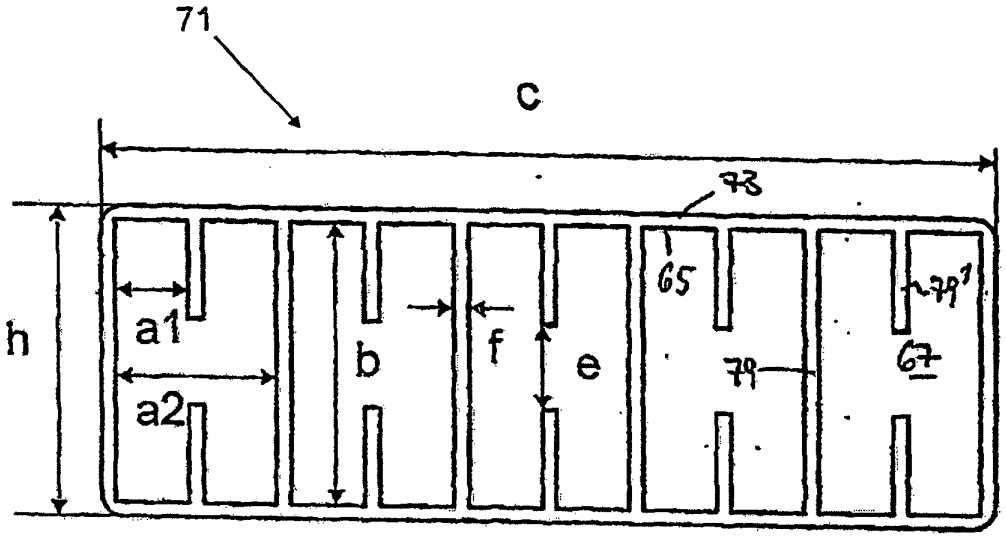
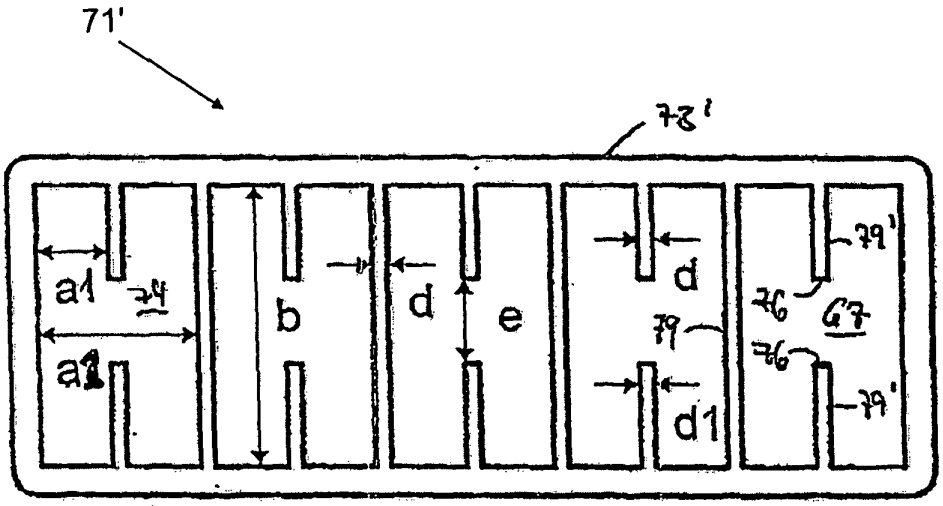


Fig. 10A



$$d_h = 4 \cdot \frac{2 \cdot (a_1 \cdot b + d \cdot e)}{(4 \cdot b + 4 \cdot a_1 - 2 \cdot e + 2 \cdot d)}$$

Fig. 10B

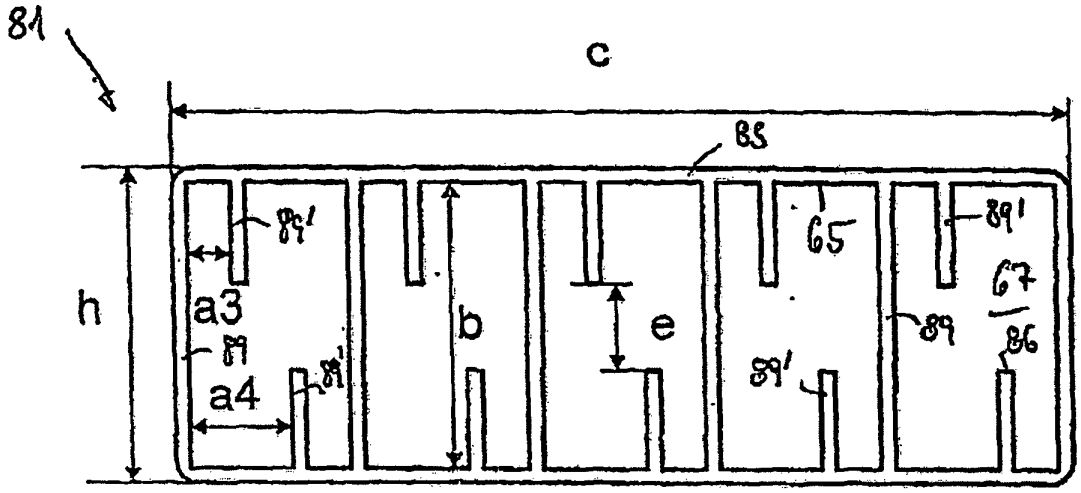


Fig. 11A

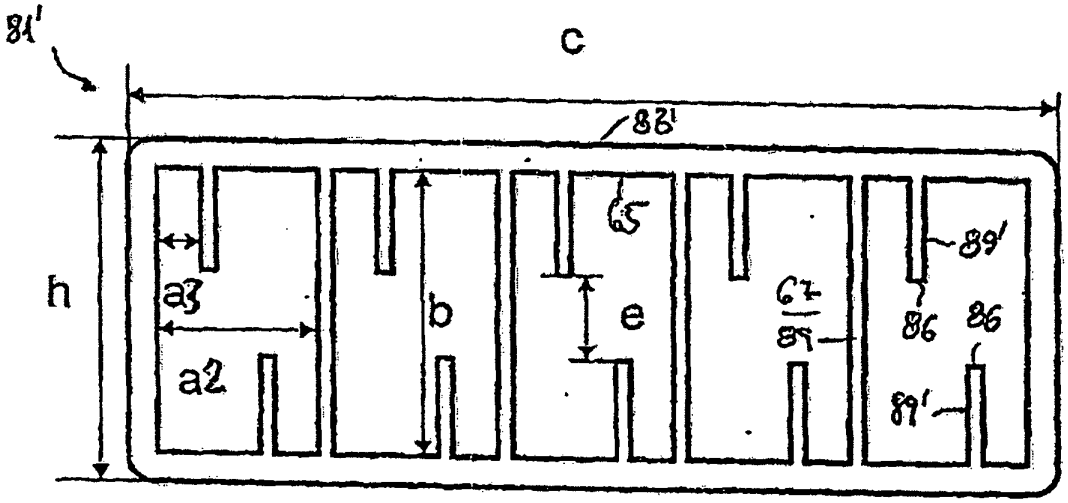


Fig. 11B

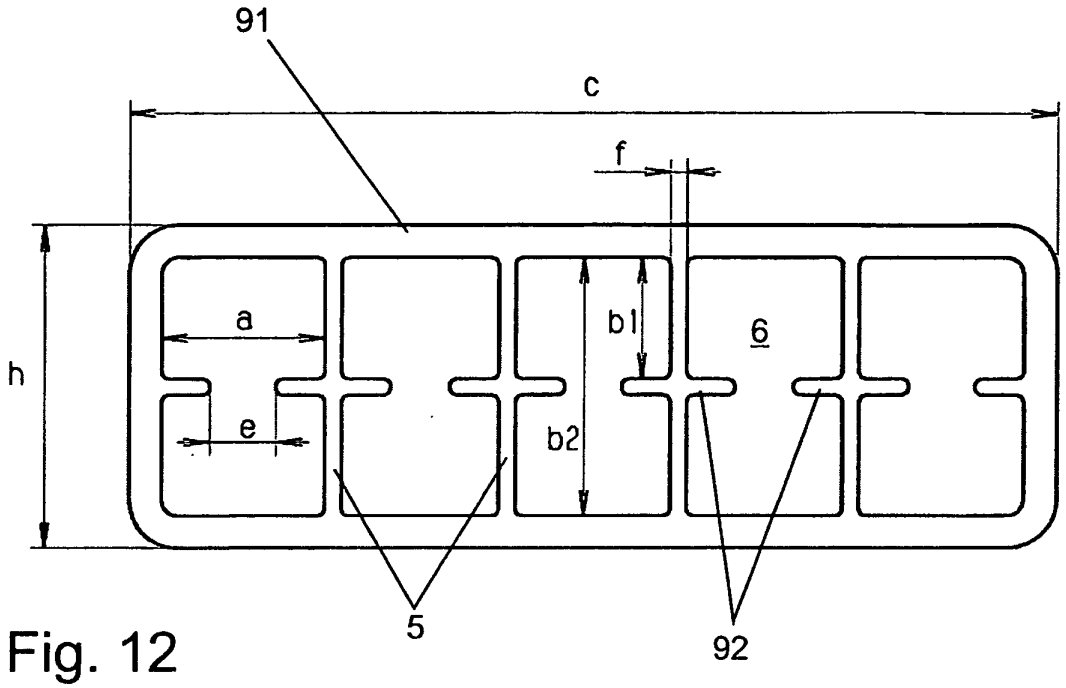


Fig. 12

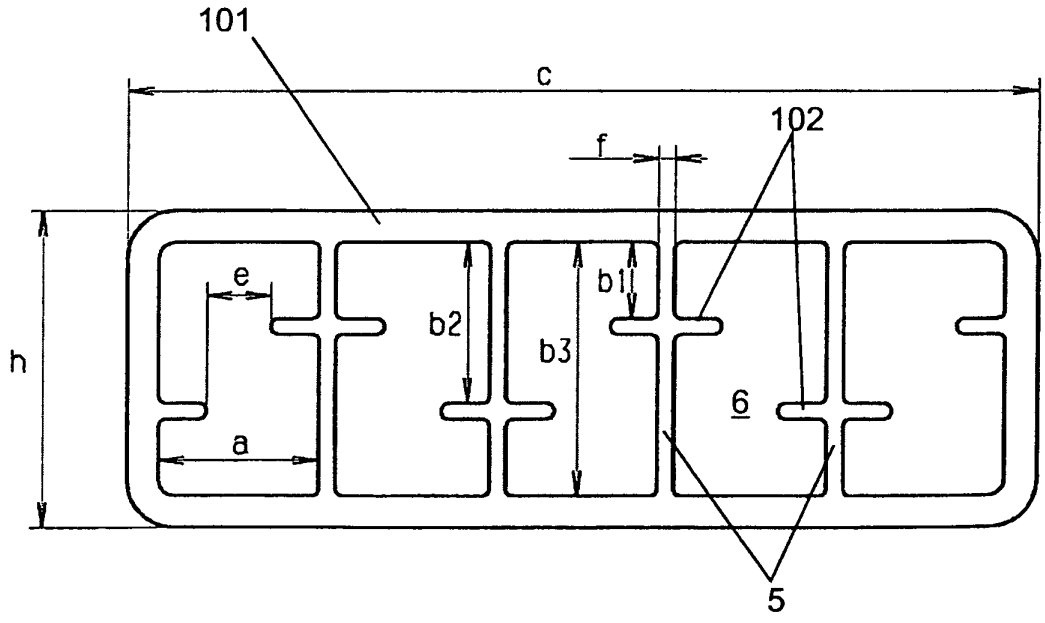


Fig. 13

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

- US 3596495 A **[0002]**