

(19)



(11)

EP 1 805 469 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.05.2019 Patentblatt 2019/22

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

(21) Anmeldenummer: **05800345.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/010904

(22) Anmeldetag: **11.10.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/040118 (20.04.2006 Gazette 2006/16)

(54) **FLACHROHR FÜR WÄRMETAUSCHER**

FLAT TUBE FOR A HEAT EXCHANGER

TUBE PLAT DESTINÉ A UN ÉCHANGEUR THERMIQUE

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

(74) Vertreter: **Grauel, Andreas et al**
Grauel IP
Patentanwaltskanzlei
Wartbergstrasse 14
70191 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **12.10.2004 DE 102004049809**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.07.2007 Patentblatt 2007/28

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 829 316 EP-A- 1 106 949
WO-A-03/033188 FR-A- 2 757 615

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

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 005, Nr. 139 (M-086), 3. September 1981 (1981-09-03) -& JP 56 071520 A (NISSAN MOTOR COLTD), 15. Juni 1981 (1981-06-15)**

(72) Erfinder: **HÄGELE, Jürgen**
70469 Stuttgart (DE)

EP 1 805 469 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Flachrohr für einen Wärmetauscher, insbesondere für ein Kraftfahrzeug. Wärmetauscher in Kraftfahrzeugen, wie beispielsweise in Kraftfahrzeugklimaanlagen, weisen im Stand der Technik neben Sammeleinrichtungen für ein Kältemittel Flachrohre auf, die zur Weiterleitung des Kältemittels beziehungsweise anderer Fluide vorgesehen sind.

[0002] Diese Flachrohre sind dabei mit den Sammeleinrichtungen über Rohrböden oder dergleichen verbunden. Bei dieser Verbindung ist insbesondere auch auf die Dichtigkeit Wert zu legen.

[0003] Die aus dem Stand der Technik bekannten Flachrohre weisen in ihrem Inneren Stege beziehungsweise Vorsprünge auf, welche bewirken, dass das Flachrohr insgesamt mehrkanalig ausgeführt wird.

[0004] Diese aus dem Stand der Technik bekannten Stege bestehen aus beidseitig eingeformten Sicken oder einseitig eingeformten Stegen. Dabei weisen jedoch die Flachrohre an ihrer Außenseite im Bereich der Stege kein geschlossenes beziehungsweise glattes Profil auf. Dieses nicht glatte Außenprofil der Flachrohre führt dazu, dass bei dem Einfügen der Flachrohre in die Böden ein höherer Verfahrensaufwand betrieben werden muss, um eine fluiddichte Verbindung zu erreichen. Darüber hinaus werden im Stand der Technik die Stege an der Außenseite nicht ausreichend geschlossen, so dass es in der Verbindung zwischen dem Rohr und dem Boden an den verbliebenen Rohraußenhohlräumen zu Undichtigkeiten kommt. Daneben kommt es in einer verbleibenden Rinne an der Außenseite des Flachrohres zu Durchlegierungen beim Löten. Ferner müssen im Stand der Technik die in den Bereichen der Stege entstehenden Rohraußenhohlräume nach der Rohrherstellung an den Rohrenden aufwendig nachkalibriert werden, um außen glatte Rohre zu erreichen.

[0005] Die EP 0 854 343 zeigt derartige Flachrohre, welche an ihrer Außenseite erhebliche Außenhohlräume aufweisen, welche durch ein aufwendiges Verfahren vermindert werden.

[0006] Auch die EP 1 106 949 und EP 0 829 316 offenbaren mehrkanalige Flachrohre mit Vorsprünge.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Flachrohr zu schaffen, welches in seinem Inneren Vorsprünge aufweist und gleichzeitig an seiner Außenseite im Bereich der Vorsprünge Ausnehmungen oder Aussparungen weitgehend vermeidet.

[0008] Dies wird erfindungsgemäß durch ein Flachrohr nach Anspruch 1 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung nach Anspruch 13 erreicht. Bevorzugte Weiterbildungen des Flachrohres und des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Das erfindungsgemäße mehrkanalige Flachrohr für einen Wärmetauscher, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, weist eine erste Längswand, eine zweite Längswand, die der ersten Längswand im wesentlichen

parallel gegenüber liegt, sowie wenigstens einen gebogenen Endabschnitt auf. Dabei ist an wenigstens einer Längswand an einer dem Fluidstrom im Inneren des Flachrohres zugewandten Innenseite aus dem Material der Längswand ein Vorsprung ausgebildet. Erfindungsgemäß ist die Längswand an ihrer dem Fluid abgewandten Außenseite im Bereich des Vorsprungs im wesentlichen eben und weist eine Ausnehmung auf, wobei die Wandstärke t ist, r_F ein oberer Krümmungsradius des Vorsprungs an dessen Spitze, R_F ein unterer Krümmungsradius an dessen Basis, X die Breite des Vorsprungs an dessen Spitze, Y die Breite des Vorsprungs an dessen Basis und r_D der Krümmungsradius der Ausnehmung ist, und mit H_F als der Höhe des Vorsprungs, wobei folgendes gilt:

$$\begin{aligned} 0 < r_F < t, \\ R_F < 2t, \\ 1,5t < X < 2t, \\ 2t < Y < 2,5t, \\ r_D < t, \\ t < H_F < 10t. \end{aligned}$$

[0010] Unter einem mehrkanaligen Rohr wird verstanden, dass im Inneren des Rohres mehrere voneinander im wesentlichen getrennte Kanäle ausgebildet sind. Unter einem Flachrohr wird ein Rohr verstanden, dass im Querschnitt so ausgebildet ist, dass dieser in einer Ausdehnungsrichtung eine weitere Ausdehnungsrichtung bei weitem übertrifft.

[0011] Unter einer Längswand des Flachrohres wird diejenige Wand verstanden, die entlang einer der Längsseiten verläuft. Unter einem aus dem Material der Längswand ausgebildeten Vorsprung wird ein solcher Vorsprung verstanden, der nicht nachträglich auf die Wand aufgebracht wird, sondern - insbesondere, aber nicht ausschließlich - durch ein Formgebungsverfahren aus der Wand selbst ausgebildet wird.

[0012] Unter dem Bereich des Vorsprungs wird derjenige geometrische Bereich der entsprechenden Längswand verstanden, in welchem der Vorsprung ausgebildet ist. Unter im wesentlichen eben wird verstanden, dass das Außenprofil im Bereich der Vorsprünge lediglich Ausnehmungen mit geringer Querschnittsfläche aufweist.

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform steht der Vorsprung in Kontakt mit der anderen Längswand, das heißt, der Vorsprung ist an einer Längswand ausgebildet und kontaktiert die gegenüberliegende Längswand. Auf diese Weise können voneinander im wesentlichen abgetrennte Kanäle innerhalb des Flachrohres geschaffen werden.

[0014] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Flachrohr zwei gebogene Endabschnitte auf. Bevorzugt ist wenigstens ein Endabschnitt um im wesentlichen 180 Grad gebogen, um zu bewirken, dass die beiden Längswände bezüglich einander im wesentlichen parallel angeordnet sind. Der zweite Endabschnitt kann zum Abschließen des Flachrohres auch in anderer

Weise gebogen werden, denn beispielsweise können im Laufe des Herstellungsverfahrens die jeweiligen Endbereiche des Grundmaterials teilweise um einen vorgegebenen Winkel gebogen werden, um dann an dieser Stelle zusammengefügt zu werden.

[0015] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind an einer Längswand aus dem Material der Längswand mehrere Vorsprünge ausgebildet.

[0016] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind an beiden Längswänden aus dem Material der Längswände Vorsprünge ausgebildet. Dabei kontaktieren in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform alle Vorsprünge die jeweils gegenüberliegende Längswand. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass im hergestellten Zustand das Flachrohr mit mehreren gegeneinander im wesentlichen abgetrennten Kammern ausgebildet wird.

[0017] Dabei können die Abstände zwischen den Vorsprüngen derart gewählt werden, dass das fertigestellte Flachrohr Kanäle mit im wesentlichen gleichbleibender Querschnittsfläche aufweist.

[0018] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist es auch möglich, die Vorsprünge so auszubilden, dass sie nicht die gegenüberliegende Längswand kontaktieren, sondern einen an der gegenüberliegenden Längswand angeordneten weiteren Vorsprung.

[0019] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens ein Vorsprung bevorzugt mehrere, besonders bevorzugt alle Vorsprünge, ein im wesentlichen symmetrisches Profil auf. Dies bedeutet, dass der Vorsprung eine im wesentlichen senkrecht auf der Ebene der Längswand stehende Symmetrieachse aufweist, bezüglich derer der Vorsprung im wesentlichen achsensymmetrisch ausgebildet ist.

[0020] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weisen die Flachrohre eine Tiefe zwischen 0,5 mm und 5 mm, bevorzugt zwischen 0,8 mm und 4 mm und besonders bevorzugt zwischen 1 mm und 3 mm auf. Diese jeweiligen Tiefen hängen von den tatsächlichen Anwendungen in den herzustellenden Wärmetauschern ab.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens eine Wand eine Wandstärke zwischen 0,05 mm und 0,8 mm, bevorzugt zwischen 0,07 mm und 0,6 mm und - besonders bevorzugt - zwischen 0,1 mm und 0,5 mm auf. In Abhängigkeit von dieser Wandstärke werden bevorzugt die entsprechenden Vorsprünge angepasst, wobei insbesondere auch verfahrenstechnische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind.

[0022] Die vorliegende Erfindung ist ferner auf ein Verfahren zur Herstellung eines mehrkanaligen Flachrohres für einen Wärmetauscher gerichtet. Dabei wird in einem Verfahrensschritt ein Vorsprung mit einem vorgegebenen Profil aus einem Materialstreifen mittels einer ersten Formgebungseinheit und einer zweiten, mit der ersten Formgebungseinheit zusammenwirkenden Formgebungseinheit erzeugt.

[0023] In einem weiteren Verfahrensschritt wird das

Profil des Vorsprungs mittels einer dritten Formgebungseinheit und einer vierten, mit der dritten Formgebungseinheit zusammenwirkenden Formgebungseinheit verändert.

5 **[0024]** Unter einer Veränderung des Profils wird verstanden, dass vorgegebene geometrische Veränderungen an dem Vorsprung beziehungsweise dessen Querschnitt vorgenommen werden.

10 **[0025]** Unter einer Formgebungseinheit wird eine Einrichtung verstanden, die derart auf das zu bearbeitende Material einwirkt, dass dessen Gestalt zumindest lokal verändert wird.

15 **[0026]** Bevorzugt handelt es sich bei den Formgebungseinheiten um gegeneinander drehbare Rollen. So sind bevorzugt die erste und die zweite Formgebungseinheit als sich gegeneinander drehende Ober- und Unterrollen ausgeführt, zwischen welchen das zu bearbeitende Material angeordnet ist. Auch bei der dritten und vierten Formgebungseinheit handelt es sich um entsprechende Rollen, zwischen denen das zu bearbeitende Material angeordnet ist. Bevorzugt werden die Rollen so ausgeführt, dass eine Rolle durch seitliche Abschlüsse der anderen Rolle begrenzt wird, um auf diese Weise eine Verbreiterung des zu bearbeitenden Materialstreifens im Laufe des Verformungsvorgangs zu verhindern.

20 **[0027]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weisen die Rollen ein im wesentlichen zylindrisches Profil auf.

25 **[0028]** Es wäre jedoch auch möglich, anstelle von Rollen zwei gegenüberliegende Auflagen vorzusehen, zwischen denen das Material gepresst beziehungsweise durchgezogen wird.

30 **[0029]** Bevorzugt besteht die Veränderung des Profils in wenigstens einem Verfahrensschritt darin, dass dessen Höhe und/oder Breite verringert wird. Bevorzugt wird sowohl die Höhe als auch die Breite des Vorsprungs während dieses Verfahrensschrittes verringert. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass die Außenseite des Flachrohres im Bereich des Vorsprungs eingeebnet wird, das heißt, eine Ausnehmung in diesem Bereich verringert wird.

35 **[0030]** Bevorzugt wird in wenigstens einem weiteren Verfahrensschritt das Profil des Vorsprungs weiter verändert. Dabei wird bevorzugt wiederum die Höhe und/oder die Breite des Profils verringert. Bevorzugt wird eine Vielzahl von Verfahrensschritten hintereinander vorgesehen, in welchen das Profil des Vorsprungs kontinuierlich verändert wird, wobei diese Veränderung jeweils zumindest in der Verringerung der Breite oder der Höhe des Profils besteht. Diese Verfahrensschritte dienen jeweils dazu - wie oben gesagt - eine möglichst ebene Außenfläche des Flachrohrprofils im Bereich des Vorsprungs zu erreichen.

40 **[0031]** Bevorzugt wird in wenigstens vier, besonders bevorzugt in wenigstens sechs Verfahrensschritten das Profil des Vorsprungs verändert. Bei der Durchführung zu weniger Verfahrensschritten bestünde die Gefahr, dass das zu bearbeitende Material den dann nötigen massiven

Umformungen nicht gewachsen wäre und es so zu Rissen und dergleichen kommen könnte. Nach oben ist die Anzahl der Verfahrensschritte durch die gebotene Effizienz sowohl im Hinblick auf die Herstellungskosten, als auch im Hinblick auf den zeitlichen Aufwand begrenzt.

[0032] Bei einem weiteren bevorzugten Verfahren wird in einem weiteren Verfahrensschritt eine Vorzentrierung des Vorsprungs vorgenommen. Dies wird über einen Vorzug bevorzugt bewältigt.

[0033] Bevorzugt weisen die drehbaren Rollen, durch welche das Material hindurchgeführt wird, einen im wesentlichen konstanten Abstand zueinander auf. Auf diese Weise wird erreicht, dass das zu bearbeitende Material eine im wesentlichen konstante Wandstärke, beziehungsweise Dicke, aufweist. Bevorzugt ist das Material der Rolle derart auf das zu bearbeitende Material abgestimmt, dass eine Diffusion von Materialpartikeln verhindert wird.

[0034] Bevorzugt wird bei wenigstens einem Verfahrensschritt die Breite des Materialstreifens vermindert. Das Material wird den Rollen in Form von Streifen mit vorgegebenen Dimensionen zugeführt. Unter der Breite des Materialstreifens wird dabei die Ausdehnung in Richtung der Rollenachse verstanden. Durch diese Vorgehensweise kann in besonders vorteilhafter Weise die Ausbildung des jeweiligen Vorsprungs erreicht werden. Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform bleibt bei wenigstens einem Verfahrensschritt die Breite des Materialstreifens konstant. Bei diesen Verfahrensschritten wird eine Formveränderung des Vorsprungs im wesentlichen ohne Verwendung weiteren Materials aus der Umgebung des Vorsprungs erreicht.

[0035] Bevorzugt werden mehrere Vorsprünge aus dem Materialstreifen gebildet. Zu diesem Zweck kann bevorzugt in einem ersten Verfahrensschritt die benötigte Menge an zusätzlichem Material durch Verminderung der Länge des Streifens gewonnen werden.

[0036] Dabei werden bevorzugt die Vorsprünge in vorgegebenen Abständen zueinander ausgebildet. Bevorzugt werden die Vorsprünge derart gewählt, dass das auf diese Weise hergestellte Flachrohr im wesentlichen mehrere Kanäle mit im wesentlichen gleichem Querschnitt aufweist.

[0037] Bevorzugt werden in wenigstens einem Verfahrensschritt verschiedene Vorsprünge unterschiedlichen Formgebungsstufen unterworfen. Damit ist gemeint, dass ein bestimmter Vorsprung bereits in seiner Form angepasst wird, während ein weiterer Vorsprung erst gebildet wird oder ein Vorsprung bereits seine endgültige Form erhält, während ein weiterer Vorsprung noch in einem Zwischenschritt in seiner Form angepasst wird.

[0038] Auf diese Weise kann unter Umständen erreicht werden, dass mehrere Vorsprünge mit wenigen Umformschritten so hergestellt werden, dass bereits vor- oder fertiggeformte Vorsprünge in ihrer Form nicht mehr verändert werden.

[0039] Bevorzugt wird bei einem weiteren Verfahrensschritt ein gekrümmter Abschnitt erzeugt. Bevorzugt wird

eine Krümmung von 180 Grad erzeugt, um auf diese Weise die Längswände im wesentlichen parallel gegenüberliegend anzuordnen.

[0040] Weitere Vorteile und Ausführungsformen ergeben sich aus den beigefügten Zeichnungen.

[0041] Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erzeugung eines Vorsprungs;

Fig. 2a eine Darstellung der erfindungsgemäßen Formgebungseinheiten zur Herstellung eines Vorsprungs;

Fig. 2b eine Darstellung der Formgebungseinheiten zur Veränderung des Profils des Vorsprungs;

Fig. 2c eine Darstellung der Formgebungseinheiten zur weiteren Veränderung des Profils des Vorsprungs;

Fig. 3 eine Darstellung zur Veranschaulichung des Herstellungsverfahrens für die Erzeugung einer geraden Anzahl von Vorsprüngen;

Fig. 4 ein durch das in Fig. 3 dargestellte Verfahren fertiggestelltes Flachrohr;

Fig. 5 eine Figur zur Veranschaulichung der Herstellung eines Flachrohrs mit einer ungeraden Anzahl von Vorsprüngen;

Fig. 6 ein durch ein Verfahren nach Fig. 5 hergestelltes Flachrohr;

Fig. 7 ein erfindungsgemäßes Flachrohr in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 8 ein erfindungsgemäßes Flachrohr in einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 9 ein erfindungsgemäßes Flachrohr in einer dritten Ausführungsform;

Fig. 10 eine vergrößerte Darstellung eines Vorsprungs zur Veranschaulichung der geometrischen Verhältnisse; und

Fig. 11 ein erfindungsgemäßes Flachrohr zur Veranschaulichung der geometrischen Verhältnisse.

[0042] In Fig. 1 sind die einzelnen Verfahrensschritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erzeugung eines Vorsprungs dargestellt. Die einzelnen Verfahrensschritte sind mit den arabischen Ziffern 1 bis 6 gekennzeichnet. Die jeweiligen Kleinbuchstaben a) bis f) bezeichnen die Breite des Materials, das heißt des Materialstreifens, während des Herstellungsverfahrens. Die

Großbuchstaben A bis F kennzeichnen die Endpunkte des Materialstreifens.

[0043] Es wird darauf hingewiesen, dass das in Fig. 1 dargestellte Verfahren lediglich eine mögliche Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wiedergibt. Erfindungsgemäß können auch weitere Verfahrensschritte vorgesehen werden oder einzelne Verfahrensschritte weggelassen werden.

[0044] Das Bezugszeichen L kennzeichnet die Mittellinie, bevorzugt die Symmetrieachse des erzeugten Vorsprungs 9a bis 9f. In dem optionalen Verfahrensschritt 1a wird durch einen Vorzug eine Vorzentrierung des Vorsprungs 9a vorgenommen. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Vorsprünge beziehungsweise Stege mit großen Höhen H_A bis H_F erzeugt werden sollen. Im Verfahrensschritt 2 wird der Materialstreifen beziehungsweise das Band 7 in dem dargestellten Bereich Z umgeformt. Zu diesem Zweck weisen die jeweiligen Formgebungseinheiten, das heißt bevorzugt die Rollen, eine sickenähnliche Form auf. Durch die Erzeugung des Vorsprungs 9b im Verfahrensschritt 2 wird die Gesamtbreite b des Streifens 7 erzeugt, wobei die Gesamtbreite b geringer ist als die Gesamtbreite a, beziehungsweise die Gesamtbreite a' in den Verfahrensschritten 1 und 1a.

[0045] Die im Verfahrensschritt 2 erzeugte Höhe H_B stellt die Maximalhöhe H_{max} des Vorsprungs 9b dar, die im Laufe weiterer Verfahrensschritte zumindest teilweise noch verringert wird.

[0046] In den Stufen 2 bis 6 bleibt die Abwicklung der neutralen Faser im Bereich Z nahezu konstant. Dies bedeutet, dass in dem Bereich Z immer im wesentlichen die gleiche Materialmenge den Formgebungseinheiten beziehungsweise den Rollen zugeführt wird. Dies wird durch eine entsprechende Auslegung der jeweiligen Formungsstadien in den Schritten 2 bis 6 durch Beibehaltung der jeweiligen Gesamtbreiten erreicht.

[0047] Die Breiten des Streifens b bis f bleiben also in den Verfahrensschritten 2 bis 6 im wesentlichen konstant. Um die Gesamtbreiten b bis f konstant zu halten, wird der Materialstreifen 7 bevorzugt mit geeigneten Werkzeugen an den jeweiligen Endpunkten B bis F festgehalten.

[0048] Während der Verfahrensstufen 2 bis 6 findet damit im wesentlichen lediglich eine Umformung des Vorsprungs 9 statt. Im einzelnen nimmt sowohl die Höhe H, als auch die Breite des Vorsprungs 9 ab, und die jeweiligen Flanken 25 verlaufen steiler. Auch der Krümmungsradius an der Spitze des jeweiligen Vorsprungs 9a bis 9f verringert sich im Laufe des Verfahrens. Dies bedeutet, dass dasjenige Material, welches durch Verringerung der Höhe und der Breite eingespart wird, im wesentlichen dadurch hinzugefügt wird, dass die Fläche der Ausnehmung 11 unterhalb des Vorsprungs stetig verringert wird.

[0049] Anders ausgedrückt, bleibt die Breite des Streifens zwischen dem Anfangspunkt 33 und dem Endpunkt 34 während der Verfahrensschritte 2 bis 6 bevorzugt im wesentlichen konstant. Während der Verfahrensschritte

5 und 6 muss eine Schließung des Vorsprungs beziehungsweise der Ausnehmung 11 unterhalb des Vorsprungs 11 erreicht werden, das heißt, die jeweiligen Flanken 29 des Vorsprungs werden aneinander gepresst. Zu diesem Zweck wird das Material 7 im Bereich des Vorsprungs im wesentlichen vollständig von den entsprechenden Bereichen der Formgebungseinheiten umfaßt.

[0050] Im Verfahrensschritt 5 kann alternativ auch der im Verfahrensschritt 4 noch offene Vorsprung durch zusammenfallen, raffen oder quetschen geschlossen werden. Bei einer derartigen Vorgehensweise wird jedoch nicht die Höhe H_D beziehungsweise H_E wesentlich reduziert, sondern die Gesamtbreite. In diesem Fall müsste auch der Gefahr einer Gratbildung zwischen den quetschenden Werkzeugen entgegengewirkt werden, und daneben wird auch kein ideal verminderter Stegaußenhohlraum 11 erreicht.

[0051] Ferner ist es auch möglich, in dem Bereich Z eine Änderung der Streifenbreite auch in wenigstens einem der Verfahrensschritte 3 bis 6 zu erlauben, das heißt, in den Verfahrensschritten 3 bis 6 bleibt, zumindest teilweise, auch die Streifenbreite b bis f nicht konstant. Wird nach dieser Variante vorgegangen, kann beim Komprimieren des Vorsprungs Material beziehungsweise Bandmaterial zurück in die Bandbreite, das heißt, aus dem Bereich des Vorsprungs heraus, fließen. Eine mögliche Folge besteht darin, dass in weiteren Verfahrensschritten zu wenig Material zur Schließung des Außenhohlraums 11 zur Verfügung steht oder in den ersten Stufen mehr Material vorgezogen werden muss. In diesem Fall können auch stärkere Ausdünnungen des Materialstreifens 7 sowie eine höhere Gefahr von Rissbildung auftreten. Ferner kann unter Umständen die erforderliche Steghöhe nicht erreicht werden, und der Prozess wird insgesamt empfindlicher gegenüber Schwankungen der Streifenmaterialeigenschaften.

[0052] In dem hier gezeigten Verfahrensschritt 6 wird eine endgültige Höhe H_F erreicht, welche geringer ist, als die Höhe H_E im Verfahrensschritt 5. Gleichzeitig wird der Bereich 11, der im Verfahrensschritt 5 noch vorhanden ist, im wesentlichen geschlossen und daher das erfindungsgemäße glatte Außenprofil erreicht.

[0053] Die Bandbreite beziehungsweise Gesamtbreite des Streifens e wird ebenfalls nicht weiter reduziert, das heißt, die Bandbreite f und die Bandbreite e sind im wesentlichen gleich.

[0054] Fig. 2a zeigt die Formgebungseinheiten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welchem es sich um eine obere Rolle 21 sowie eine untere Rolle 22 handelt. Zwischen diesen Rollen ist das Flachrohrmaterial beziehungsweise der Materialstreifen 7 angeordnet, welcher auf diese Weise von den Rollen durch die Rollen hindurchgezogen wird. Die untere Rolle 22 weist einen Bearbeitungsvorsprung 25 auf und die obere Rolle 21 eine hinsichtlich ihrer Gestalt an den Bearbeitungsvorsprung 25 angepasste Ausnehmung. Es wäre auch möglich, umgekehrt die obere Rolle mit einem

Vorsprung und die untere Rolle mit einer Ausnehmung zu versehen.

[0055] Die Ausnehmung 26 und der Bearbeitungsvorsprung 25 sind so aneinander angepasst, dass zwischen Ihnen das Material mit einer vorgegebenen Dicke beziehungsweise Stärke S hindurchgeführt werden kann.

[0056] Fig. 2a zeigt das Rollenpaar 21, 22 bei dem Bearbeitungsschritt 2 aus Fig. 1, das bedeutet, dass der Bearbeitungsvorsprung 25 und die Ausnehmung 26 so angepasst sind, dass der entstehende Vorsprung die Höhe H_B aufweist.

[0057] Zwischen der oberen Rolle 21 und der unteren Rolle 22 sind Spalte 13a und 13b vorgesehen. Während des ersten Verfahrensschritts wird Material des Streifens noch in den Bereich der Oberrolle eingezogen.

[0058] Fig. 2b zeigt das Rollenpaar für den Verfahrensschritt 4. In diesem Fall ist die Ausnehmung 26 derart ausgelegt, dass der Vorsprung die dargestellte Höhe H_D erreicht. Die untere Rolle 22 weist hier keinen Bearbeitungsvorsprung mehr auf. Die Spalte 13a und 13b zwischen der Oberrolle 21 und der Unterrolle 22 sind mittlerweile in ihrer Breite gegenüber der in Fig. 2a gezeigten Vorrichtung verringert. Die Unterrolle 22 ist beispielsweise gemäß der Streifenbreite b von Bearbeitungsschritt 4 aus Fig. 1 ausgelegt.

[0059] Beim Komprimieren läuft der Materialstreifen beziehungsweise das Band gegen die Unterrolle. Dabei müssen die Breiten des Streifens, sobald die in Fig. 2a gezeigte Höhe H_B erreicht wurde, in der Folge im wesentlichen beziehungsweise möglichst konstant gehalten werden, damit kein Bereich des Streifens aus dem Bereich des Vorsprungs in den ebenen Bereich 7b des Streifens fließt.

[0060] In Fig. 2c ist die Vorrichtung für den in Fig. 1 gezeigten Verfahrensschritt 6 dargestellt. In diesem Fall weist die untere Rolle 22 ebenfalls keinen Bearbeitungsvorsprung mehr auf, und lediglich die Oberrolle 21 weist noch eine Ausnehmung 26 auf. Diese Ausnehmung ist so angepasst, dass sich die endgültige Höhe H_F des Vorsprungs 9 ergibt.

[0061] Neben dem in Fig. 2c gezeigten Verfahrensschritt werden die Spaltbreiten 13a und 13b minimal gewählt, das heißt, das Material beziehungsweise das Band muss komplett von den beiden Rollen 21 und 22 umfasst werden, damit der Vorsprung 9 derartig umgeformt werden kann, dass der Bereich 11 unterhalb des Vorsprungs 9 im wesentlichen vollständig geschlossen werden kann und sich auf diese Weise auch im Bereich des Vorsprungs 9 eine glatte Außenseite (hier Unterseite) des Materials 7 ergibt.

[0062] Fig. 3 zeigt das Verfahren, für den Fall, dass mehrere Vorsprünge - genauer gesagt, eine gerade Anzahl von Vorsprüngen - erzeugt werden soll. Die einzelnen Verfahrensschritte wurden hier mit den Bezugszeichen I bis VIII gekennzeichnet.

[0063] In einem ersten optionalen Schritt I wird durch entsprechend angepasste Ober- und Unterrollen, das heißt, Rollen, welche einen Bearbeitungsvorsprung so-

wie eine Ausnehmung, wie in Fig. 2 gezeigt, aufweisen, eine Mulde 31 erzeugt. Die Erzeugung dieser Mulde ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die zu erzeugenden Vorsprünge eine vergleichsweise große Anfangshöhe H_B aufweisen sollen.

[0064] In Verfahrensschritt II werden zwei Vorsprünge 9a und 9b erzeugt. Dazu wird bevorzugt eine Oberrolle mit entsprechender Ausnehmung sowie eine Unterrolle mit entsprechend angepasstem Bearbeitungsvorsprung verwendet. Es ist jedoch auch möglich, eine Unterrolle ohne Bearbeitungsvorsprung in diesem Verfahrensschritt vorzusehen.

[0065] Die Bandbreite reduziert sich vom Verfahrensschritt I mit einer Streifenbreite a hin zum Verfahrensschritt II auf eine Streifenbreite b und im Verfahrensschritt III auf eine Streifenbreite c . Es ist jedoch auch möglich, im Verfahrensschritt III lediglich eine Umformung der Vorsprünge 9 vorzunehmen, das heißt in diesem Fall, die Streifenbreite c gegenüber der Streifenbreite b im wesentlichen konstant zu halten.

[0066] In Verfahrensschritt IV werden durch geeignet angepasste Ober- und Unterrollen zwei weitere Vorsprünge 9c und 9d erzeugt. Zu diesem Zweck wird die Streifenbreite c im Verfahrensschritt III auf die Streifenbreite d im Verfahrensschritt IV reduziert. Bevorzugt weist die Unterrolle zu diesem Zweck im Bereich der neu zu erzeugenden Vorsprünge Bearbeitungsvorsprünge auf.

[0067] Bevorzugt werden bei der Erzeugung der Vorsprünge zunächst die weiter innen liegenden und anschließend die weiter außen liegenden Vorsprünge erzeugt. Dies ist vorteilhaft, da so Material aus den jeweiligen Außenbereichen des Materialstreifens zur Erzeugung der neuen Vorsprünge verwendet werden kann und verhindert wird, dass Material aus den Bereichen anderer bereits erzeugter Vorsprünge eingezogen wird. Es ist jedoch auch möglich, anstelle des hier gezeigten Vorsprungs auch mehrere Vorsprünge vorzusehen beziehungsweise zu erzeugen. Auch sind die in Fig. 3 gezeigten Verfahrensschritte nur beispielhaft. Ebenso wäre es möglich, wesentlich mehr Verfahrensschritte vorzusehen, sowie auch mehrere Umformungsprozesse.

[0068] In den Verfahrensschritten VI bis VIII findet wiederum die bereits in Fig. 1 dargestellte Umformung der einzelnen Vorsprünge statt, wobei jeweils wieder - wie in Fig. 1 gezeigt - die Flanken steiler sowie die Krümmungsradien an der Spitze des Vorsprungs kleiner werden und die Höhen und Breiten der Vorsprünge reduziert werden. Dabei werden die gesamten Streifenbreiten, wie f , g und h , im wesentlichen konstant gehalten, wie bereits unter Bezug auf Fig. 1 erläutert.

[0069] Der Verfahrensschritt IV kann auch durch weitere Verfahrensschritte ergänzt werden, um zusätzliche Vorsprünge beziehungsweise Stege zu erzeugen.

[0070] In Fig. 4 ist ein Flachrohr gezeigt, welches durch das in Fig. 3 skizzierte Verfahren hergestellt werden kann. Das Flachrohr 1 ergibt sich im Querschnitt durch eine Umformung des in Fig. 3 unter VIII. gezeigten Strei-

fens. Dabei wird der Streifen in einem Bereich zwischen den Vorsprüngen 9a und 9b um 180 Grad gebogen und ferner auch an den jeweiligen Endbereichen, um auf diese Weise die gekrümmten Bereiche 18 und 19 zu erzielen. Die Bezugszeichen 14 und 15 beziehen sich dabei auf die entstehenden Längswände, die im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

[0071] Durch weitere Formgebungsverfahren, wie beispielsweise Walzprofilieren, können die Vorsprünge 9a bis 9d so angeordnet werden, dass sie die jeweils gegenüberliegende Wand (im Falle der Vorsprünge 9b und 9d die Wand 15, und im Falle der Vorsprünge 9a und 9c die Wand 14) kontaktieren.

[0072] Bevorzugt werden die Vorsprünge 9a bis 9d beziehungsweise deren Endbereiche mit der jeweils gegenüberliegenden Längswand verlötet. Ebenso werden die beiden gebogenen Endbereiche 18 und 19 miteinander dichtverlötet. Durch die Erzeugung der hier gezeigten vier Vorsprünge 9a bis 9d wird ein Flachrohr mit insgesamt fünf Kanälen realisiert.

[0073] In Fig. 5 sind die Verfahrensschritte I bis VIII zur Erzeugung eines Flachrohrs mit einer ungeraden Anzahl von Vorsprüngen, genauer gesagt, in diesem Fall drei Vorsprüngen, dargestellt. Bezugszeichen 41 bezieht sich auch hier auf einen im wesentlichen ebenen beziehungsweise glatten Materialstreifen, das heißt ein Glattband, welches die Breite a aufweist.

[0074] In Verfahrensschritt II wird - ähnlich wie im Verfahrensschritt II bei Fig. 3 - ein Vorsprung 9a erzeugt. Dieser Vorsprung wird in Verfahrensschritt III umgeformt, wobei bei diesem Verfahrensschritt die Streifenbreite a zunächst auf die Breite b, und diese wiederum auf die Breite c, reduziert wird, das heißt, die Breite c ist geringer als die Breite b und die Breite b geringer als die Breite a.

[0075] In Verfahrensschritt IV werden zwei weitere Vorsprünge 9b und 9c erzeugt. In diesem Verfahren sind die Erzeugungen der einzelnen Vorsprünge 9a beziehungsweise 9b und 9c versetzt, das heißt, während im Falle des Vorsprungs 9a schon die erste Umformung stattgefunden hat, wurden die Abschnitte 9b und 9c erst erzeugt. Die Streifenbreite d wird dabei gegenüber der Streifenbreite c weiter verringert. Auch bei dieser Variante werden bevorzugt zuerst die innenliegenden und dann die außenliegenden Vorsprünge gebildet.

[0076] In Verfahrensschritt V werden die drei Vorsprünge 9a, 9b und 9c weiter geformt. Dabei bleibt die Streifenbreite im wesentlichen konstant, das heißt, die Bandbreite e entspricht im wesentlichen der Bandbreite d.

[0077] In Verfahrensschritt VI findet ein weiterer Umformungsprozess der oben beschriebenen Art statt, das heißt, die Höhe der einzelnen Vorsprünge 9a, 9b und 9c wird verringert, ebenso wie deren Breite; dafür werden die Flanken steiler ausgeführt und damit die Krümmungsradien an der Spitze des Vorsprungs geringer.

[0078] In einem weiteren Verfahrensschritt VII werden die Vorsprünge noch weiter verengt, um schließlich in Verfahrensschritt VIII geschlossen zu werden. Dabei

bleiben die einzelnen Streifenbreiten e, f, g und h im wesentlichen konstant. Im letzten, an den Verfahrensschritt VIII anschließenden Verfahrensschritt werden Eckfalze 42a und 42b gebogen. Diese beiden Eckfalze führen zu der Erzeugung eines weiteren Vorsprungs, wobei Eckfalze auch in mehreren Verfahrensschritten erzeugbar sind.

[0079] In Fig. 6 ist ein Flachrohr gezeigt, welches sich aus dem in Fig. 5 gezeigten untersten Streifen ergibt. Anders als bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform sind hier die Endabschnitte nicht im Bereich der Krümmungen 17 oder 18 angeordnet, sondern im Zentralbereich. Genau handelt es sich dabei um die jeweils hochgebogenen Falze 42a und 42b. Diese werden miteinander verschweißt beziehungsweise verlötet und stellen auf diese Weise einen weiteren Vorsprung zur Verfügung.

[0080] Auch bei dieser Ausführungsform kontaktieren die einzelnen Vorsprünge 9a bis 9c sowie der sich aus den Endfalzen 42a und 42b ergebenden Vorsprung die jeweils gegenüberliegende Längswand des Flachrohrs. Auch bei dieser Ausführungsform entsteht ein Flachrohr mit fünf Kanälen. Das in Fig. 5 dargestellte Verfahren (Verfahrensschritt I-VIII) kann allgemein für Flachrohre mit einer ungeraden Anzahl von Vorsprüngen verwendet werden, während das in Fig. 3 gezeigte Verfahren bevorzugt für Flachrohre mit einer geraden Anzahl von Vorsprüngen Verwendung findet. Die Ausbildung der Endfalze 42a, 42b gemäß Fig. 6 beziehungsweise der Endfalze 18, 19 gemäß Fig. 4 ist dagegen weitestgehend unabhängig von der Anzahl der Vorsprünge insbesondere auf bekannte Art und Weise möglich.

[0081] In Fig. 7 ist ein erfindungsgemäßes Flachrohr dargestellt, wobei die einzelnen Dimensionen zur Veranschaulichung dienen. Dabei wurde zum besseren Verständnis auf die Darstellung der erfindungsgemäß glatten bzw. ebenen Außenfläche des Flachrohres, das heißt, auf die Darstellung der minimierten Fläche 11 unter dem Vorsprung 9 verzichtet. Auch wurden die Flanken des Vorsprungs nicht zusammengepresst dargestellt.

[0082] Das Bezugszeichen a bezieht sich auf den Abstand der Stege entlang einer Längswand. Das Bezugszeichen K bezeichnet den Abstand zweier benachbarter Stege, die unter Umständen eine Kammer bilden. Das Bezugszeichen T bezeichnet die Dicke des Flachrohres.

[0083] Bei der hier gezeigten Ausführungsform liegt die Dicke T bevorzugt zwischen 1 mm und 3 mm. Die Kammer beziehungsweise Kanalgröße ist hier in etwa halb so groß gewählt, wie der Stegabstand (Abstand der Vorsprünge) a. Der minimale Stegabstand ist bei dieser Ausführungsform wenigstens doppelt so groß, wie die Breite T. Daher ist die minimale Kammergröße beziehungsweise Kanalgröße wenigstens genauso groß oder größer als die Dicke T.

[0084] Bei der in Fig. 8 gezeigten Ausführungsform sind nur an der Längswand 14 Vorsprünge 9 angebracht, welche die Längswand 15 kontaktieren. In diesem Fall stimmt der Stegabstand a im wesentlichen mit der Kam-

mer- beziehungsweise Kanalgröße K überein. Auch bei dieser Ausführungsform ist der minimale Stegabstand a größer als die Dicke T , was auch hier durch das Herstellungsverfahren bedingt ist. Da der Stegabstand a mit der Kanalgröße K übereinstimmt, ist auch die Kanalgröße wenigstens doppelt so groß wie die Dicke T des Flachrohres.

[0085] Bei der in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform kontaktieren die einzelnen Vorsprünge 9 nicht die jeweils gegenüberliegende Längswand 14 beziehungsweise 15, sondern an der gegenüberliegenden Längswand ihrerseits angebrachte Vorsprünge 9. Dies bedeutet, dass sich die Enden der Vorsprünge in etwa in der Mitte des Flachrohres kontaktieren. Auch in diesem Fall ist, wie bei der Ausführungsform nach Fig. 8, die Kanalgröße K im wesentlichen gleich dem Stegabstand a . Der minimale Stegabstand ist jedoch in diesem Fall größer oder gleich der Dicke T des Flachrohres. Dies gilt auch für die Kammergröße beziehungsweise Kanalgröße K .

[0086] In einer weiteren (nicht gezeigten) Ausführungsform ist es auch denkbar, die einzelnen Vorsprünge so auszuführen, dass sie - im Gegensatz zu der in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform - seitlich geringfügig gegeneinander versetzt sind, so dass sie sich nicht an ihren jeweiligen Enden kontaktieren, sondern an ihren Seitenflächen, wodurch eine erhöhte Verbindungsfläche erzielt werden kann.

[0087] Fig. 10 zeigt eine vergrößerte Darstellung eines erfindungsgemäßen Vorsprungs 9, bei welchem dessen Abmessungen im Einzelnen dargestellt sind. Um die in Fig. 10 gezeigte Endform zu erreichen, werden zwischen vier und zehn Verfahrensschritte vorgesehen, in welchen jeweils die Vorsprünge umgeformt werden. Die Anzahl der anzuwendenden Verfahrensschritte richtet sich nach der zu erreichenden Höhe H_F , der Wandstärke beziehungsweise Streifendicke t sowie den Materialeigenschaften. Falls mehrere Vorsprünge, beziehungsweise Stege, erzeugt werden sollen, können jedoch noch weit aus mehr Verfahrensschritte nötig sein.

[0088] In Fig. 10 kennzeichnet r_F den oberen Krümmungsradius, X die Breite des Vorsprungs an dessen Spitze, Y die Breite des Vorsprungs 9 an dessen Basis, R_F den Krümmungsradius an der Basis des Vorsprungs und r_D den Krümmungsradius der Ausnehmung 11. Die einzelnen Größen sind miteinander teilweise korreliert.

[0089] Die im Folgenden gezeigten Grenzen ergeben sich aus umfangreichen Löt- und Umformversuchen. Bei diesen Versuchen wurden nach einem festgelegten System die Parameter aufeinander abgestimmt und die Ergebnisse für die hier dargestellten Grenzen verwendet.

[0090] Der obere Krümmungsradius r_F liegt bei der Erfindung zwischen 0 und der Wandstärke t , ist also kleiner als die Wandstärke t . Der untere Krümmungsradius R_F ist kleiner als die zweifache Wandstärke t . Die obere Breite X des Vorsprungs liegt zwischen dem eineinhalbfachen und dem zweifachen der Wandstärke t . Die untere Breite Y des Vorsprungs liegt zwischen dem zweifachen und dem zweieinhalbfachen der Wandstärke t , das heißt,

die obere Breite X ist kleiner als die untere Breite Y , was sich aus dem Ausformungsprozess ergibt.

[0091] Die Höhe des Vorsprungs H_F liegt zwischen der Wandstärke t und dem zehnfachen dieser Wandstärke t . Auch der untere Radius der Ausnehmung r_D ist kleiner als die Wandstärke t . Die Wandstärke t liegt zwischen 0,05 mm, 0,8 mm, bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,7 mm und, besonders bevorzugt, zwischen 0,1 mm und 0,5 mm. Dies bedeutet, dass unter einem im wesentlichen glatten Außenprofil ein solches Profil verstanden wird, welches durch Krümmungsradien r_D bewirkt wird, welche kleiner als die Wandstärke t sind. Fig. 11 zeigt eine Draufsicht auf das erfindungsgemäße Flachrohr. Dieses weist nur einen einzigen Vorsprung beziehungsweise Steg 9 auf, und wird daher in zwei Kanäle unterteilt.

[0092] Das Verhältnis aus der Rohrbreite b zur Rohrhöhe H liegt zwischen 10 und 30, bevorzugt zwischen 10 und 24.

[0093] Die Kammer- beziehungsweise die Kanalgröße liegt zwischen einem Drittel der Rohrbreite und der halben Rohrbreite.

[0094] Die Höhe des Vorsprungs H_F liegt bevorzugt zwischen der dreifachen Wandstärke und der achtfachen Wandstärke. Der untere Krümmungsradius r_D ergibt sich so, dass er kleiner ist als das 0,75-fache, bevorzugt kleiner oder gleich dem 0,5-fachen der Wandstärke t . Bei dieser Ausführungsform liegt die Wandstärke zwischen 0,05 mm und 0,6 mm, bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,4 mm und, besonders bevorzugt, zwischen 0,15 mm und 0,3 mm. Damit verbleibt eine Ausnehmung 11 an der Außenseite des Flachrohres, welche eine Fläche von weniger als 0,01 mm², bevorzugt weniger als 0,006 mm² aufweist. Dies stellt eine erhebliche Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik dar.

[0095] Die in Fig. 10 gezeigte Ausnehmung 11 weist eine Fläche von weniger als 0,1 mm², bevorzugt weniger als 0,07 mm² auf, was ebenfalls noch eine erhebliche Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik darstellt.

[0096] Durch diese erhebliche Verminderung der Fläche der Ausnehmung 11 kann das Flachrohr, wie eingangs ausgeführt, wesentlich leichter mit dem Rohrboden verlötet werden und mit wesentlich geringerem Aufwand eine dichte Verbindung erreicht werden.

Patentansprüche

1. Mehrkanaliges Flachrohr (1) für einen Wärmetauscher, insbesondere für ein Krafffahrzeug, mit einer ersten Längswand (14), einer zweiten Längswand (15), die der ersten Längswand (14) im wesentlichen parallel gegenüberliegt, wenigstens einem gebogenen Endabschnitt (17), wobei an wenigstens einer Längswand (14, 15) an der einem Fluidstrom im Inneren des Flachrohres zugewandten Innenseite aus dem Material der Längswand ein Vorsprung (9) ausgebildet ist, wobei an der dem Fluid abgewandten

Außenseite die Längswand im Bereich des Vorsprungs (9) im Wesentlichen eben verläuft, und eine Ausnehmung (11) aufweist, wobei die Wandstärke t ist, R_F ein unterer Krümmungsradius des Vorsprungs an dessen Basis, X die Breite des Vorsprungs an dessen Spitze, Y die Breite des Vorsprungs an dessen Basis und r_D der Krümmungsradius der Ausnehmung (11) ist, und mit H_F als der Höhe des Vorsprungs, **dadurch gekennzeichnet, dass** folgendes gilt:

$$\begin{aligned} 0 < r_F < t, \\ R_F < 2t, \\ 1,5t < X < 2t, \\ 2t < Y < 2,5t, \\ r_D < t, \text{ und} \\ t < H_F < 10t, \end{aligned}$$

wobei r_F ein oberer Krümmungsradius des Vorsprungs an dessen Spitze ist.

2. Flachrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der an einer Längswand (14,15) ausgebildete Vorsprung (9) in Kontakt mit der anderen Längswand (15,14) steht.
3. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses zwei gebogene Endabschnitte (17,18) aufweist.
4. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer Längswand aus dem Material der Längswand mehrere Vorsprünge (9a, 9b, 9c, 9d) ausgebildet sind.
5. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an beiden Längswänden (14,15) aus dem Material der Längswände (14, 15) Vorsprünge (9) ausgebildet sind.
6. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Vorsprünge (9a,9b,9c,9d), bevorzugt alle Vorsprünge die jeweils gegenüberliegende Längswand (15,14) kontaktieren.
7. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Vorsprung (9) an einer Längswand (14,15) einen Vorsprung an der gegenüberliegenden Längswand (15, 14) kontaktiert.
8. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Vorsprung (9) ein im wesentlichen

symmetrisches Profil aufweist.

9. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flachrohr eine Tiefe zwischen 0,5 mm und 5 mm, bevorzugt zwischen 0,8 mm und 4 mm und besonders bevorzugt zwischen 1 mm und 3 mm aufweist.
10. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Vorsprung eine Höhe H_F zwischen dem drei- und achtfachen einer Wandstärke des Flachrohrs, insbesondere zwischen dem vier- und sechsfachen einer Wandstärke des Flachrohrs aufweist.
11. Flachrohr nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Wand und bevorzugt das gesamte Flachrohr eine Wandstärke zwischen 0,05 mm und 0,8 mm, bevorzugt zwischen 0,07 mm und 0,6 mm und besonders bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,5 mm aufweist.
12. Vorrichtung zum Austausch von Wärme mit wenigstens einem Flachrohr nach einem der vorangegangenen Ansprüche.
13. Verfahren zur Herstellung eines mehrkanaligen Flachrohres nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11 für einen Wärmetauscher mit den Verfahrensschritten:
 - Erzeugung eines Vorsprungs (9) mit vorgegebenem Profil aus einem Materialstreifen mittels einer ersten Formgebungseinheit (21) und einer zweiten mit der ersten Formgebungseinheit zusammenwirkenden Formgebungseinheit (22);
 - Veränderung des Profils des Vorsprungs mittels einer dritten Formgebungseinheit und einer vierten mit der dritten Formgebungseinheit zusammenwirkenden Formgebungseinheit.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formgebungseinheiten gegenüberliegend drehbare Rollen sind.
15. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Veränderung des Profils des Vorsprungs (9) dessen Höhe und/oder Breite verringert wird.
16. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einem weiteren Verfahrensschritt das Profil des Vorsprungs (9) weiter verändert

wird.

17. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil des Vorsprungs (9) in wenigstens vier, bevorzugt in wenigstens sechs Verfahrensschritten verändert wird. 5
18. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Verfahrensschritt eine Vorzentrierung des Vorsprungs (9) vorgenommen wird. 10
19. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die drehbaren Rollen zueinander parallele Drehachsen aufweisen. 15
20. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei wenigstens einem Verfahrensschritt die Breite des Materialstreifens (7) vermindert wird. 20
21. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei wenigstens einem Verfahrensschritt die Breite des Materialstreifens (7) im wesentlichen konstant, insbesondere konstant bleibt. 25
22. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Vorsprünge (9a, 9b, 9c, 9d) aus dem Materialstreifen (11) ausgebildet werden. 30
23. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsprünge (9a, 9b, 9c, 9d) in vorgegebenen Abständen zueinander ausgebildet werden. 35
24. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** in wenigstens einem Verfahrensschritt die Vorsprünge (9a, 9b, 9c, 9d) unterschiedlichen Formgebungsstufen unterworfen werden. 40
25. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 13 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem weiteren Verfahrensschritt ein gekrümmter Abschnitt erzeugt wird. 45

Claims

1. A multi-channel flat tube (1) for a heat exchanger, in particular for a motor vehicle, having a first longitudinal wall (14), a second longitudinal wall (15), which lies substantially parallel to the first longitudinal wall 55

(14), at least one curved end section (17), wherein a projecting part (9) is configured on at least one longitudinal wall (14, 15) from the material of the longitudinal wall on the inside facing a fluid flow in the interior of the flat tube, wherein the longitudinal wall is essentially level on its outside facing away from the fluid in the area of the projecting part (9) and has a depression (11), wherein the wall thickness is t , R_F is a lower radius of curvature of the projecting part on the base thereof, X is the width of the projecting part on the tip thereof, Y is the width of the projecting part on the base thereof and r_D is the radius of curvature of the depression (11), and with H_F as the height of the projecting part, **characterised in that** the following applies:

$$\begin{aligned} 0 < r_F < t, \\ R_F < 2t, \\ 1.5t < X < 2t, \\ 2t < Y < 2,5t, \\ r_D < t, \text{ and} \\ t < H_F < 10t, \end{aligned}$$

wherein r_F is an upper radius of curvature of the projecting part at the tip thereof.

2. The flat tube as claimed in claim 1, **characterised in that** the projecting part (9) configured on a longitudinal wall (14, 15) is in contact with the other longitudinal wall (15, 14).
3. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** it exhibits two curved end sections (17, 18).
4. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** a plurality of projecting parts (9a, 9b, 9c, 9d) is configured on a longitudinal wall from the material of the longitudinal wall.
5. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** projecting parts (9) are configured on both longitudinal walls (14, 15) from the material of the longitudinal walls (14, 15).
6. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** a plurality of projecting parts (9a, 9b, 9c, 9d), preferably all the projecting parts, make contact with the opposing longitudinal wall (15, 14) in each case.
7. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** at least one projecting part (9) on one longitudinal wall (14, 15) makes contact with a projecting part on the opposing longitudinal wall (15, 14).

8. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** at least one projecting part (9) exhibits an essentially symmetrical profile.
9. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** the flat tube exhibits a depth between 0.5 mm and 5 mm, preferably between 0.8 mm and 4 mm, and especially preferred between 1 mm and 3 mm.
10. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** at least one projecting part exhibits a height H_F between three times and eight times a wall thickness of the flat tube, in particular between four times and six times a wall thickness of the flat tube.
11. The flat tube as claimed in at least one of the foregoing claims, **characterised in that** at least one wall and preferably the whole of the flat tube exhibits a wall thickness between 0.05 mm and 0.8 mm, preferably between 0.07 mm and 0.6 mm, and especially preferred between 0.1 mm and 0.5 mm.
12. A device for the exchange of heat having at least one flat tube as claimed in one of the foregoing claims.
13. A process for the manufacture of a multi-channel flat tube as claimed in one of the foregoing claims 1 to 11 for a heat exchanger with the following process stages:
- production of a projecting part (9) with a predetermined profile from a material strip by means of a first forming unit (21) and a second forming unit (22) acting together with the first forming unit;
- modification of the profile of the projecting part by means of a third forming unit and a fourth forming unit acting together with the third forming unit.
14. The process as claimed in claim 13, **characterised in that** the forming units are rollers that are capable of rotating in relation to one another.
15. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 or 14, **characterised in that**, in conjunction with the modification of the profile of the projecting part (9), its height and/or width is reduced.
16. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 15, **characterised in that** the profile of the projecting part (9) is further modified in at least one further process stage.
17. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 16, **characterised in that** the profile of the projecting part (9) is modified in at least four, preferably in at least six process stages.
18. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 17, **characterised in that** pre-centering of the projecting part (9) is undertaken in a process stage.
19. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 18, **characterised in that** the rotating rollers exhibit axes of rotation that are parallel to one another.
20. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 19, **characterised in that** the width of the material strip (7) is reduced in at least one process stage.
21. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 20, **characterised in that** the width of the material strip (7) remains essentially constant, in particular remains constant, in at least one process stage.
22. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 21, **characterised in that** a plurality of projecting parts (9a, 9b, 9c, 9d) is configured from the material strip (11).
23. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 22, **characterised in that** the projecting parts (9a, 9b, 9c, 9d) are configured at predetermined distances in relation to one another.
24. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 23, **characterised in that** the projecting parts (9a, 9b, 9c, 9d) are subjected to different forming steps in at least one process stage.
25. The process as claimed in at least one of the foregoing claims 13 to 24, **characterised in that** a curved section is produced in a further process stage.

Revendications

1. Tube plat (1) à conduits multiples conçu pour un échangeur de chaleur, en particulier pour un véhicule automobile, ledit tube plat comprenant une première paroi longitudinale (14), une seconde paroi longitudinale (15) qui est face, pratiquement de manière parallèle, à la première paroi longitudinale (14), comprenant au moins une partie d'extrémité courbée (17), où une partie saillante (9) se composant du matériau de la paroi longitudinale est formée sur

au moins une paroi longitudinale (14, 15), sur le côté intérieur tourné vers un flux de fluide en circulation à l'intérieur du tube plat, où, sur le côté extérieur placé à l'opposé du fluide, la paroi longitudinale s'étend pratiquement de manière plane dans la zone de la partie saillante (9) et présente un évidement (11), où l'épaisseur de paroi est t , R_F est un rayon de courbure inférieur de la partie saillante au niveau de sa base, X la largeur de la partie saillante au niveau de sa pointe, Y la largeur de la partie saillante au niveau de sa base et r_D le rayon de courbure de l'évidement (11), H_F étant la hauteur de la partie saillante,

caractérisé en ce que les relations suivantes s'appliquent :

$$\begin{aligned} 0 < r_F < t, \\ R_F < 2 t, \\ 1,5 t < X < 2 t \\ 2 t < Y < 2,5 t, \\ r_D < t, \text{ et} \\ t < H_F < 10 t, \end{aligned}$$

où r_F est un rayon de courbure supérieur de la partie saillante au niveau de sa pointe.

2. Tube plat selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la partie saillante (9) formée sur une paroi longitudinale (14, 15) est en contact avec l'autre paroi longitudinale (15, 14).
3. Tube plat selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ce tube plat présente deux parties d'extrémités courbées (17, 18).
4. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** plusieurs parties saillantes (9a, 9b, 9c, 9d) se composant du matériau de la paroi longitudinale sont formées sur une paroi longitudinale.
5. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des parties saillantes (9) se composant du matériau des parois longitudinales (14, 15) sont formées sur les deux parois longitudinales (14, 15).
6. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** plusieurs parties saillantes (9a, 9b, 9c, 9d), de préférence toutes les parties saillantes, sont au contact de la paroi longitudinale (15, 14) qui à chaque fois lui fait face.
7. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie saillante (9) formée sur une paroi

longitudinale (14, 15) est au contact de la paroi longitudinale (15, 14) qui lui fait face.

8. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie saillante (9) présente un profil pratiquement symétrique.
9. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube plat présente une profondeur comprise entre 0,5 mm et 5 mm, de préférence comprise entre 0,8 mm et 4 mm et, de façon particulièrement préférable, comprise entre 1 mm et 3 mm.
10. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie saillante présente une hauteur H_F comprise entre trois fois et huit fois une épaisseur de paroi du tube plat, en particulier entre quatre fois et six fois une épaisseur de paroi du tube plat.
11. Tube plat selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une paroi et, de préférence, la totalité du tube plat, présentent une épaisseur de paroi comprise entre 0,05 mm et 0,8 mm, de préférence comprise entre 0,07 mm et 0,6 mm et, de façon particulièrement préférable, comprise entre 0,1 mm et 0,5 mm.
12. Dispositif destiné à l'échange de chaleur avec au moins un tube plat selon l'une quelconque des revendications précédentes.
13. Procédé de fabrication d'un tube plat à plusieurs conduits selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 11, ledit tube plat étant conçu pour un échangeur de chaleur, les étapes du procédé comprenant :
 - la production d'une partie saillante (9) ayant un profil prédéfini et se composant d'une bande de matériau, ladite partie saillante étant réalisée au moyen d'une première unité de formage (21) et d'une deuxième unité de formage (22) agissant de façon conjointe avec la première unité de formage ;
 - la modification du profil de la partie saillante au moyen d'une troisième unité de formage et d'une quatrième unité de formage agissant de façon conjointe avec la troisième unité de formage.
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les unités de formage sont des rouleaux pouvant tourner les uns par rapport aux autres.
15. Procédé selon au moins l'une des revendications

- précédentes 13 ou 14, **caractérisé en ce que**, lors de la modification du profil de la partie saillante (9), la hauteur et / ou la largeur de celle-ci est diminuée.
16. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 15, **caractérisé en ce que**, au cours au moins d'une autre étape du procédé, le profil de la partie saillante (9) est encore modifié. 5
17. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 16, **caractérisé en ce que** le profil de la partie saillante (9) est modifié au cours au moins de quatre, de préférence au cours au moins de six étapes du procédé. 10
18. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 17, **caractérisé en ce qu'**un précentrage de la partie saillante (9) est effectué au cours d'une étape du procédé. 15
19. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 18, **caractérisé en ce que** les rouleaux pouvant tourner présentent des axes de rotation parallèles les uns aux autres. 20
20. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 19, **caractérisé en ce que** la largeur de la bande de matériau (7) est réduite au cours au moins d'une étape du procédé. 25
21. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 20, **caractérisé en ce que**, au cours au moins d'une étape du procédé, la largeur de la bande de matériau (7) est sensiblement constante, en particulier reste constante. 30
22. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 21, **caractérisé en ce que** plusieurs parties saillantes (9a, 9b, 9c, 9d) sont formées en se composant de la bande de matériau (11). 35
23. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 22, **caractérisé en ce que** les parties saillantes (9a, 9b, 9c, 9d) sont formées en étant espacées les unes des autres suivant des intervalles prédéfinis. 40
24. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 23, **caractérisé en ce que** les parties saillantes (9a, 9b, 9c, 9d) sont soumises, au cours au moins d'une étape du procédé, à différents stades de formage. 45
25. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 13 à 24, **caractérisé en ce qu'**une partie courbée est produite au cours d'une 50

autre étape du procédé.

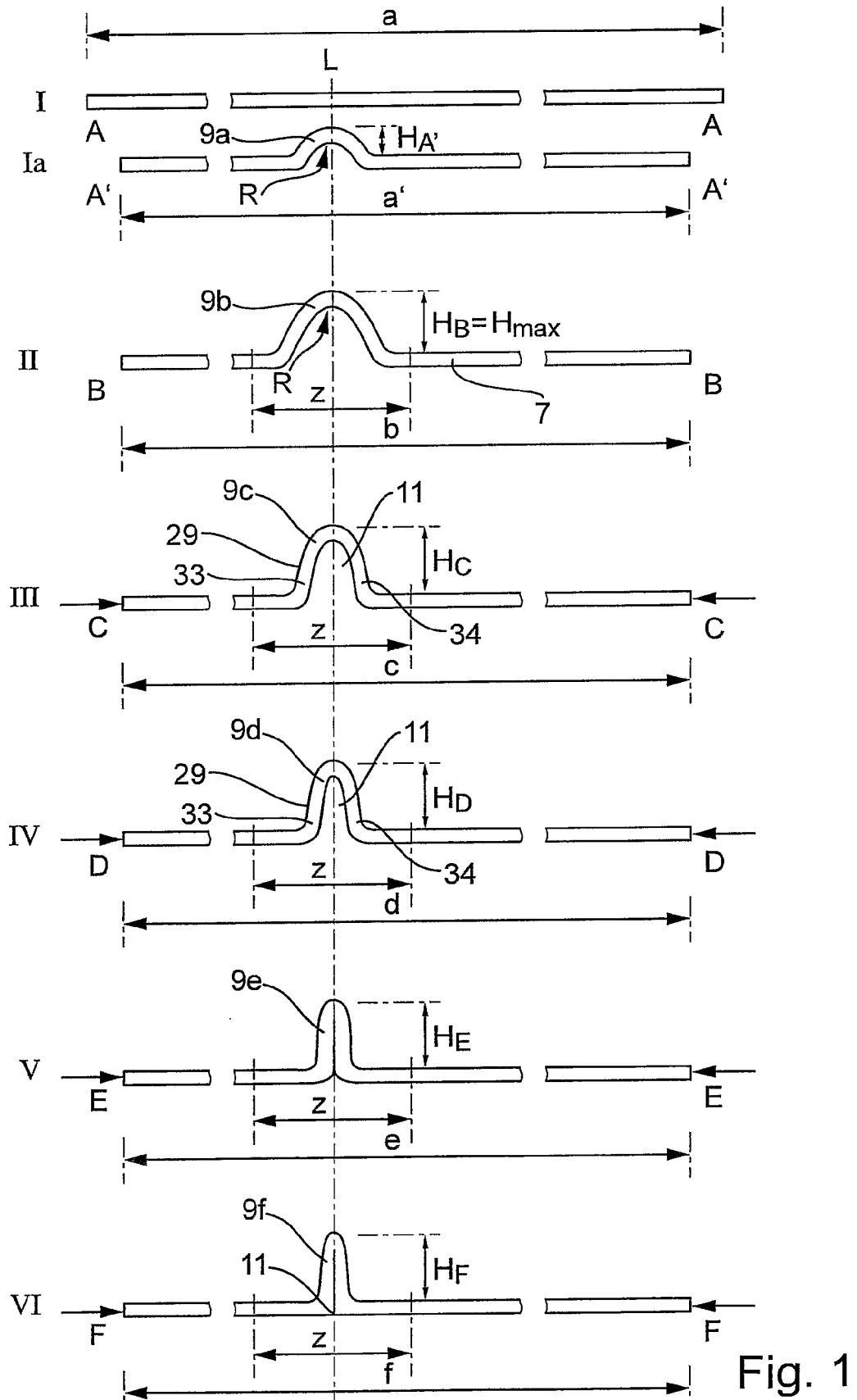
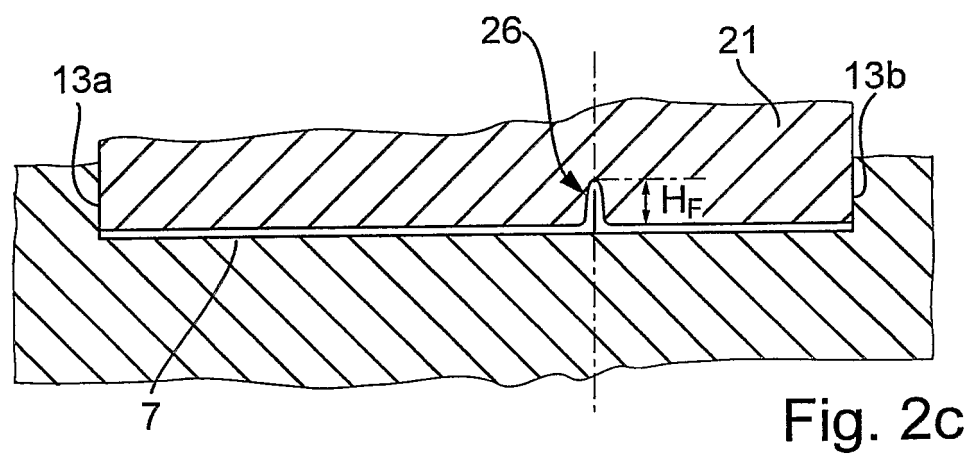
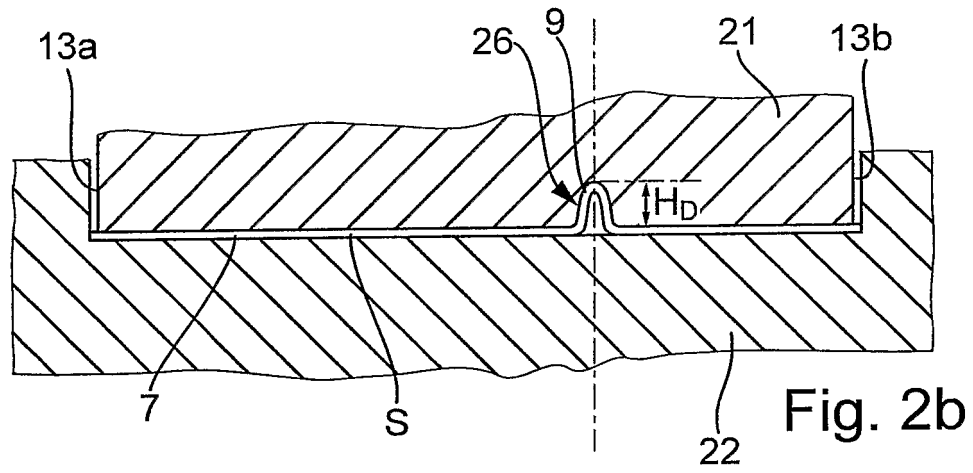
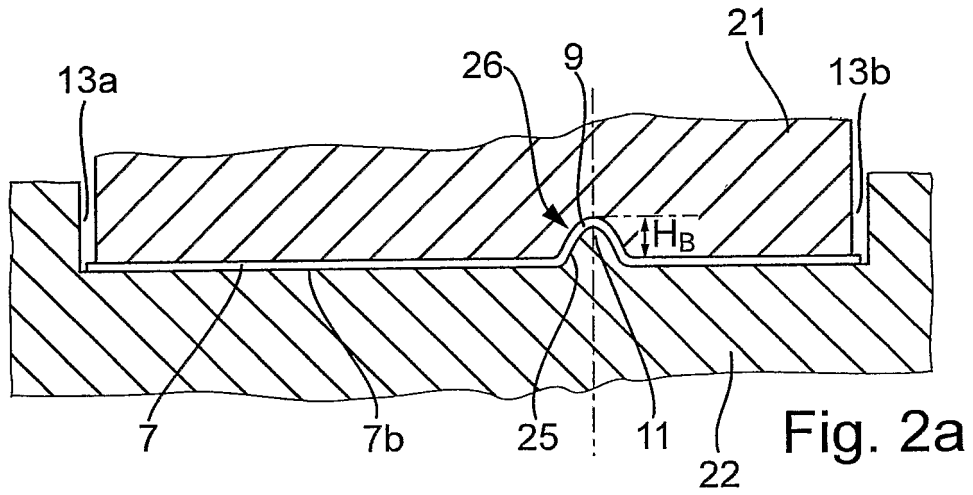


Fig. 1



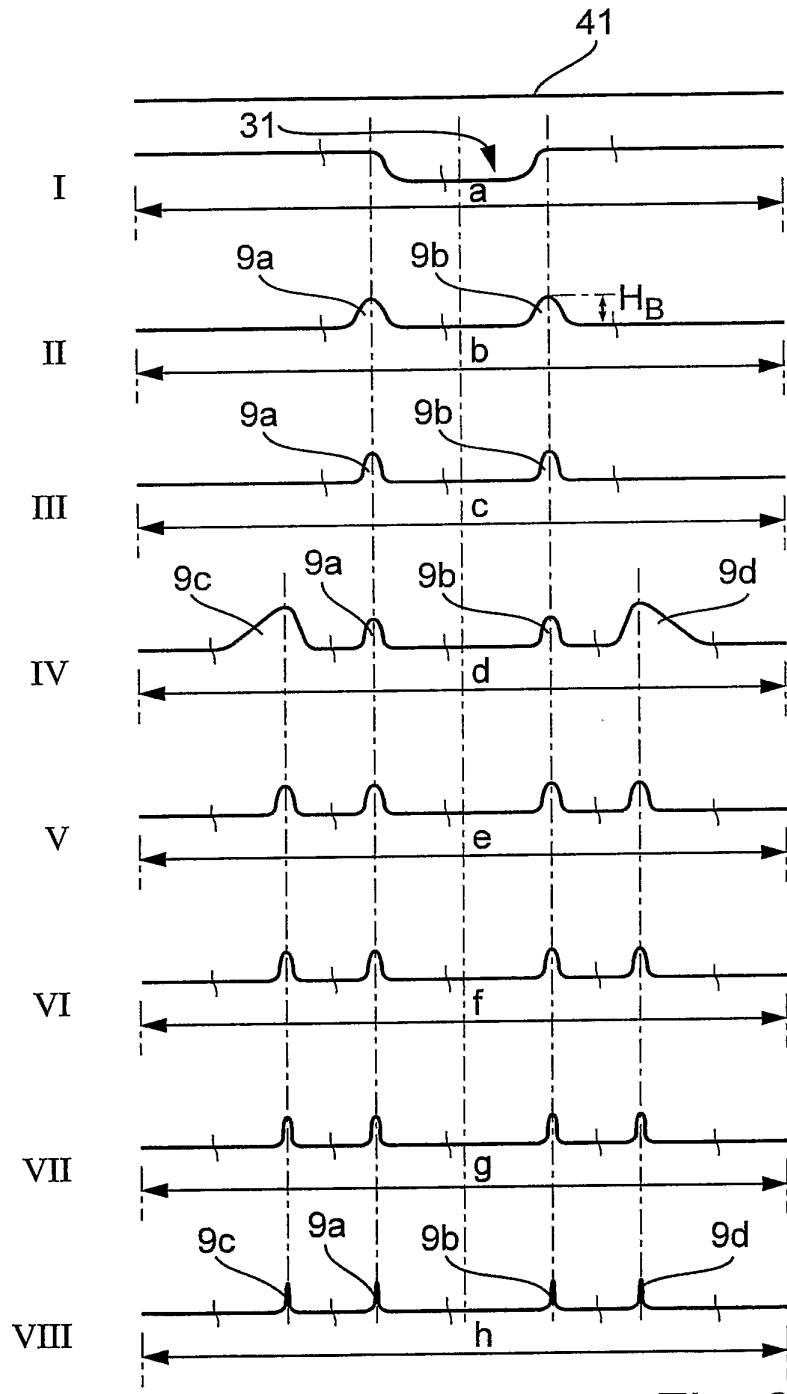


Fig. 3

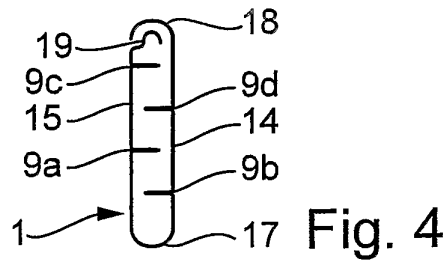


Fig. 4

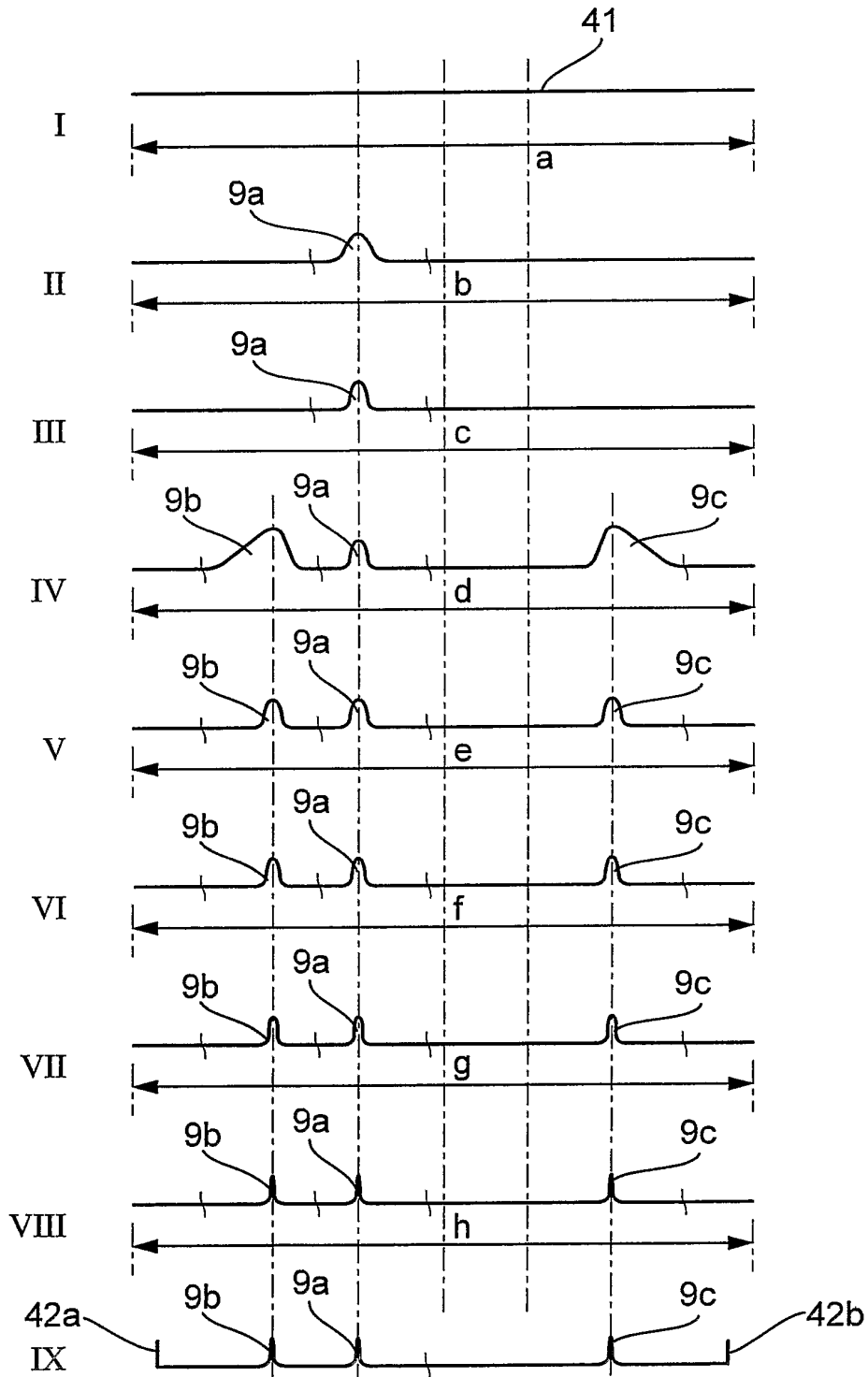


Fig. 5

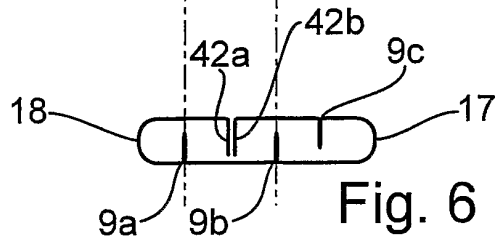
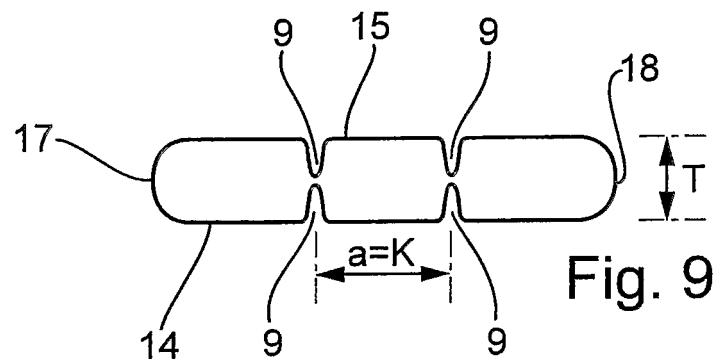
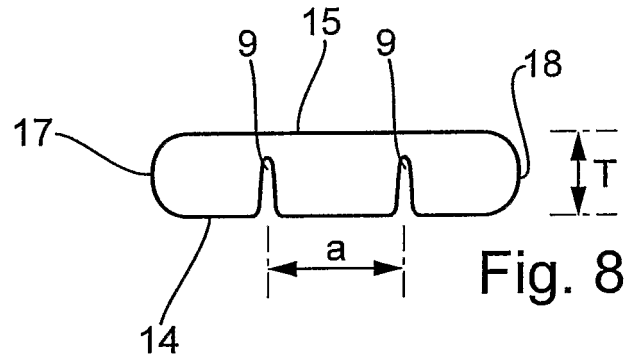
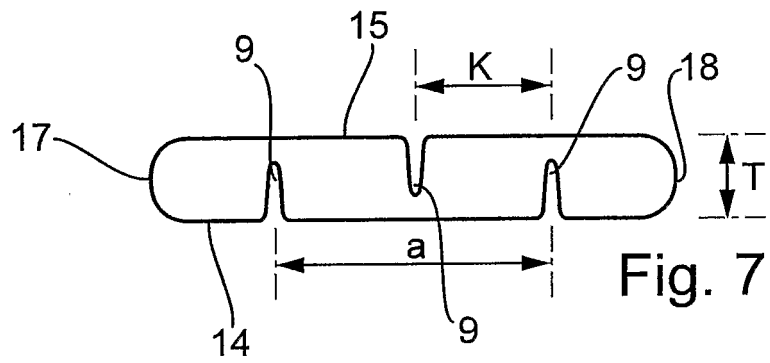
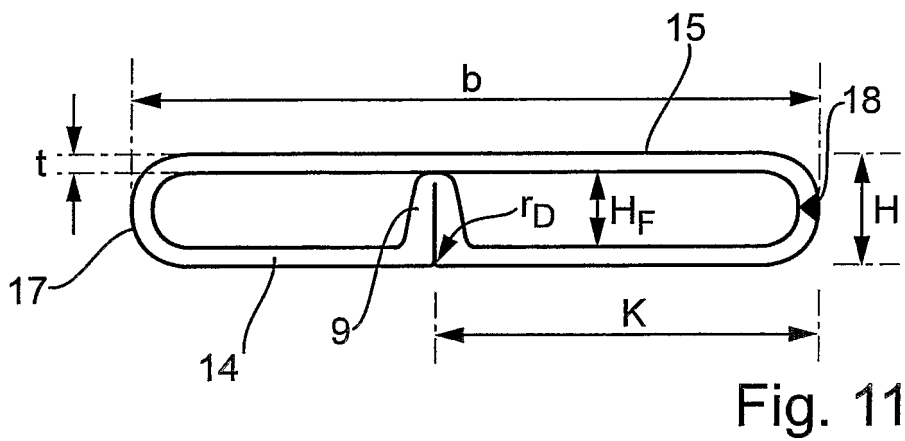
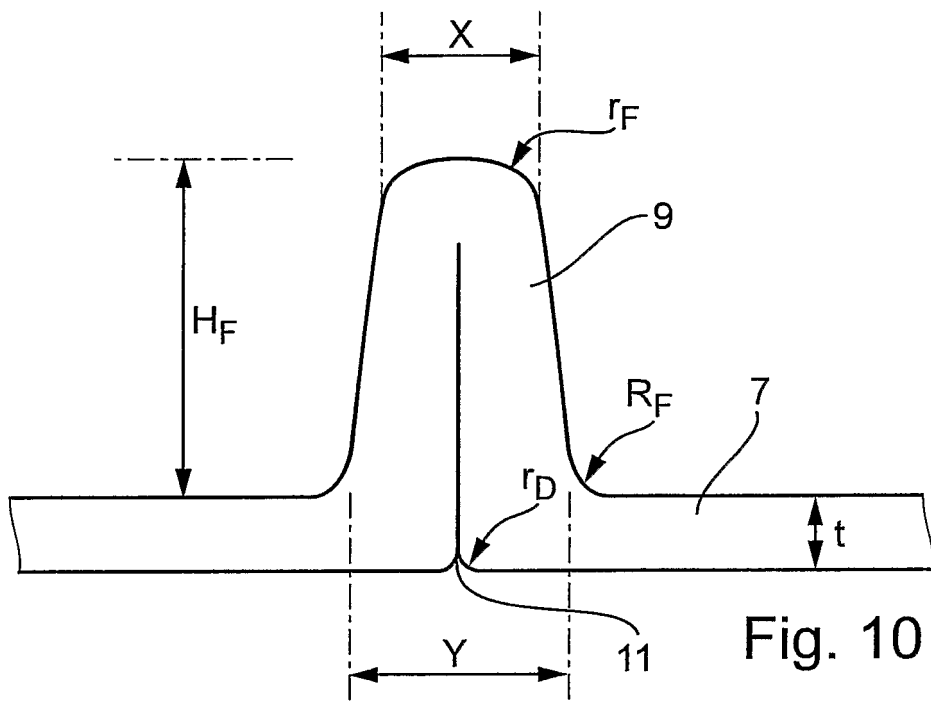


Fig. 6





IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0854343 A [0005]
- EP 1106949 A [0006]
- EP 0829316 A [0006]