

(19)



(11)

EP 1 793 190 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.07.2009 Patentblatt 2009/31

(51) Int Cl.:
F28F 1/12 ^(2006.01) **F28F 1/32** ^(2006.01)
B21D 53/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05026409.2**

(22) Anmeldetag: **03.12.2005**

(54) Wärmeübertragungsrippe, Herstellungsverfahren und Wärmeübertrager

Heat exchanger fin, production method therefore and heat exchanger

Ailette pour échangeur de chaleur, procédé de fabrication et échangeur de chaleur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.06.2007 Patentblatt 2007/23

(73) Patentinhaber: **Modine Manufacturing Company
 Racine, Wisconsin 53403-2552 (US)**

(72) Erfinder:
 • **Brost, Viktor, Dipl.-Ing. (FH)
 72631 Aichtal (DE)**
 • **Opferkuch, Frank, Dipl.-Ing.
 72669 Unterensingen (DE)**

• **Yang, Fengjun, Dr.
 70771 Leinfelden-Echterdingen (DE)**

(74) Vertreter: **Wolter, Klaus-Dietrich
 Modine Europe GmbH
 Patentabteilung
 70790 Filderstadt (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 574 801 WO-A-20/05066566
DE-A1- 2 123 722 DE-B- 1 129 974
US-A- 2 055 549 US-A- 5 035 052

EP 1 793 190 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 Erfindung betrifft eine Wärmeübertragungsrippe, die zwischen Rohren angeordnet ist, in denen ein Medium strömt, welches sich im Wärmeaustausch mit einem anderen Medium befindet, das durch die Wärmeübertragungsrippe strömt, wobei die Wärmeübertragungsrippe aus einem dünnen Blechband herstellbar ist, aus dessen Ebene herausgestellte Schnitte angeordnet sind, die Vorder- und Hinterkanten aufweisen, die verformt, insbesondere verjüngt sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Herstellungsverfahren für Wärmeübertragungsrippen und einen Wärmetauscher, der solchermaßen hergestellte Wärmeübertragungsrippen enthält. Es ist eine altbekannte Tatsache, dass sich Erfinder Anregungen für erfinderische Tätigkeiten aus der Natur holen, die sie versuchen auf technische Lösungen zu übertragen. Das trifft auch und insbesondere auf strömungstechnische oder thermodynamische Vorgänge zu - genannt sei nur das typische Strömungsprofil der Delphine.

[0002] Aus WO 2004/065879A1 ist eine im Allgemeinen fortschrittliche Wärmeübertragungsrippe bekannt, die die vorne stehenden Merkmale aufweist. Dort wurde bei einer beispielsweise von Kühlluft durchströmten Wärmeübertragungsrippe vorgeschlagen, die in Richtung der anströmenden Luft liegenden Vorderkanten der Schnitte und auch die Hinterkanten der Schnitte zu verformen, dort speziell zu verdünnen, um günstigere Verhältnisse zu erreichen. Bekanntlich werden solche Wärmeübertragungsrippen aus extrem dünnen Metallblechen hergestellt, in der Größenordnung von 0,070 mm, so dass die erwähnte weitere Verdünnung der Vorderkanten zwar theoretisch ein gangbarer Weg sein könnte, der praktisch jedoch eine schwierig auszuführende Umsetzung ergeben könnte. Jedenfalls wurde in dem erwähnten Dokument die praktische Umsetzung nicht gezeigt. Möglicherweise werden dort deutlich dickere Metallbleche eingesetzt.

[0003] Wesentlich dickere Metallbleche werden auch in der Veröffentlichung DE - OS - 2 123 722 eingesetzt, nämlich solche die etwa 0,3 mm dick sind. Dort hat man vorgesehen, aus der Rippebene herausgestellte Flügel umzubördeln.

[0004] Die Erfinder haben sich die Aufgabe gestellt, eine hinsichtlich der Wärmetauscheffizienz verbesserte Wärmeübertragungsrippe, ein Verfahren zur Herstellung solcher Rippen sowie einen verbesserten Wärmetauscher vorzuschlagen, der solche Rippen enthält.

[0005] Diese Aufgabe wird bezüglich der Wärmeübertragungsrippe erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Danach weisen die Schnitte zwischen den Vorderkanten und den Hinterkanten eine Verdickung auf, die dicker ist als das Blechband, aus dem die Wärmeübertragungsrippe hergestellt ist. Die Vorderkanten sind die in Strömungsrichtung des durch die Rippen strömenden Mediums vorne liegenden Kanten, während die Hin-

terkanten die in Strömungsrichtung weiter hinten liegenden Kanten sind. Jeder Schnitt hat eine Vorderkante und eine Hinterkante. Die Kanten befinden sich in Bandverdünnungslinien.

5 **[0007]** Wenn der Fachmann beispielsweise von der Umformung der "Schnitte" spricht, meint er gewöhnlich den stegartigen Streifen, der jeweils zwischen zwei Schnitten vorhanden ist.

10 **[0008]** Die Erfinder des vorliegenden Vorschlags sind, im Unterschied zum beschriebenen Stand der Technik, den Weg der Übertragung strömungsgünstiger Profile aus der Natur auf die Technik konsequent bis zum Ende gegangen. Diese Vorgehensweise sieht die Anmelderin nicht als nahe liegende Maßnahme an, weil es sich bei den Schnitten der Wärmeübertragungsrippen nahezu um miniaturartige Gebilde handelt, wo das Problem unter anderem auch in der Umsetzung bzw. in der Werkzeug-
15 technik und in der kostengünstigen Serienproduktion großer Stückzahlen liegt. Auch zur Lösung des erwähnten Problems hat der Vorschlag einen Beitrag geleistet.

20 **[0009]** Die Erfinder haben festgestellt, dass auch bei solchen relativ kleinen Strömungskörpern wie bei den Schnitten, eine die Wärmetauschkleistung befördernde Strömung geschaffen werden kann. Der Strömungsweg der wandnahen Strömung wurde durch das Vorsehen einer Verdünnung auch an den Hinterkanten verlängert. Die Ablösung der Strömung von der Wand wurde dadurch unterdrückt. Die Verwirbelung des Mediums, beispielsweise der Kühlluft, nach der Durchströmung der
25 Wärmetauscherippe wurde ebenfalls unterdrückt, wodurch der Druckverlust in der Kühlluft sich sehr moderat entwickelt hat.

30 **[0010]** Gemäß einem Aspekt ist vorgesehen, dass die Wärmeübertragungsrippe wellenartig verformt ist, wobei sie Wellenberge und Wellentäler aufweist, die durch Wellenflanken verbunden sind, wobei sich die Schnitte in den Wellenflanken befinden. Es handelt sich dann um so genannte Wellrippen.

35 **[0011]** Gemäß einem anderen Aspekt ist es jedoch auch von Vorteil, wenn die Wärmeübertragungsrippe etwa eben ist und Öffnungen aufweist, durch die die Rohre hindurch steckbar sind. Hier handelt es sich um so genannte Flachrippen.

40 **[0012]** Gemäß eines weiterbildenden Aspekts wurde vorgesehen, dass die Schnitte im Querschnitt eine Delphinform oder eine Thunfischform oder eine Pinguinform oder eine Tropfenform aufweisen.

45 **[0013]** Es wurde im Rahmen von CFD - Analysen festgestellt, dass sich im Vergleich mit dem Stand der Technik bei einer Ausführungsform eine etwa 3%tige Anhebung des Wärmeübergangskoeffizienten bei etwa um 10% gesenktem Druckverlust ergibt. Andere Ausführungsformen weisen andere Werte auf.

50 **[0014]** Bezüglich der Bandverdünnungslinien ist weiter vorgesehen, dass sich die Vorder- und Hinterkanten der Schnitte vor deren Herausstellung aus der Ebene des Blechbandes etwa auf parallel in Bandlängsrichtung verlaufenden Bandverdünnungslinien befinden. Die

Bandverdünnungslinien laufen ohne Unterbrechungen in Bandlängsrichtung durch, so dass sie - im Falle von Wellrippen - auch in den Wellentälern und Wellenbergen vorhanden sind. Diese Maßnahme besorgt entsprechende Turbulenzen im inneren Nahbereich der Wellenberge und

[0015] Wellentäler, wo sich ansonsten oftmals ein schädlicher, d. h. ein die Wärmetauschleistung mindernder Strömungsbypass ergibt. Im äußeren Bereich der Wellenberge und Wellentäler werden die Wellrippen gewöhnlich mit den Rohren verlötet. Die auch dort vorhandene feine "Riffelung" ist jedenfalls nicht schädlich für die Verbindung, beispielsweise die Lötverbindung.

[0016] Die Schnitte sind in Sätzen von Schnitten angeordnet, wobei zwischen den Sätzen von Schnitten in Bandquerrichtung verlaufende Unterbrechungen der Schnitte vorgesehen werden können.

[0017] Die Sätze von Schnitten können mittels parallel verlaufender Stege in Gruppen von Schnitten unterteilt werden.

[0018] Es ist weiter beabsichtigt, dass quer zur Bandlängsrichtung parallel laufende

[0019] Verbindungstreifen vorgesehen sind, die sich aus den Abständen zwischen den in Bandlängsrichtung angeordneten Schnitten ergeben, bzw. die die Unterbrechungen der erwähnten Schnitte darstellen.

[0020] Bei wellenförmigen Wärmeübertragungsrippen (Wellrippen) wurde vorgesehen, dass die Verbindungstreifen innerhalb der Wellenflanken verlaufen.

[0021] Alternativ dazu wurde vorgesehen, dass die Verbindungstreifen in den Wellenbergen bzw. Wellentälern angeordnet sind.

[0022] Das Verfahren zur Herstellung von Wärmeübertragungsrippen welches aus der Ebene herausgestellte Schnitte aufweist und aus einem Blechband, welches durch profilierte Rollensätze oder durch Prägwerkzeuge läuft, hergestellt wird, ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch folgende Schritte:

a) das Blechband wird in Längsrichtung des Bandes in parallel verlaufenden Linien verdünnt,

a1) wodurch in Abständen angeordnete, und parallel in der erwähnten Längsrichtung verlaufende Bandverdünnungslinien ausgebildet werden;

b) in den Bandverdünnungslinien werden intermittierende, das heißt, Unterbrechungen aufweisende Trennschnitte ausgeführt;

b1) um mittels der Unterbrechungen quer zur Bandlängsrichtung laufende Verbindungstreifen auszubilden;

c) zwischen dem Beginn und dem Ende der Trennschnitte werden Umformungen ausgeführt, um die herausgestellten Schnitte zu bilden.

Die Herausbildung der durchgehenden Bandverdünnungslinien gemäß den Schritten

a) und a1) wird gegenwärtig für besonders bedeutsam angesehen.

Bei wellenförmigen Wärmeübertragungsrippen

(Wellrippen) ist weiterhin vorgesehen, dass im Anschluss an die erwähnten Schritte

d) eine Bandwellung quer zur Längsrichtung des Bandes vorgenommen wird,

d1) wobei entweder die Wellenberge bzw. Wellentäler jeweils im Bereich zwischen Anfang und Ende der Unterbrechungen bzw. in den Verbindungstreifen zu liegen kommen.

d2) oder wobei die Bandwellung so vorgenommen wird, dass die Unterbrechungen bzw. die Verbindungstreifen jeweils im Bereich der Schnitte verlaufen.

Diese Schritte können mittels gezackter Walzen ausgeführt werden, was an sich bekannt ist.

Nach einem weiterbildenden Verfahrensanspruch wurde vorgesehen, dass die Wellenberge und die Wellentäler etwa halbrund ausgebildet werden.

[0023] Nach einem dazu alternativen Verfahrensanspruch wurde vorgesehen, dass die Wellenberge und die Wellentäler flach ausgebildet sind, wobei die Wellenflanken mit etwa 90° von den Wellentälern bzw. Wellenbergen abgebogen sind und etwa parallel zueinander verlaufen.

[0024] Eine weitere Weiterbildung sieht vor, dass der Schritt a) die Ausbildung von in Längsrichtung durchgehend verlaufenden Bandverdünnungslinien einschließt.

[0025] Die Schritte b) und c) können nacheinander oder auch simultan ausgeführt werden. Bei der simultanen Ausführung werden die zwischen zwei Trennschnitten liegenden Partien gleichzeitig mit ihrer Einbringung in ihrer Längsrichtung verdreht, wodurch die herausgestellten Schnitte entstehen.

Gemäß einem weiteren Aspekt des Herstellungsverfahrens können die Rollensätze oder die Prägwerkzeuge beheizt werden, um die Umformungsprozesse zu unterstützen.

Der erfindungsgemäße Wärmetauscher zeichnet sich dadurch aus, dass er die erfindungsgemäß hergestellten Wärmeübertragungsrippen aufweist. Dabei kann es sich um wellenförmige oder um flache, das heißt, etwa ebene Wärmeübertragungsrippen handeln.

[0026] Die Erfindung wird im Folgenden in Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Die folgende Beschreibung enthält weitere Merkmale und Vorteile, die sich später als bedeutsam herausstellen können.

Die Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer Wärmeübertragungsrippe, die als Wellrippe ausgebildet ist.

Die Fig. 2 zeigt ein beispielhaftes Profil eines Schnittes der Wärmeübertragungsrippe.

Die Fig. 3 zeigt das Profil eines Schnittes aus dem Stand der Technik.

Die Fig. 4 und 5 zeigen unterschiedliche Gestaltungen der Schnittaussführungen.

Die Fig. 6, 7 und 8 zeigen schematisch das Herstellungsverfahren der Wärmeübertragungsrippe.

Die Fig. 9 zeigt andere Querschnittsformen für Schnitte und dazugehörige CFD-Resultate.

Die Fig. 10 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel am Beispiel einer Wellrippe.

Die Fig. 11 zeigt einen Ausschnitt beispielsweise aus der Fig. 10.

Die Fig. 12 zeigt einen Teil eines Wärmetauschers aus einem weiteren Ausführungsbeispiel.

[0027] Die Wärmeübertragungsrippen **1** werden aus einem metallischen Blechband **3** hergestellt, wobei beispielsweise Aluminiumbandmaterial eine bevorzugte Auswahl darstellt. Die Dicke des Blechbandes liegt im Bereich von 0,050 mm. Das Herstellungsverfahren kann mittels Prägwerkzeugen, die in einer Umformmaschine eingespannt sind, welche im Dauerhub arbeitet, durchgeführt werden oder mittels Umformrollen. Die Herstellung mittels in Pressen eingespannter Prägwerkzeuge wurde nicht in den Figuren dargestellt. In der Fig. 6 wurden Rollen **30** zum Einsatz gebracht, wobei jeweils eine Oberrolle und einen Unterrolle einen Rollensatz bilden. Lediglich ein einziger Rollensatz **30** wurde skizziert, obwohl mehrere Rollensätze **30** sich aneinander anschließen. Dieser Rollensatz **30** oder diese Rollensätze **30** erzeugen zunächst auf der Oberfläche des Blechbandes **3** parallel beabstandete und in Bandlängsrichtung unterbrochene, das heißt durchlaufende Bandverdünnungen, die als Bandverdünnungslinien **8** bezeichnet werden. Der Abstand benachbarter Bandverdünnungslinien **8** liegt im Bereich von 1,0 mm oder weniger. Die Bandverdünnungslinien **8** profilieren oder riffeln die Oberfläche des Blechbandes **3** an der Oberseite und - im gezeigten Ausführungsbeispiel - auch an der Unterseite. Die obere Abbildung in der Fig. 6 zeigt das Ausgangsblechband **3** und die darunter angeordnete Abbildung zeigt die ausgebildeten Bandverdünnungslinien **8**. Bei der bereits angeschnittenen, nicht detailliert gezeigten Herstellung der Wärmeübertragungsrippen **1** mittels im Dauerhub arbeitender Umformmaschinen (Pressen), wird das Blechband **3** taktweise vorgeschoben oder gezogen, wobei bei jedem Pressenhub ein Stück der Bandverdünnungslinien **8** ausgeprägt wird, an das sich nahtlos beim nächsten Hub ein weiteres Stück Bandverdünnungslinien **8** anschließt, usw. Zur Ausbildung der Bandverdünnungslinien **8** kann auch die Fig. 7 herangezogen werden, die einen prinzipiellen und deutlich vergrößerten Ausschnitt der Rollen **30** bzw. der Präge- und Schnittwerkzeuge zeigt. Im Anschluss an die soeben beschriebenen Schritte a) und a1) wird der Schritt b) in Angriff genommen, nämlich die Einbringung der Trennschnitte, aus denen sich später die Schnitte **12** ergeben. Dazu wird auf die unterste Darstellung in der Fig. 6 verwiesen sowie auf die Fig. 8. In allen Bandverdünnungslinien **8** werden mittels eines oder mehrerer nicht gezeigter anschließender Rollensätze **30** oder Werkzeugsätze Trennschnitte eingebracht. Die Trennschnitte besitzen alle die gleiche Länge, und sie sind in Bandquerrichtung, genau wie die Bandverdünnungslinien **8**, beabstandet, da die Trennschnitte

in den Bandverdünnungslinien **8** liegend angeordnet sind. Es werden Sätze von Trennschnitten eingebracht, die in Bandlängsrichtung durch in Bandquerrichtung verlaufende Verbindungsstreifen **9** unterbrochen sind. In der untersten Darstellung der Fig. 6 ist das Bezugszeichen **9** zu finden. In der dort gezeigten Ausführungsform stellen die Verbindungsstreifen **9** bei einer Wellrippe die Wellenberge **5** und die Wellentäler **4** dar, zwischen denen die Wellenflanken **11** angeordnet sind, in denen sich wiederum die Schnitte **12** erstrecken. Zu den Wellrippen ist noch zu sagen, dass nur solche Wellrippen gezeigt wurden, die flache Wellenberge **4** und Wellentäler **5** aufweisen. (Flat Top Fin) Die Länge der Schnitte **12** sollte sich möglichst bis unmittelbar an die Wellenberge **4** bzw. Wellentäler **5** heran erstrecken, also möglichst über die gesamte Höhe **H** der Wellrippen. Andere Wellrippen mit etwa halbrunden Wellenbergen **4** und Wellentälern **5** sind dem Fachmann ebenfalls sehr gut bekannt, und sie sind deshalb hier nicht gezeigt worden. Bevorzugte Wellrippenhöhen **H** können im Bereich von 5,0 - 12,0 mm liegen. Die Wellenlängen - vom Fachmann werden die halben Wellenlängen als Wellenteilung bezeichnet - sind ebenfalls in weiten Bereichen, je nach Anwendung im Einzelfall, einstellbar. Ferner ist daran gedacht worden, den Verlauf der Wellen mit einer bestimmten Neigung auszubilden, sodass die horizontal anströmende beispielsweise Kühlluft eine Ablenkung nach unten oder oben erfährt, je nachdem ob die Wellenneigung nach oben oder nach unten zeigt.

Im Unterschied zum Vorstehenden zeigt die Fig. 10, dass sich die Verbindungsstreifen **9** bei einer fertig ausgebildeten Wellrippe auch in den Wellenflanken **11** befinden können. In diesem Fall gehen die Verbindungsstreifen **9** quer durch die Schnitte **12** bzw. durch die Wellenflanken **11** hindurch. In solchen Fällen können schmalere Verbindungsstreifen **9** vorgesehen werden, die möglichst wenig Fläche im Bereich der Schnitte **12** beanspruchen. Der in der Fig. 10 eingezeichnete Strich soll einen Verbindungsstreifen **9** andeuten. Solche Streifen **9** befinden sich auch in allen dahinter angeordneten Wellenflanken **11**. Sie sind in dieser Darstellung nicht sichtbar. Die Sätze von Trennschnitten gehen in diesem Fall also auch durch die Wellenberge **4** und die Wellentäler **5** hindurch.

[0028] Wie die Fig. 8 weiter zeigt, wird gleichzeitig, also simultan mit der Einbringung der Trennschnitte, mittels eines Rollensatzes **30** oder eines Werkzeugsatzes, auch die Umformung der Trennschnitte vorgenommen, d. h. es wird das hergestellt, was hier als Schnitte **12** bezeichnet ist. Dabei erhält der Querschnitt jedes Schnittes **12** zwischen der verjüngten Vorderkante **12.1** und der verjüngten Hinterkante **12.2** eine Verdickung **10**. Die Verdickung **10** liegt maßlich recht deutlich über der Dicke des Blechbandes **3**. Dies kann besonders klar aus der Fig. 11 entnommen werden, wo eine stark vergrößerte Darstellung der Querschnitte dreier benachbarter Schnitte **12** aber auch, im Vergleich dazu, die Dicke des Blechbandes **3** zu erkennen ist. (Siehe z. B. auch die Fig. 2 oder 9) Aus der erwähnten Fig. 11 ist eine weitere Mög-

lichkeit erkennbar, nämlich die Anströmkante der Rippe **1** zusätzlich zu verdünnen.

Es ist ferner möglich, zunächst lediglich die Trennschnitte einzubringen und in einem anschließenden Werkzeugsatz - also nicht simultan - die Umformung der Trennschnitte vorzunehmen, um die Schnitte **12** auszubilden.

Die Fig. 4 zeigt einen einzigen Satz **120** aus der Ebene **E** des Blechbandes herausgestellter Schnitte **12**. Die Fig. 5 zeigt, dass es möglich ist, einen Satz **120** von Schnitten **12** mittels eines Steges **15** in beispielsweise zwei Gruppen **100** von Schnitten **12** zu unterteilen. Die Stege **15** verbessern die Stabilität der Wellrippen bzw. deren Wellenflanken **11**. Wie zu sehen ist, sind die Schnitte **12** in den Gruppen **100** in entgegengesetzter Richtung weisend angeordnet bzw. angestellt worden. Wie die dort eingezeichneten, die Durchströmung zeigenden Pfeile verständlich machen, wird dadurch erreicht, dass die Schnitte **12** in der oder den hinteren Gruppen **100** genauso angeströmt werden wie die Schnitte **12** in der vorderen Gruppe **100**.

Die Fig. 3 zeigt die Nachteile des Standes der Technik, die u. a. darin bestehen, dass es eine deutliche Verwirbelung des durch die Wärmeübertragungsrippe strömenden Mediums, beispielsweise der Kühlluft, an der Hinterkante **12.2** des Schnittes **12** gibt, die beispielsweise den Druckverlust erhöht. Daran ändert sich nach Feststellung der Anmelderin auch wenig, wenn die in der eingangs beschriebenen WO 2004/065879A1 vorgeschlagene Abflachung der Vorder- und Hinterkante **12.1**, **12.2** der Schnitte vorgesehen wird. Die Fig. 2 stellt eine Ausführungsform der Erfindung dar, die sich im Ergebnis spürbar vom Stand der Technik unterscheidet. Es sei ferner noch bemerkt, dass die maßliche Gestaltung der Schnitte **12** sehr klein ist, wodurch auf einer gegebenen Flächeneinheit deutlich mehr Schnitte **12** als beim Stand der Technik angeordnet werden können, die dann zu einer ebenso deutlichen Erhöhung der Anzahl der Strömungsanläufe bzw. der Anströmkanten führt, wodurch die Wärmetauscheffizienz - auch wegen der zur Verfügung gestellten größeren Oberfläche - spürbar zu verbessern ist. Die maßlich kleine Gestaltung der Schnitte **12** kommt unter anderem dadurch zum Ausdruck, dass die Abstände zwischen den benachbarten Bandverdünnungslinien **8** im Bereich von 1,0 mm oder sogar darunter angesiedelt sind. (vergleiche Fig. 7)

Schließlich zeigt die Fig. 12 eine teilweise Ansicht eines Wärmetauschers, der aus Rohren **2** und Rippen **1** besteht. In diesem Fall wurden etwa ebene Wärmeübertragungsrippen **1** vorgesehen, die Öffnungen **20** aufweisen. Die Öffnungen **20** sind von einem aufgerichteten Rand **21** umgeben. Durch die Öffnungen **20** hindurch werden die Rohre **2** gesteckt und mit den Rippen **1** verlötet. Wie zu sehen ist, sind in diesem Ausführungsbeispiel die Rippen **1** jeweils mit zwei Gruppen von Schnitten **12** und einem dazwischen liegenden Steg **15** ausgestattet. Hier besteht jedoch völlige Gestaltungsfreiheit. Die Rippen **12** weisen die vorstehend beschriebenen Merkmale und

Wirkungen auf. Es wurden lediglich fünf Rohre **2** und vier übereinander angeordnete Rippen **1** gezeichnet, wodurch das Prinzip jedoch deutlich genug zu erkennen ist. Die Blockpfeile sollen die Durchströmung der Rippen **1** mittels beispielsweise der Kühlluft anzeigen. Die anderen Pfeile zeigen die Durchströmung der Rohre **2** mittels beispielsweise der Kühlflüssigkeit eines Kraftfahrzeuges an.

[0029] Es ist grundsätzlich möglich und im Bedarfsfall auch ausdrücklich vorgesehen worden, die Umformwerkzeuge **30** beispielsweise mittels einer Heizung zu beheizen, um Einfluss auf die Umformeigenschaften des eingesetzten Rippenmaterials **3** zu nehmen. Die beiden Blitze in der Fig. 8 sollen eine elektrische Heizung **40** andeuten. Die Heizung kann sich im Oberwerkzeug und/oder im Unterwerkzeug befinden

[0030] Die Fig. 9 zeigt einige untersuchte Querschnittsformen der Schnitte **12**. Alle Schnitte weisen Querschnittsformen mit einer Verdickung **10** auf, die über die Dicke des Ausgangsblechbandes hinausgeht. Die Querschnittsform in der 3. Spalte, unter Nr. b, weist durchschnittlich im Vergleich mit dem in der Fig. 3 gezeigten Stand der Technik (State of the art in Fig. 9) eine etwa 15%ige Verbesserung des Wärmeübergangskoeffizienten (**Hcoef**) auf, die zu einem verbesserten Verhältnis von Wärmetransport zum Druckverlust führt. Die Querschnittsform in der linken Spalte (No. e) führt zu einer Senkung des Druckverlustes um 25% bei nahezu gleichem Wärmeübergangskoeffizienten (**Hcoef**). Auch das Querschnittsprofil in der 4. Spalte, unter No. c, weist ein bemerkenswertes Ergebnis auf. Bei einer Druckverlustsenkung von etwa 10% wird ein um etwa 3 % besserer Wärmeübergangskoeffizient ausgewiesen.

Patentansprüche

1. Wärmeübertragungsrippe (1), die zwischen Rohren (2) angeordnet ist, in denen ein Medium strömt, welches sich im Wärmeaustausch mit einem anderen Medium befindet, das durch die Wärmeübertragungsrippe (1) strömt, wobei die Wärmeübertragungsrippe (1) aus einem dünnen Blechband (3) herstellbar ist, aus dessen Ebene herausgestellte Schnitte (12) angeordnet sind, die Vorder- und Hinterkanten (12.1, 12.2) aufweisen, die verformt, vorzugsweise verjüngt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnitte (12) im Querschnitt zwischen den Vorder- und Hinterkanten (12.1, 12.2) eine Verdickung (10) aufweisen, die dicker ist als die Dicke des Blechbandes (3), wobei sich die Vorder- und Hinterkanten (12.1, 12.2) der Schnitte (12) vor deren Herausstellung etwa auf parallel in Bandlängsrichtung verlaufenden Bandverdünnungslinien (8) befinden.
2. Wärmeübertragungsrippe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeübertra-

- gungsrippe (1) wellenartig verformt ist, wobei sie Wellenberge (4) und Wellentäler (5) aufweist, die durch Wellenflanken (11) verbunden sind, wobei sich die Schnitte (12) in den Wellenflanken (11) befinden.
3. Wärmeübertragungsrippe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeübertragungsrippe (1) etwa eben ist und Öffnungen (20) aufweist, durch die die Rohre (2) hindurchsteckbar sind.
4. Wärmeübertragungsrippe nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnitte (12) im Querschnitt eine Delphinform oder eine Thunfischform oder eine Pinguinform oder eine Tropfenform, etc. aufweisen.
5. Wärmeübertragungsrippe nach Anspruch 1, 2, oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Bandverdünnungslinien (8) auch über die Wellenberge (4) und Wellentäler (5) erstrecken, wodurch auch in den Wellenbergen (4) und den Wellentälern (5) eine Oberflächenprofilierung ausgebildet ist.
6. Wärmeübertragungsrippe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnitte (12) in Sätzen von Schnitten (12) angeordnet sind, wobei zwischen den Sätzen von Schnitten (12) in Bandquerrichtung verlaufende Unterbrechungen der Schnitte (12) vorgesehen sind, die Verbindungsstreifen (9) bilden.
7. Wärmeübertragungsrippe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sätze von Schnitten (12) mittels parallel verlaufender Stege (15) in Gruppen von Schnitten (12) unterteilt sind.
8. Wärmeübertragungsrippe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** quer zur Bandlängsrichtung parallel laufende Verbindungsstreifen (9) vorhanden sind, die sich aus den Abständen zwischen den in Bandlängsrichtung angeordneten Schnitten ergeben, bzw. die Unterbrechungen der erwähnten Schnitte (12) darstellen.
9. Wärmeübertragungsrippe nach Anspruch 1, 2 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsstreifen (9) innerhalb der Wellenflanken (11) verlaufen.
10. Wärmeübertragungsrippe nach Anspruch 1, 2 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsstreifen (9) in den Wellenbergen (5) bzw. Wellentälern (4) angeordnet sind.
11. Verfahren zur Herstellung von Wärmeübertragungsrippen (1) aus einem Blechband (3), das durch profilierte Rollensätze (30) oder durch Präge- und
- Schnittwerkzeuge läuft, wobei aus der Ebene des Blechbandes herausgestellte Schnitte (12) ausgebildet werden,
- gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
- a) das Blechband (3) wird in Längsrichtung des Bandes in parallel verlaufenden Linien (8) verdünnt,
- a1) wodurch in Abständen angeordnete, und parallel in der erwähnten Längsrichtung verlaufende Bandverdünnungslinien (8) ausgebildet werden;
- b) in den Bandverdünnungslinien (8) werden intermittierende Trennschnitte ausgeführt;
- b1) wobei in Bandquerrichtung laufende Verbindungsstreifen (9) zwischen den Trennschnitten ausgebildet werden;
- c) und dass die Schnitte (12), **durch** Herausstellen der Trennschnitte geschaffen werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt c) die Umformung der Schnitte (12) zwischen dem Beginn und dem Ende der Trennschnitte umfasst.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt c) so vorgenommen wird, dass im Querschnitt zwischen den Vorder- und Hinterkanten (12.1, 12.2) der Schnitte (12) eine Verdickung (10) ausgebildet wird, die dicker ist als die Dicke des Blechbandes (3).
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 - 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschluss an die erwähnten Schritte
- d) eine Bandwellung quer zur Längsrichtung des Bandes vorgenommen wird,
- d1) wobei entweder die Wellenberge (4) bzw. Wellentäler (5) jeweils im Bereich der Verbindungsstreifen (9) zu liegen kommen.
- d2) oder wobei die Bandwellung so vorgenommen wird, dass die Verbindungsstreifen (9) jeweils im Bereich der Schnitte (12) bzw. der Wellenflanken (11) verlaufen.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellenberge (5) und die Wellentäler (4) etwa halbrund ausgebildet werden.
16. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellenberge (5) und die Wellentäler (4) flach ausgebildet sind, wobei die Wellenflanken (11) mit etwa 90° von den Wellentälern bzw. Wellenbergen abgebogen sind und etwa parallel zueinander verlaufen.
17. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass der Schritt a) die Ausbildung von in Längsrichtung des Blechbandes (3) durchgehend verlaufende Bandverdünnungslinien (8) einschließt.

18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Herstellungswerkzeuge beheizt werden.
19. Wärmetauscher bestehend aus Rohren und Wärmeübertragungsrippen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeübertragungsrippen (1) gemäß Anspruch 1 ausgebildet sind oder gemäß dem Verfahrensanspruch 11 hergestellt worden sind.

Claims

1. Heat-exchanging fin (1) that is arranged between tubes (2) in which flows a medium that is in heat-exchanging contact with another medium that flows through the heat-exchanging fin (1), with it being possible for the heat-exchanging fin (1) to be produced from a thin sheet-metal strip (3), out of the plane of which are arranged turned-out slices (12) that have front and rear edges (12.1, 12.2) that are shaped, preferably tapered, **characterized in that** the slices (12) have, between the front and rear edges (12.1, 12.2) in cross section, a thickened portion (10) that is thicker than the thickness of the sheet-metal strip (3), with the front and rear edges (12.1, 12.2) of the slices (12), before the latter are turned out, being situated approximately on strip thinning lines (8) that run parallel in the strip longitudinal direction.
2. Heat-exchanging fin according to Claim 1, **characterized in that** the heat-exchanging fin (1) is shaped in the manner of a wave with wave peaks (4) and wave troughs (5) that are connected by wave flanks (11), with the slices (12) being situated in the wave flanks (11).
3. Heat-exchanging fin according to Claim 1, **characterized in that** the heat-exchanging fin (1) is approximately planar and has openings (20) through which the tubes (2) can be inserted.
4. Heat-exchanging fin according to one of Claims 1-3, **characterized in that** the slices (12) have, in cross section, the shape of a dolphin or of a tuna fish or of a penguin or of a droplet.
5. Heat-exchanging fin according to Claim 1, 2 or 4, **characterized in that** the strip thinning lines (8) also extend over the wave peaks (4) and wave troughs (5), as a result of which a surface profiling is also formed in the wave peaks (4) and the wave troughs (5).
6. Heat-exchanging fin according to one of the preceding claims, **characterized in that** the slices (12) are arranged in sets of slices (12), with interruptions, which run in the strip transverse direction, of the slices (12) being provided between the sets of slices (12), which interruptions form connecting strips (9).
7. Heat-exchanging fin according to Claim 6, **characterized in that** the sets of slices (12) are divided into groups of slices (12) by means of parallel-running webs (15).
8. Heat-exchanging fin according to one of the preceding claims, **characterized in that** parallel-running connecting strips (9) that run transversely with respect to the strip longitudinal direction are provided, which connecting strips (9) are formed by the spacings between the slices that are arranged in the strip longitudinal direction, or which connecting strips (9) constitute the interruptions of said slices (12).
9. Heat-exchanging fin according to Claim 1, 2 or 8, **characterized in that** the connecting strips (9) run within the wave flanks (11).
10. Heat-exchanging fin according to Claim 1, 2 or 8, **characterized in that** the connecting strips (9) are arranged in the wave peaks (4) or wave troughs (5).
11. Method for producing heat-exchanging fins (1) from a sheet-metal strip (3) that runs through profiled roller sets (30) or through embossing and cutting tools, with slices (12) that are turned out of the plane of the sheet-metal strip being formed, **characterized by** the following steps:
- a) the sheet-metal strip (3) is thinned in the longitudinal direction of the strip in parallel-running lines (8),
- a1) thereby forming band thinning lines (8) that are arranged at intervals and that run parallel in said longitudinal direction;
- b) intermittent separating cuts are formed in the strip thinning lines (8);
- b1) with connecting strips (9) that run in the strip transverse direction being formed between the separating cuts;
- c) and with the slices (12) being created by turning out the separating cuts.
12. Method according to Claim 11, **characterized in that** step c) comprises deforming the slices (12) between the start and the end of the separating cuts.
13. Method according to Claim 11 or 12, **characterized in that** step c) is carried out in such a way that, in cross section between the front and rear edges (12.1, 12.2) of the slices (12), a thickened portion

(10) is formed that is thicker than the thickness of the sheet-metal strip (3).

14. Method according to one of Claims 11 - 13, **characterized in that**, following said steps,

d) a corrugation of the strip is carried out transversely with respect to the longitudinal direction of the strip,

d1) with either the wave peaks (4) or wave troughs (5) coming to rest in each case in the region of the connecting strips (9),

d2) or with the corrugation of the strip being carried out such that the connecting strips (9) run in each case in the region of the slices (12) or the wave flanks (11).

15. Method according to Claim 14, **characterized in that** the wave peaks (4) and the wave troughs (5) are of approximately semi-circular design.

16. Method according to Claim 14, **characterized in that** the wave peaks (4) and the wave troughs (5) are of flat design, with the wave flanks (11) being bent away from the wave troughs or wave peaks by approximately 90° and running approximately parallel to one another.

17. Method according to Claim 11, **characterized in that** step a) includes forming strip thinning lines (8) that run continuously in the longitudinal direction of the sheet-metal strip (3).

18. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the production tools are heated.

19. Heat exchanger composed of tubes and heat-exchanging fins, **characterized in that** the heat-exchanging fins (1) are designed according to Claim 1 or have been produced according to method Claim 11.

Revendications

1. Ailette pour échangeur de chaleur (1), qui est disposée entre des tubes (2) dans lesquels coule un fluide qui se trouve en échange thermique avec un autre fluide qui coule à travers l'ailette pour échangeur de chaleur (1), l'ailette pour échangeur de chaleur (1) pouvant être fabriquée à partir d'une bande de tôle mince (3) dans le plan de laquelle sont disposées des découpes (12) sorties qui présentent des bords avant et des bords arrière (12.1, 12.2), qui sont mis en forme, de préférence sous forme effilée, **caractérisée en ce que** les découpes (12) présentent, en section transversale, entre les bords avant

et arrière (12.1, 12.2), un épaississement (10) qui est plus épais que l'épaisseur de la bande de tôle (3), les bords avant et arrière (12.1, 12.2) des découpes (12) se trouvant, avant leur sortie, approximativement sur des lignes de rétrécissement de bande (8) s'étendant parallèlement dans la direction longitudinale de la bande.

2. Ailette pour échangeur de chaleur selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'ailette pour échangeur de chaleur (1) est mise en forme ondulée, et présente des pics d'ondulation (4) et des creux d'ondulation (5) qui sont connectés par des flancs d'ondulation (11), les découpes (12) se trouvant dans les flancs d'ondulation (11).

3. Ailette pour échangeur de chaleur selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'ailette pour échangeur de chaleur (1) est approximativement plane et présente des ouvertures (20) à travers lesquelles les tubes (2) peuvent être enfoncés.

4. Ailette pour échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** les découpes (12) présentent en section transversale une forme de dauphin ou une forme de thon ou une forme de pingouin ou une forme de goutte, etc.

5. Ailette pour échangeur de chaleur selon la revendication 1, 2 ou 4, **caractérisée en ce que** les lignes de rétrécissement de bande (8) s'étendent aussi sur les pics d'ondulation (4) et les creux d'ondulation (5), de sorte que l'on obtient un profilage de surface également dans les pics d'ondulation (4) et les creux d'ondulation (5).

6. Ailette pour échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les découpes (12) sont disposées en jeux de découpes (12), des interruptions des découpes (12) s'étendant dans la direction transversale à la bande étant prévues entre les jeux de découpes (12) et formant des rubans de connexion (9).

7. Ailette pour échangeur de chaleur selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les jeux de découpes (12) sont divisés en groupes de découpes (12) au moyen de nervures s'étendant parallèlement (15).

8. Ailette pour échangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des rubans de connexion (9) s'étendant parallèlement sont prévus transversalement à la direction longitudinale de la bande, et sont obtenus à partir des distances entre les décou-

pes disposées dans la direction longitudinale de la bande, ou constituent les interruptions desdites découpes (12).

9. Ailette pour échangeur de chaleur selon la revendication 1, 2 ou 8, **caractérisée en ce que** les rubans de connexion (9) s'étendent à l'intérieur des flancs d'ondulation (11). 5
10. Ailette pour échangeur de chaleur selon la revendication 1, 2 ou 8, **caractérisée en ce que** les rubans de connexion (9) sont disposés dans les pics d'ondulation (4) ou les creux d'ondulation (5). 10
11. Procédé de fabrication d'ailettes pour échangeur de chaleur (1) à partir d'une bande de tôle (3) qui passe à travers des jeux de rouleaux profilés (30) ou à travers des outils de gaufrage et de découpage, des découpes (12) sorties étant réalisées hors du plan de la bande de tôle, 15
caractérisé par les étapes suivantes :
- a) la bande de tôle (3) est effilée dans la direction longitudinale de la bande en lignes (8) s'étendant parallèlement, 20
a1) de sorte que des lignes de rétrécissement de bande (8) espacées et s'étendant parallèlement dans ladite direction longitudinale soient réalisées ;
b) des découpes de séparation intermittentes sont réalisées dans les lignes de rétrécissement de bande (8) ; 25
b1) des rubans de connexion (9) s'étendant dans la direction transversale à la bande étant réalisés entre les découpes de séparation ;
c) et les découpes (12) sont créées en faisant sortir les découpes de séparation. 30
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'étape c) comprend la mise en forme des découpes (12) entre le début et la fin des découpes de séparation. 35
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** l'étape c) est réalisée de telle sorte qu'un épaissement (10) soit créé entre les bords avant et arrière (12.1, 12.2) des découpes (12), lequel est plus épais que l'épaisseur de la bande de tôle (3). 40
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que**, suite aux étapes mentionnées, 45
d) une ondulation de la bande est produite transversalement à la direction longitudinale de la bande, 50
d1) soit les pics d'ondulation (4) ou les creux

d'ondulation (5) venant se placer à chaque fois dans la région des rubans de connexion (9), d2) soit l'ondulation de la bande étant effectuée de telle sorte que les rubans de connexion (9) s'étendent à chaque fois dans la région des découpes (12) ou des flancs d'ondulation (11).

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** les pics d'ondulation (4) et les creux d'ondulation (5) sont réalisés sous forme approximativement semi-circulaire.
16. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** les pics d'ondulation (4) et les creux d'ondulation (5) sont réalisés sous forme plane, les flancs d'ondulation (11) étant recourbés à environ 90° des creux d'ondulation ou des pics d'ondulation et s'étendant approximativement parallèlement les uns aux autres.
17. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'étape a) inclut la réalisation de lignes de rétrécissement de bande (8) s'étendant en continu dans la direction longitudinale de la bande de tôle (3).
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les outils de fabrication sont chauffés.
19. Echangeur de chaleur constitué de tubes et d'ailettes pour échangeur de chaleur, **caractérisé en ce que** les ailettes pour échangeur de chaleur (1) sont réalisées selon la revendication 1 ou sont fabriquées selon la revendication de procédé 11. 55

FIG. 1

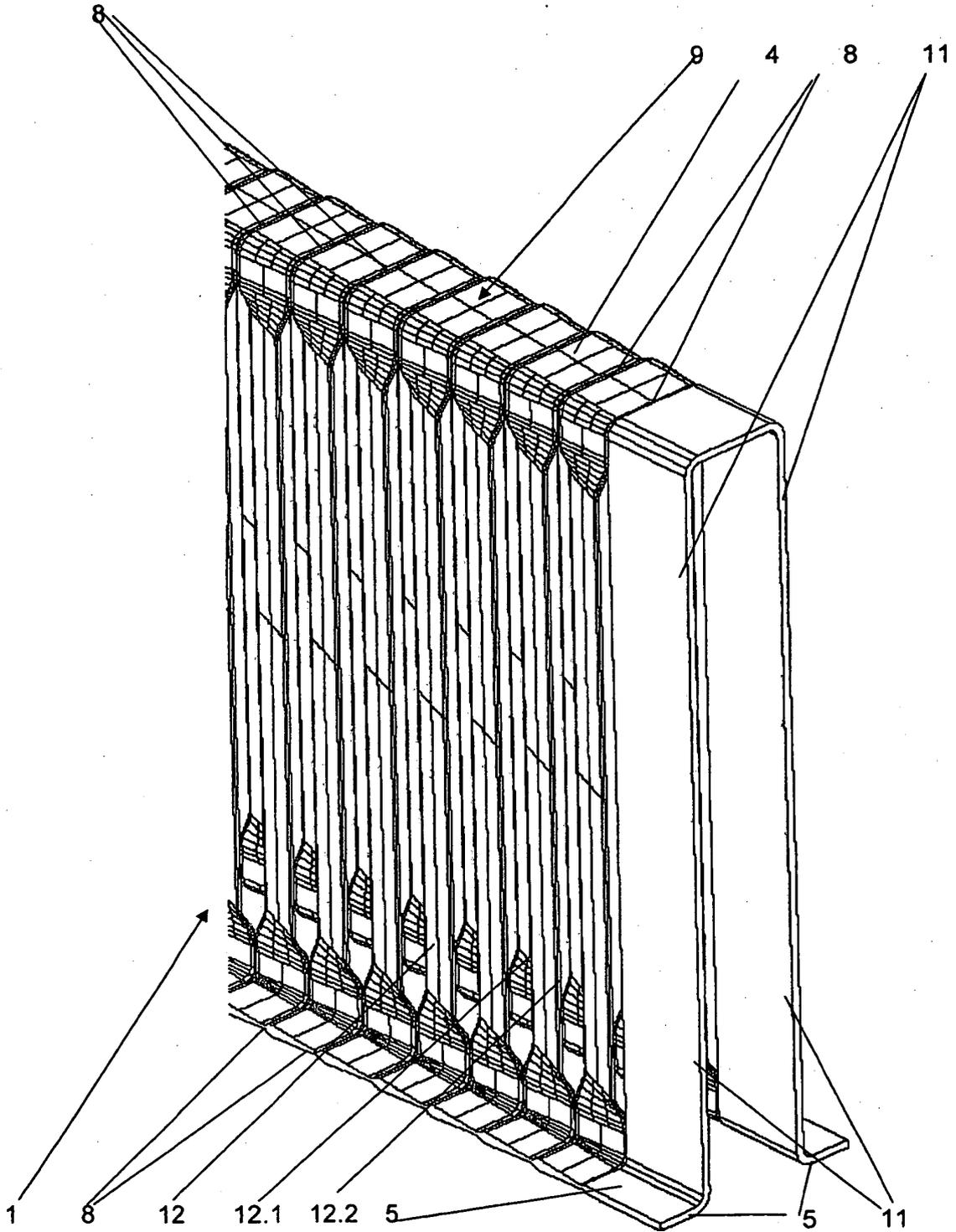


FIG. 2

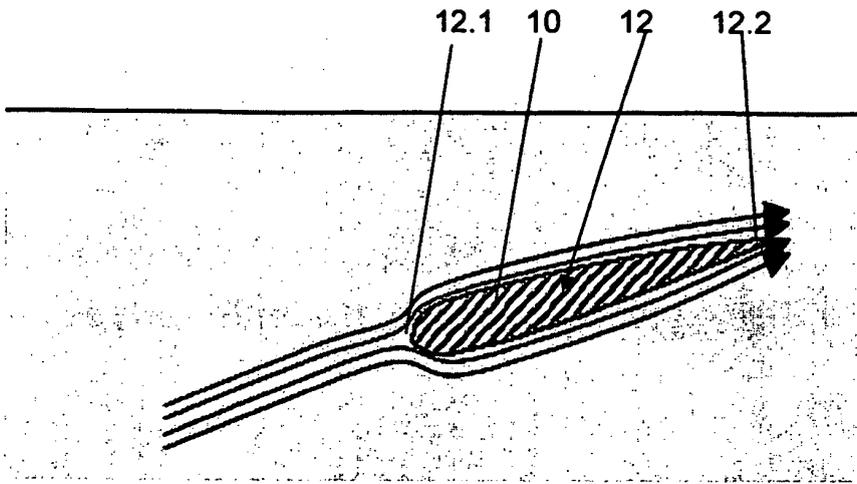


FIG. 3 (Stand der Technik)

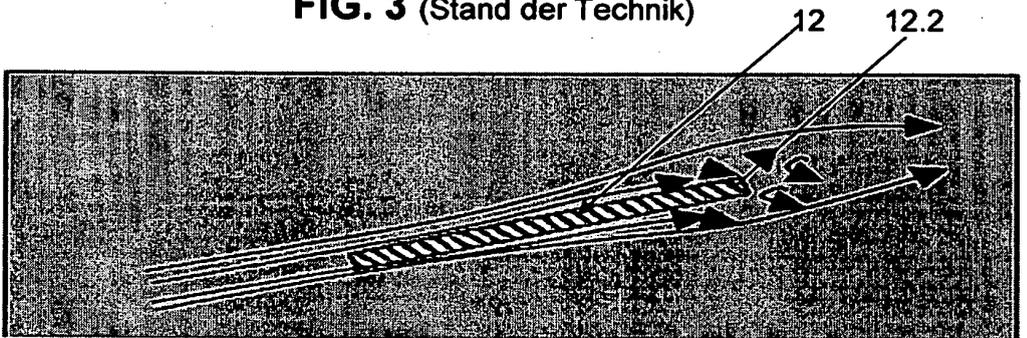


FIG. 4

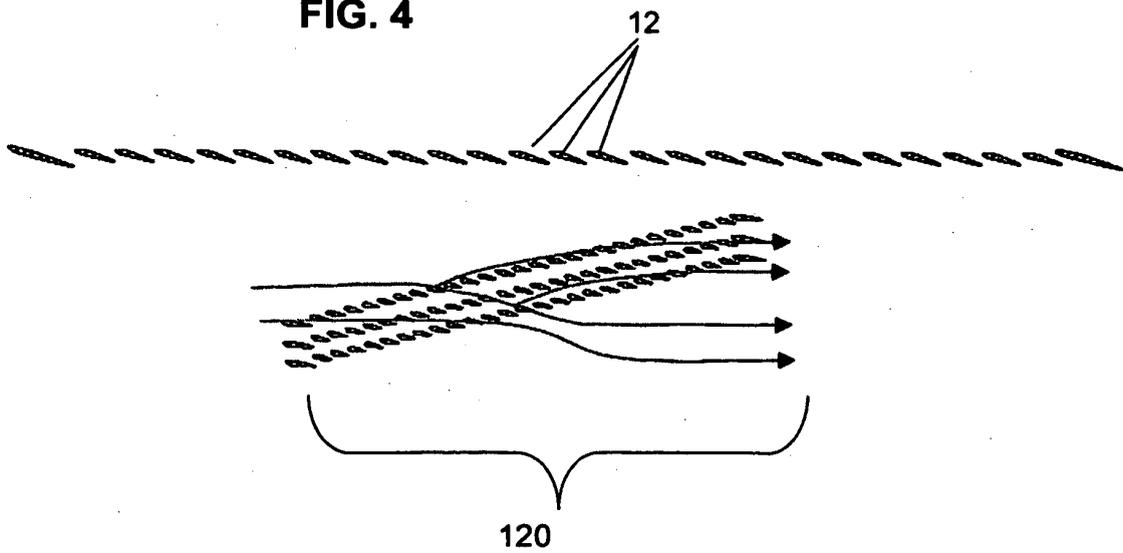


FIG.5

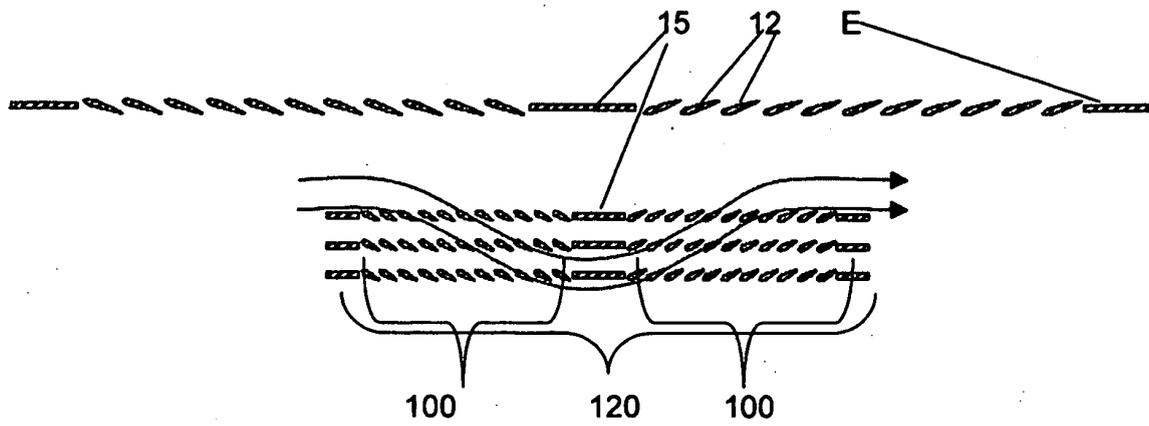


FIG. 6

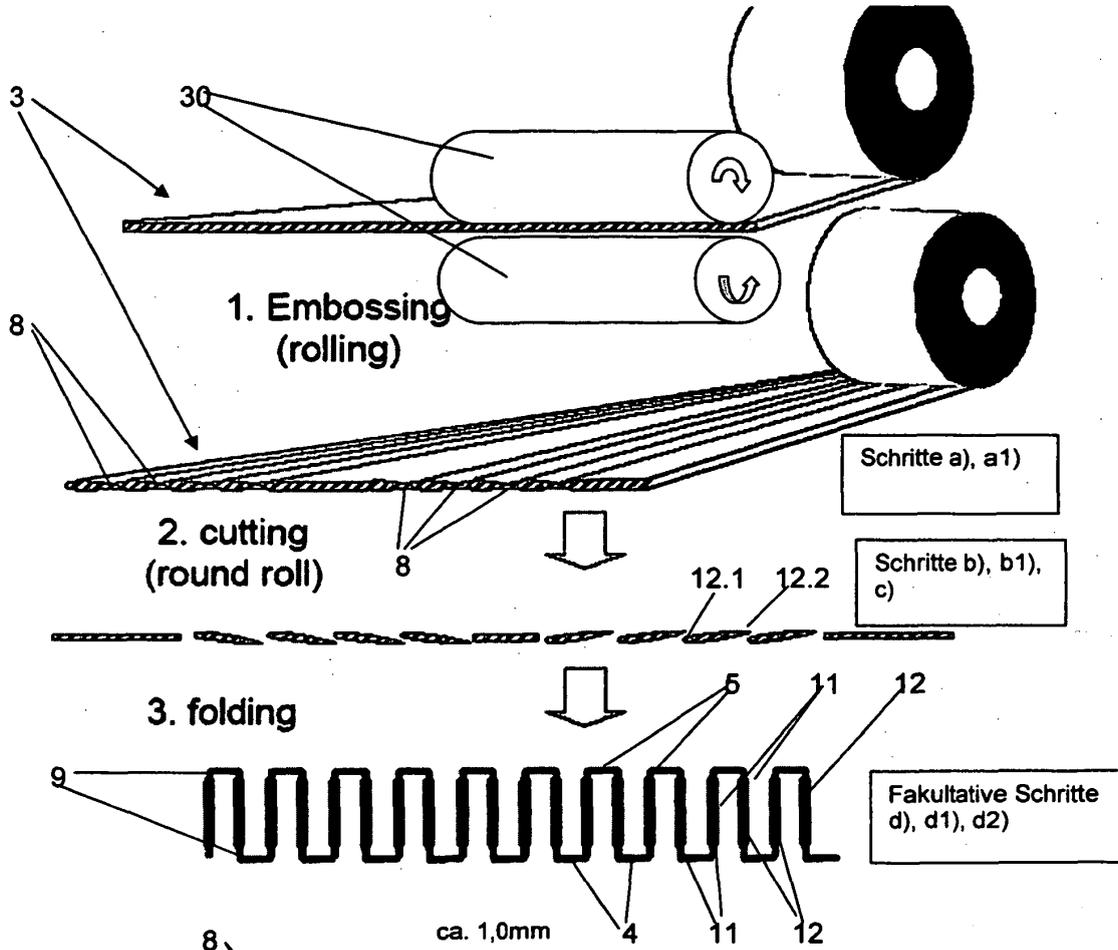


FIG. 7

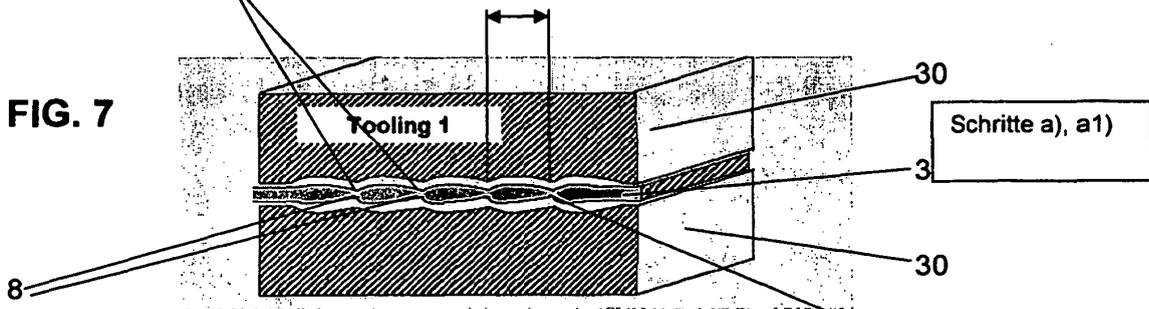


FIG. 8

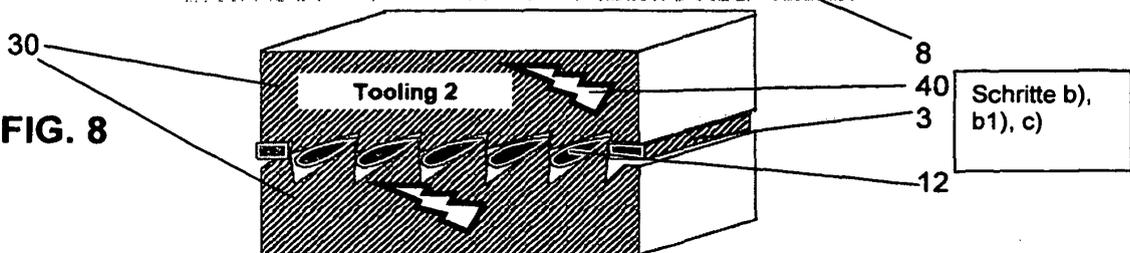


FIG. 9

12 (10)

Table of the performances from the CFD simulation results

No.	a	b	c	d	e
Description	State of the art	Profile, 50% more Volume	Profile, same Volume	Profile, same surface area	Laminar Profile
Geometries					
Relative pressure losses (Dp/Dp_St) (%)	100.0	127.5	90.5	130.7	75.1
Relative heat transfer coefficient (Hcoef/Hcoef_St) (%)	100.0	115.6	102.4	113.2	97.8

FIG. 10

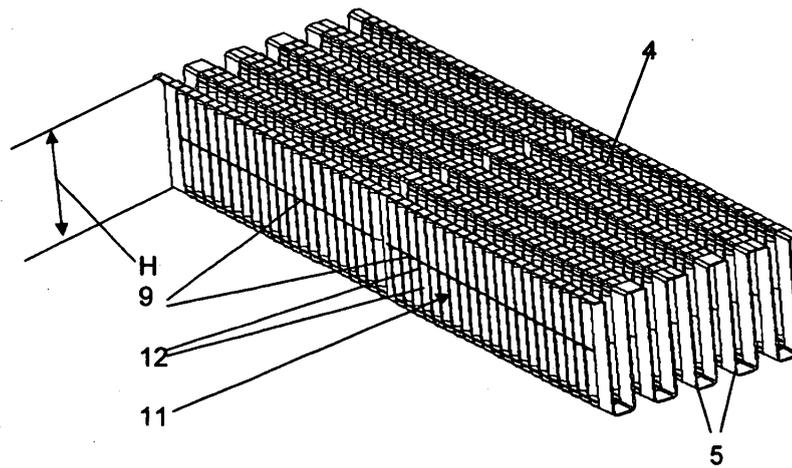


FIG. 11

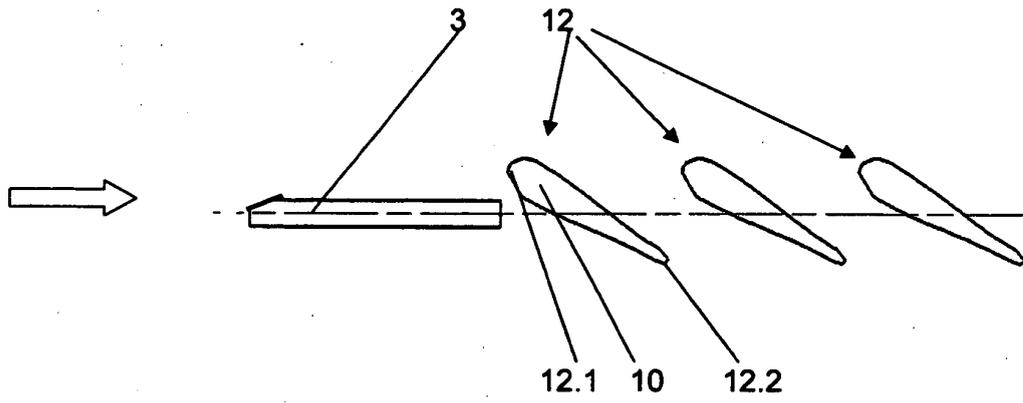
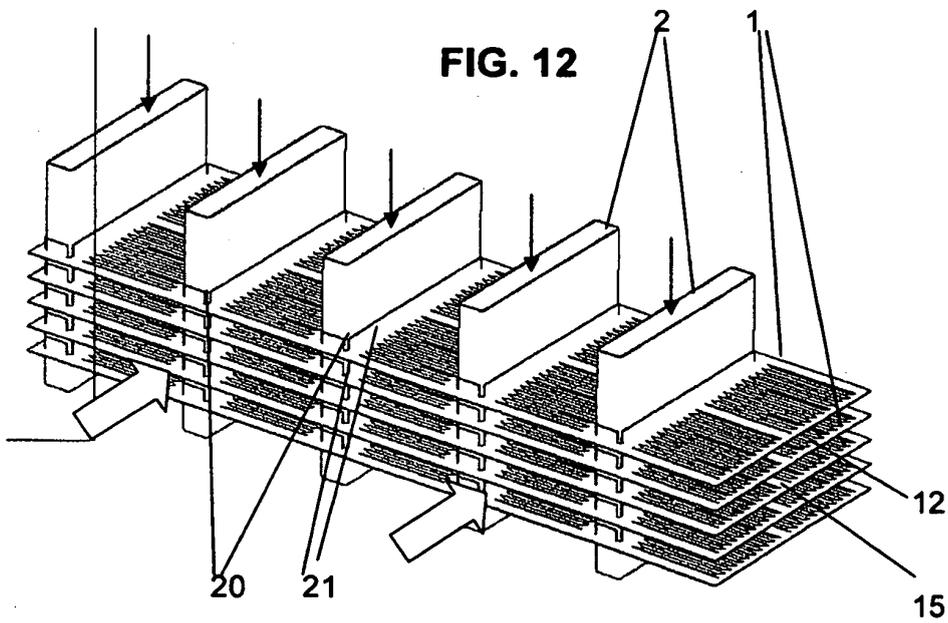


FIG. 12



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

- WO 2004065879 A1 [0002] [0028]
- DE 2123722 A [0003]