

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 389 970 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **24.11.93**

(51) Int. Cl.⁵: **F28F 1/32**

(21) Anmeldenummer: **90105475.9**

(22) Anmeldetag: **23.03.90**

(54) **Wärmeaustauschernetz mit Leitblechen.**

(30) Priorität: **30.03.89 DE 3910357**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.10.90 Patentblatt 90/40

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
24.11.93 Patentblatt 93/47

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 176 729 DE-A- 3 423 746
FR-A- 1 445 981 FR-A- 2 465 984
GB-A- 360 280 GB-A- 471 553
GB-A- 576 864 US-A- 3 771 595

(73) Patentinhaber: **AUTOKÜHLER GMBH & CO. KG.**
Hohler Weg 31
D-34369 Hofgeismar(DE)

(72) Erfinder: **Fuhrmann, Ernst**
Mittelstrasse 16
D-3501 Espenau(DE)
Erfinder: **Scholze, Richard**
Lamerder Weg 4
D-3520 Hofgeismar(DE)

(74) Vertreter: **Freiherr von Schorlemer, Reinfried,**
Dipl.-Phys.
Patentanwalt
Brüder-Grimm-Platz 4
D-34117 Kassel (DE)

EP 0 389 970 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Wärmeaustauschernetz der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Wärmeaustauscher mit derartigen Wärmeaustauschernetzen stellen eine Sonderform von Röhrenkühlern dar. Sie unterscheiden sich von üblichen Röhrenkühlern allerdings dadurch, daß die Wärmeaustauscherrohre allein durch Aufweitung ihres Querschnitts mit den Leitblechen verbunden und daher nicht zusätzlich mit diesen verlötet, verschweißt oder verklebt sind. Zur Erzielung eines guten Wirkungsgrades ist dabei erforderlich, daß die Rohrwandungen jeweils am gesamten Umfang satt an den Kragen anliegen.

Wärmeaustauschernetze der genannten Art sind insbesondere bei Wärmeaustauschern für Kraftfahrzeuge allgemein bekannt (EP-A-0176 729). Sie weisen durchweg Leitbleche mit Kragen auf, deren Höhen über den gesamten Umfang der Durchzüge konstant sind bzw. allenfalls innerhalb üblicher Toleranzen schwanken. Das Optimum der jeweiligen Kragenhöhe kann insbesondere durch Versuche ermittelt werden, da sich ab einer bestimmten Kragenhöhe keine wesentliche Leistungssteigerung mehr erzielen läßt, während kleinere als dem Optimum entsprechende Höhen zu einer deutlichen Leistungsabnahme führen. Die Herstellung der Kragen erfolgt dadurch, daß in einem ersten Stanzschritt mittels eines Schnittstempels und einer eine Schneidkante aufweisenden Matrize Löcher aus dem Leitblech ausgestanzt und anschließend in einem zweiten Tiefziehschritt mittels eines Ziehstempels und einer weiteren Matrize die Kragen ausgeformt werden.

Bei Anwendung von Rohren mit ovalen Querschnitten, bei denen das Verhältnis des größten zum kleinsten Durchmesser relativ klein ist und z.B. 2 : 1 beträgt, ergeben sich keinerlei Probleme. Bei extrem flachovalen Rohren, bei denen das Durchmesser Verhältnis größer ist und z.B. 3 : 1 bis 8 : 1 beträgt, müssen jedoch Kragenhöhen vorgesehen werden, die aufgrund der übrigen Kragendimensionen während des Tiefziehschritts zu erheblichen, die Reißfestigkeit der Kragen erreichenden und häufig überschreitenden Materialdehnungen von 200 % und mehr führen. Eine Folge davon ist, daß die Kragen entweder mit einer geringeren Höhe hergestellt werden müssen, als dem Optimum entspricht, um Risse in den Kragen mit Sicherheit auszuschließen. Dies ginge zu Lasten einer reduzierten Leistung, was unerwünscht ist. Oder es müßte versucht werden, das Einreißen der Kragen durch Verwendung spezieller Materialqualitäten zu vermeiden. Dies würde jedoch einerseits die Materialkosten vergrößern und andererseits zumindest nicht mit Sicherheit ausschließen, daß die

Kragen beim anschließenden Aufweiten der Rohre oder sogar erst beim späteren Gebrauch der Wärmeaustauscher aufgrund mechanischer Erschütterungen, dem hydraulischen Druck des Kühlmittels, Wärmedehnung, Abkühlungskontraktion od. dgl. einreißen. Da Risse in den Kragen nicht nur mit einer Leistungsverminderung der Wärmeaustauscher verbunden sind, sondern vor allem auch die für den innigen Kontakt mit den Wärmeaustauscherrohren erforderlichen "Ringzugkräfte" in den Kragen weitgehend aufheben und den Korrosionsangriff fördern, stellen Leitbleche für extrem flachovale Wärmeaustauscherrohre und damit hergestellte Wärmeaustauscher, sofern sie aus Gründen einer hohen Leistung mit der optimalen Kragenhöhe versehen werden sollen, heute noch ein zu großes Sicherheitsrisiko dar, das ihre Serienproduktion behindert.

Daneben gibt es Wärmeaustauschernetze der eingangs bezeichneten Gattung (DE-A-34 23 746), bei denen die Kragen gleichzeitig als Abstandhalter für die Leitbleche im Netz dienen und dazu an ihren freien Enden mit einem um 90° abgewinkelten Rand versehen werden. Derartige Kragen besitzen eine so große Höhe, daß durch entsprechende Abwinkelung des Randes in einem vorgegebenen Bereich von z.B. 0,8 bis 1,2 mm jeder beliebige Lamellenabstand hergestellt werden kann. Die dadurch unvermeidbaren Risse in den abgewinkelten Rändern im Bereich der Schmalseiten der Kragen werden dadurch vermieden, daß der Rand nur in denjenigen Bereichen des Kragens abgewinkelt ist, wo dieser die großen Krümmungsradien aufweist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Wärmeaustauschernetze der zuerst genannten Art so auszubilden, daß das Einreißen der Kragen weitgehend ausgeschaltet wird, ohne daß dadurch eine wesentliche Leistungsverminderung in Kauf genommen werden muß.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1.

Die Erfindung bringt den überraschenden Vorteil mit sich, daß sie einen brauchbaren Kompromiß zwischen den mechanischen und thermischen Wirkungen der Kragen ermöglicht, da die vorgeschlagene Reduzierung der Kragenhöhe in den Bereichen der kleinen Radien zwar einerseits die Neigung zur Ribbildung nahezu vollkommen ausschließt, andererseits aber nur eine geringfügige Leistungsverminderung bewirkt.

Die Erfindung wird nachfolgend in Verbindung mit der beiliegenden Zeichnung an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 die perspektivische Darstellung eines Wärmeaustauschers mit flachovalen Rohren;
Fig. 2 die Draufsicht eines Abschnitts eines erfindungsgemäßen Leit-

- blechs für den Wärmeaustauscher nach Fig. 1 in starker Vergrößerung;
- Fig. 3 und 4 Schnitte längs der Linien III-III und IV-IV der Fig. 2; und
- Fig. 5 bis 13 in den Fig. 2 bis 4 entsprechenden Ansichten drei weitere Ausführungsformen des Leitblechs.

Der in Fig. 1 dargestellte, einreihige Wärmeaustauscher ist nach Art eines Röhrenkühlers ausgebildet. Er enthält eine Anzahl von parallel und mit Abstand angeordneten, plattenförmigen Leitblechen 1, die jeweils eine Reihe von ovalen Öffnungen bzw. Durchzügen 2 aufweisen, welche im gestapelten Zustand der Leitbleche 1 coaxial angeordnet sind. Die die Durchzüge 2 begrenzenden Ränder der Leitbleche 1 sind durch dazu coaxiale, hochgestellte Kragen 3 gebildet (Fig. 2 bis 4). Die Durchzüge 2 und Kragen 3 sind von senkrecht zu den Leitblechen 1 angeordneten Rohren 4 durchragt, die einen dem Querschnitt der Durchzüge 2 und Kragen 3 entsprechenden ovalen Querschnitt besitzen. Die oberen und unteren Enden der Rohre 4 ragen durch entsprechende Durchbrüche 5 je einer Bodenplatte 6 bzw. 7 und sind längs ihres gesamten Umfangs mit Kragen dieser Durchbrüche 5 flüssigkeits- bzw. gasdicht verbunden. An der unteren Bodenplatte 6 ist ein üblicher Sammelkasten 9 befestigt, der einen Anschluß 10 für die Zu- oder Ableitung des die Rohre 4 durchströmenden Mediums, z. B. Wasser, aufweist. Ein entsprechender, nicht dargestellter Sammelkasten ist mit der oberen Bodenplatte 7 verbunden. Die Leitbleche 1 können im übrigen mit nicht dargestellten Kiemenfeldern oder dergleichen zur Verwirbelung des zweiten Mediums, z. B. Luft, versehen sein. Das Paket 11 aus Leitblechen 1 und Rohren 4 wird allgemein als Wärmeaustauschernetz bezeichnet.

Fig. 2 bis 4 zeigen lediglich einen einzigen Durchzug 2 aufweisenden Abschnitt eines Leitblechs 1. Da die übrigen Durchzüge 2 und Leitbleche 1 entsprechend ausgebildet sind, kann auf deren zusätzliche zeichnerische Darstellung verzichtet werden. Der dargestellte Durchzug 2 besitzt einen längsten Durchmesser von ca. 12,2 mm, einen kleinsten Durchmesser von ca. 3,4 mm und somit ein Durchmesser Verhältnis von ca. 3,6. Für ein Leitblech 1 mit derartigen Durchzügen 2 werden Kragenhöhen H (Fig. 4) von 0,6 mm für erforderlich gehalten. Nach herkömmlicher Technik wird mindestens der Kragen 3 dadurch hergestellt, daß zunächst in einem Vorschnitt eine Öffnung ausgestanzt wird, deren Umrißlinie 12 in Fig. 2 punktiert dargestellt ist. Werden bei dieser Öffnung der kleinste Durchmesser mit d_1 , der größte Durchmesser mit D_1 , der kleinste Radius mit r_1 und der größte Radius mit R_1 und beim fertigen Durchzug

2 die entsprechenden Maße mit d_2 , D_2 , r_2 und R_2 bezeichnet, dann gilt näherungsweise $d_1 = d_2 - 2h$, $D_1 = D_2 - 2H$, $r_1 = r_2 - h$ und $R_1 = R_2 - H$. Beträgt r_2 z. B. 1,1 mm, dann würde sich daraus $r_1 = 1,1 \text{ mm} - 0,6 \text{ mm} = 0,5 \text{ mm}$ ergeben mit der Folge, daß beim Ziehen des Kragens 3 eine Materialdehnung von mehr als 200 % vorgenommen werden müßte.

Im Leitblech 1 wird zunächst eine Öffnung ausgestanzt, deren Kontur in Fig. 2 mit einer gestrichelten Linie 14 bezeichnet ist, die gleichzeitig die äußere Kontur des verwendeten Schnittstempels darstellt. Im Gegensatz zur Linie 12, deren Abstand vom gedachten fertigen Kragen 3 ringsum konstant ist, ist der Abstand der Linie 14 vom gedachten fertigen Kragen 3 im Bereich des kleinsten Radius, d. h. an einer Stelle 15 am kleinsten und im Bereich des größten Radius, d. h. an einer Stelle 16 am größten. Wird daher beim nachfolgenden Tiefziehvorgang ein Ziehstempel mit einer der Innenkontur des Kragens 3 entsprechenden Außenkontur verwendet, dann ergibt sich daraus automatisch, daß die Höhe des Kragens 3 entsprechend Fig. 4 im Bereich des größten Radius und an der Stelle 16 das Maß H erhält, dagegen im Bereich des kleinsten Radius, d. h. an der Stelle 15 ein geringeres Maß h (Fig. 3) aufweisen wird. Zwischen den Stellen 15 und 16 nimmt das Maß h allmählich auf den Wert H zu, wobei in Abhängigkeit vom Einzelfall die Übergangsbereiche mehr oder weniger abrupt verlaufen können. Insbesondere ist es natürlich möglich, das Maß h schneller, als Fig. 2 zeigt, auf das Maß H anwachsen zu lassen, damit der Kragen 3 auf einem möglichst großen Abschnitt seines Umfangs die optimale Höhe H aufweisen kann, bei der die Leistung des mit den Leitblechen 1 ausgerüsteten Wärmeaustauschers am größten ist.

Eine derartige Variante ist in Fig. 5 bis 7 dargestellt. Ein im übrigen entsprechend Fig. 1 bis 4 ausgebildetes Leitblech 21 weist einen Durchzug 22 und einen Kragen 23 auf. Mit einer strichpunktierten Linie 24 ist dargestellt, welche Außenkontur der Schnittstempel des Stanzwerkzeugs bzw. die von ihm hergestellte Stanzöffnung im Leitblech 21 aufweist. An den Stellen 15, 16 entsprechenden Stellen 25, 26 weist der Kragen 23 wiederum eine Höhe mit den Maßen $h = 0,3 \text{ mm}$ bzw. $H = 0,6 \text{ mm}$ auf. Im Gegensatz zu Fig. 2 bis 4 steigt die Kragenhöhe allerdings nur längs kurzer Übergangsbereiche 27 bzw. 28 auf die volle Höhe H.

Die durch die Erfindung erzielten Vorteile im Hinblick auf günstigere Dehnungen beim Tiefziehen der Kragen 3 bzw. 23 lassen sich anhand der Umfangsänderung der an der Kragenbildung beteiligten Materialabschnitte erklären. Bei der herkömmlichen Technik beträgt der kleinste Radius r_1 nach Durchführung des Vorschnitts (Linie 12, Fig. 2) ca. 0,5 mm und der kleinste Radius r_2 nach

Bildung des Kragens 3 ca. 1,1 mm. Für einen halben Kreisumfang ergibt sich daraus beim Übergang von r_1 auf r_2 eine Umfangsänderung von 1,9 mm entsprechend einer Dehnung von ca. 220 %. Bei reduzierter Kragenhöhe im Bereich des kleinsten Radius ($r_1 = 0,8$ mm, $r_2 = 1,1$ mm) beträgt die entsprechende Umfangsänderung nur ca. 0,9 mm entsprechend einer Dehnung von ca. 138 %.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß das Maß h so gewählt werden kann, wie es aus herstellungstechnischen Gründen optimal ist, um Risse in den Kragen 3 zu vermeiden, und das Maß H so gewählt werden kann, wie es im Hinblick auf einen optimalen Wärmeaustausch erforderlich ist. Die dazwischenliegenden Übergangsbereiche können dann im Hinblick auf diese beiden erwünschten Eigenschaften optimiert werden.

Ein weiterer Vorteil, der aus den unterschiedlichen Maßen h und H resultiert, besteht darin, daß die äußere Kontur des zum Stanzen benötigten Schnittstempels, wie Fig. 2 deutlich macht, im Querschnitt größer als bei Anwendung der herkömmlichen Technik ist. Dies wirkt sich günstig auf die Lebensdauer und die Reproduzierbarkeit des Schnittstempels aus.

Beim angegebenen Ausführungsbeispiel ($d_2 = 3,4$ mm, $D_2 = 12,2$ mm) haben sich ein Wert h von 0,3 mm und ein Wert H von 0,6 mm bei einer Kragenkontur entsprechend Fig. 2 bis 4 als bisher am besten erwiesen.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 8 bis 10 ist ein Leitblech 31 mit einem Durchzug 32 und einem Kragen 33 dargestellt, wobei mit einer strichpunktierten Linie angedeutet ist, welche Außenkontur der Schnittstempel bzw. welche Innenkontur die von ihm hergestellte Stanzöffnung nach dem Vorschritt aufweist. An den Stellen 15,16 entsprechenden Stellen 35,36 weist der Kragen 33 im Gegensatz zu Fig. 2 bis 7 jeweils eine größte Höhe H von z.B. 0,6 mm auf. Die kleinste Höhe h von z.B. 0,3 mm liegt hier jeweils an einer Stelle 37, d.h. zwar ebenfalls im Bereich der kleinen Radien bzw. des kleinsten Radius, aber nicht an den zugehörigen Stirnflächen der Kragen, sondern etwas in Richtung der großen Radien versetzt. Zwischen diesen Stellen 37 mit der kleinsten Höhe h und den Stellen 35 bzw. 36 sind wiederum Übergangsbereiche 38 bzw. 39 vorgesehen, längs derer die Höhe allmählich bis auf den Endwert zu- bzw. abnimmt. Die Höhe an den Stellen 35,36 kann gleich, aber auch unterschiedlich sein. Dabei werden die Stellen 37 vorzugsweise dort angeordnet, wo die Kragen 33 bei den im Einzelfall vorliegenden Verhältnissen am stärksten zur Reißbildung neigen.

Fig. 11 bis 13 zeigen eine den Fig. 8 bis 10 ähnliche Ausführungsform mit einem Leitblech 41, einem Durchzug 42 und einem Kragen 43, wobei die beim Vorschritt hergestellte Ausstanzung ent-

lang einer Linie 44 verläuft. Im Unterschied zu Fig. 8 bis 10 sind Übergangsbereiche 48,49 zwischen Stellen 47 mit der kleinsten Höhe h und Stellen 45 und 46 mit größter Höhe H abrupt oder steiler ausgebildet, ähnlich wie dies für die Übergangszonen 27,28 der Ausführungsform nach Fig. 5 bis 7 im Vergleich zu Fig. 2 bis 4 gilt.

Wenn davon ausgegangen wird, daß an der Anströmseite eines Wärmeaustauschrohrs 4 (Fig. 1) die Wärme direkt an die Luft abgeführt wird, auf der Rückseite des Rohrs 3 dagegen dieser Effekt nicht eintritt, kann die Kragenhöhe an der Anströmseite entsprechend Fig. 2 bis 7 und auf der Rückseite entsprechend Fig. 8 bis 13 ausgebildet werden.

Im übrigen ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, die in vielfacher Weise abgewandelt werden können. Dies gilt insbesondere für die im Einzelfall zweckmäßigen Maße h und H und die Kontur der Übergangsbereiche zwischen diesen Maßen entsprechend den Linien 14, 24, 34 bzw. 44 in Fig. 2, 5, 8 bzw. 11. Außerdem kann die Erfindung in gleicher Weise auf Leitbleche und Wärmeaustauschernetze angewendet werden, die im Gegensatz zu Fig. 1 mehr als nur eine Reihe von Rohren 4 aufweisen. Dabei ist in allen Fällen auch eine Höhe $h = 0$ denkbar.

Schließlich ist die Erfindung nicht auf ovale Rohrquerschnitte im streng mathematischen Sinn beschränkt. Unter der Bezeichnung "oval" sind für die Zwecke der Erfindung vielmehr alle solchen Querschnittsformen zu verstehen, die allgemein als oval, elliptisch, eiförmig oder dergleichen oder in dem Sinne als "flachoval" bezeichnet werden, daß sie zwei parallele, gerade Seiten aufweisen, deren Enden durch oval, elliptisch, halbkreisförmig oder dergleichen vorgewölbte Seiten miteinander verbunden sind. Auch bei Rohren mit solchen Querschnittsformen sollen die Rohrabschnitte ein Verhältnis des großen zum kleinen Durchmesser von 2,5:1 bis 8:1 aufweisen.

Patentansprüche

1. Wärmeaustauschernetz mit einer Vielzahl von im Abstand angeordneten Leitblechen (1), die aufeinander ausgerichtete, aus hochgestellten Kragen (3,23,33,43) mit ovalem Querschnitt bestehende Durchzüge (2) aufweisen, und mit einer Vielzahl von in die Durchzüge eingesetzten, ovale Querschnitte aufweisenden Wärmeaustauscherrohren (4), die durch Aufweiten ihres Querschnitts und ohne Anwendung eines zusätzlichen Verbindungsmittels in inniger und mechanisch fester Berührung mit den Kragen gehalten sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre Durchmesserhältnisse von 3 : 1

bis 8 : 1 aufweisen und die Kragen (3,23,33,43) der Leitbleche im Bereich ihrer größeren Radien größere Höhen (\bar{H}) aufweisen, die so gewählt sind, wie es im Hinblick auf einen optimalen Wärmeaustausch erforderlich ist, und im Bereich ihrer kleineren Radien kleinere Höhen (\bar{h}) aufweisen, die so gewählt sind, wie es aus herstellungstechnischen Gründen optimal ist, um Risse in den Kragen (3,23,33,43) zu vermeiden.

2. Wärmeaustauschernetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kragen (3,23) eine von den Bereichen mit ihren kleinsten Radien bis zu den Bereichen mit ihren größten Radien allmählich zunehmende Höhe ($\bar{h} - \bar{H}$) aufweisen.
3. Wärmeaustauschernetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kragen (33,43) im Bereich ihrer kleinsten Radien eine größere Höhe als in daran angrenzenden Bereichen haben.
4. Wärmeaustauschernetz nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhen der Kragen (23,43) längs kurzer Übergangsbereiche (27,28 bzw. 38,39) von ihren kleinsten auf ihre größten Werte ansteigen.

Claims

1. Heat exchanger core with a plurality of fins (1) arranged at an interval and having openings (2) aligned with one another and consisting of raised collars (3, 23, 33, 43) of oval cross-section, and with a plurality of heat exchanger tubes (4) inserted in the openings and having oval cross-sections, the tubes being held in close and mechanically secure contact with the collars by widening their cross-section and without the use of a supplementary connecting means, characterised in that the tubes have diameter ratios of 3 : 1 to 8 : 1 and the collars (3, 23, 33, 43) of the fins have greater heights (\bar{H}) in the region of their greater radii, these heights being chosen as necessary having regard to an optimum exchange of heat, and have heights (\bar{h}) in the region of their smaller radii, these heights being chosen as is optimum for reasons of manufacturing technology in order to avoid cracks in the collars (3, 23, 33, 43).
2. Heat exchanger core according to claim 1, characterised in that the collars (3, 23) have a height ($\bar{h} - \bar{H}$) increasing gradually from the regions with their smallest radii to the regions

with their greatest radii.

3. Heat exchanger core according to claim 1, characterised in that the collars (33, 43) have a greater height in the region of their smallest radii than in regions adjacent thereto.
4. Heat exchanger core according to any one of claims 1 to 3, characterised in that the heights of the collars (23, 43) increase from their smallest to their greatest values along short transitional zones (27, 28 and 38, 39, respectively).

Revendications

1. Réseau d'échange thermique avec une multiplicité de chicanes (1) disposées à distance, qui présentent des parcours (2) alignés les uns sur les autres, et composés de collerettes (3, 23, 33, 43) à bords relevés, de section ovale, et avec une multiplicité de tubes d'échange (4), montés dans les parcours et de section ovale, qui sont maintenus sur les collerettes, en contact étroit et mécaniquement fixe, par élargissement de leur section et sans utilisation d'un élément d'assemblage supplémentaire, caractérisé en ce que les tubes présentent des rapports diamétraux de 3 : 1 à 8 : 1 et en ce que les collerettes (3, 23, 33, 43) des chicanes présentent, dans la zone de leurs rayons supérieurs, des hauteurs supérieures (\bar{H}), choisies de la manière requise pour un échange de chaleur optimal, et présentent dans la zone de leurs rayons inférieurs des hauteurs inférieures (\bar{h}), choisies d'une manière optimale pour des raisons de fabrication, en vue d'éviter des fissures dans les collerettes (3, 23, 33, 43).
2. Réseau d'échange thermique suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les collerettes (3, 23) présentent une hauteur ($\bar{h} - \bar{H}$), qui augmente graduellement des zones de leurs rayons inférieurs jusqu'aux zones de leurs rayons supérieurs.
3. Réseau d'échange thermique suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les collerettes (33, 43) ont une hauteur plus élevée dans la zone de leurs rayons inférieurs que dans les zones limitrophes.
4. Réseau d'échange thermique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les hauteurs des collerettes (23, 43) augmentent, le long de courtes zones de transition (27, 28 et/ou 38, 39), de leurs valeurs

minimales à leurs valeurs maximales.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

6

Fig. 1.

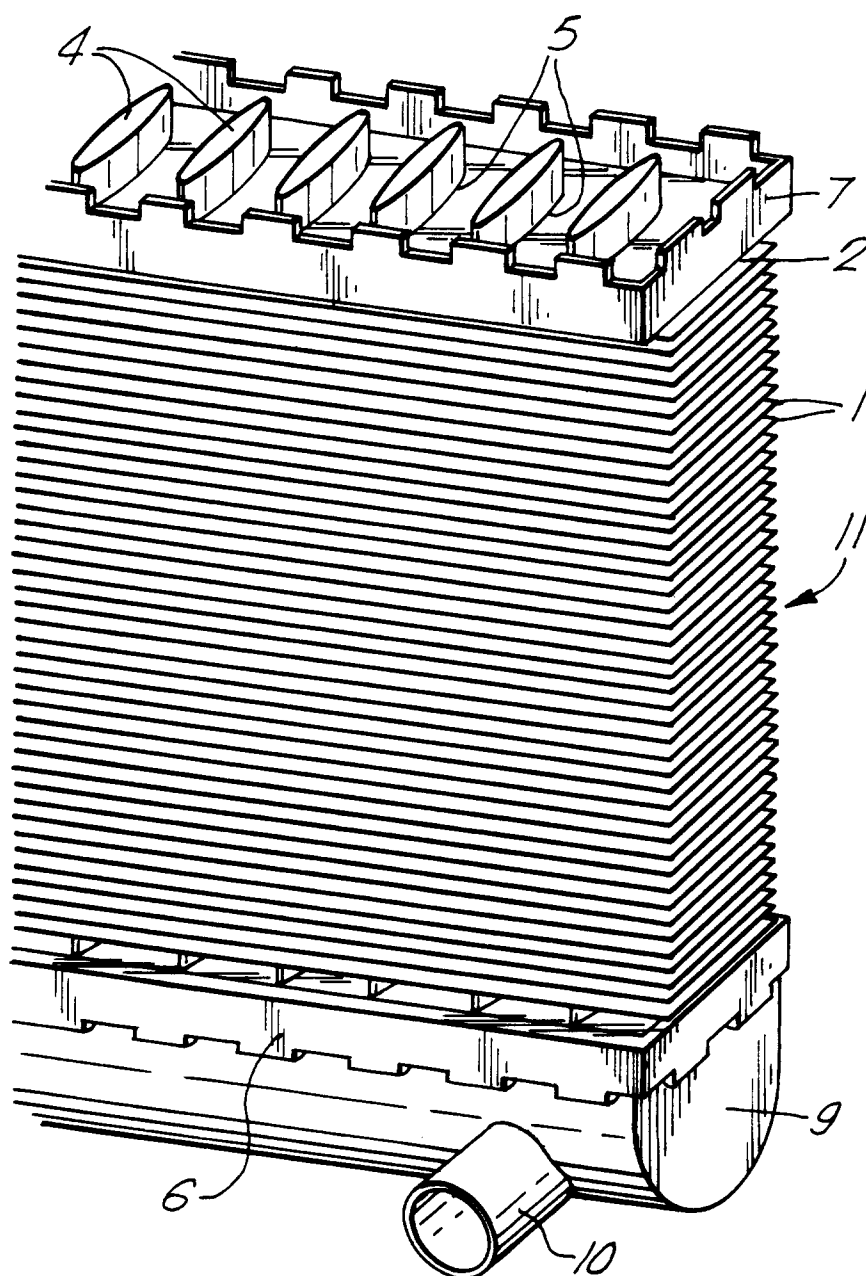


Fig.2.

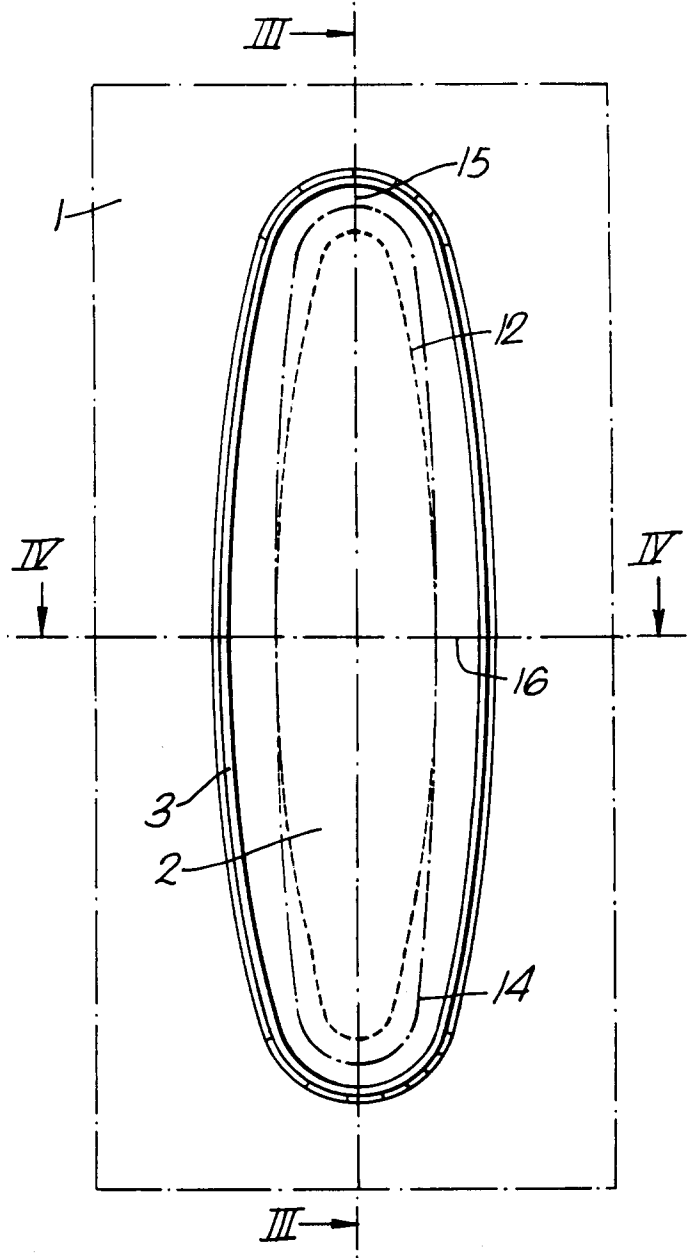


Fig.3.

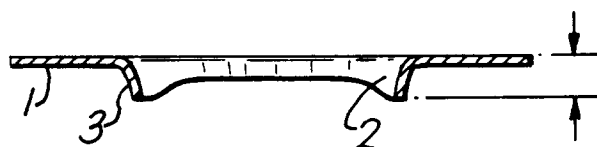
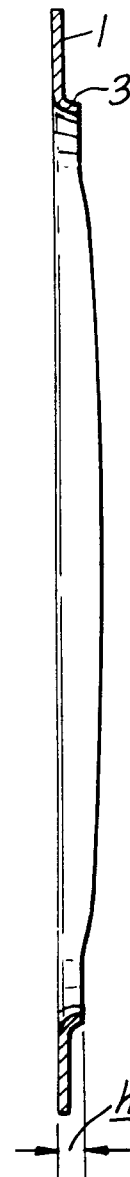


Fig.4.

Fig.5.

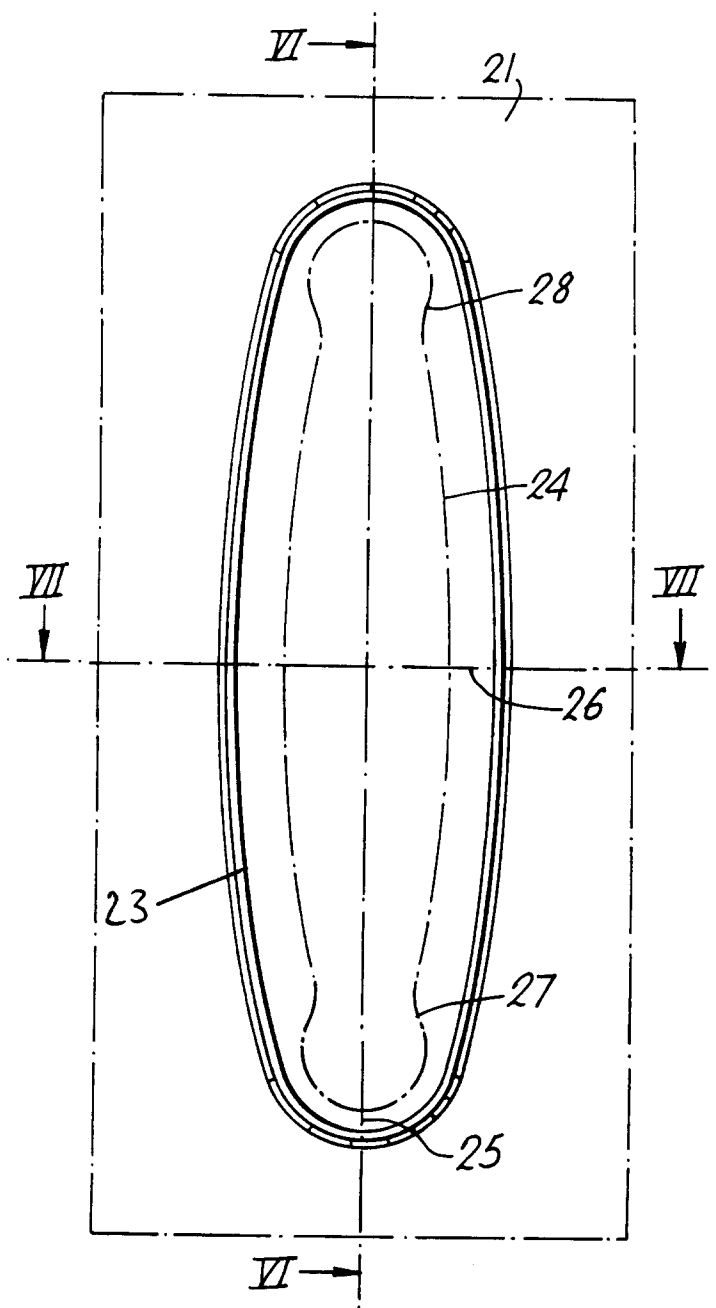


Fig.6.

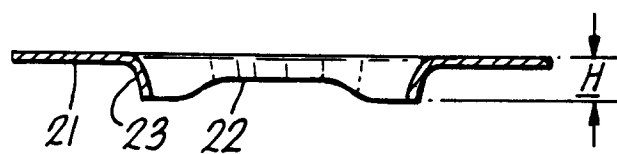
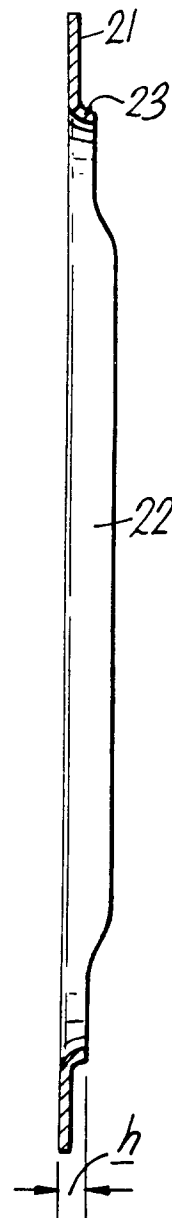


Fig.7.

Fig.8.

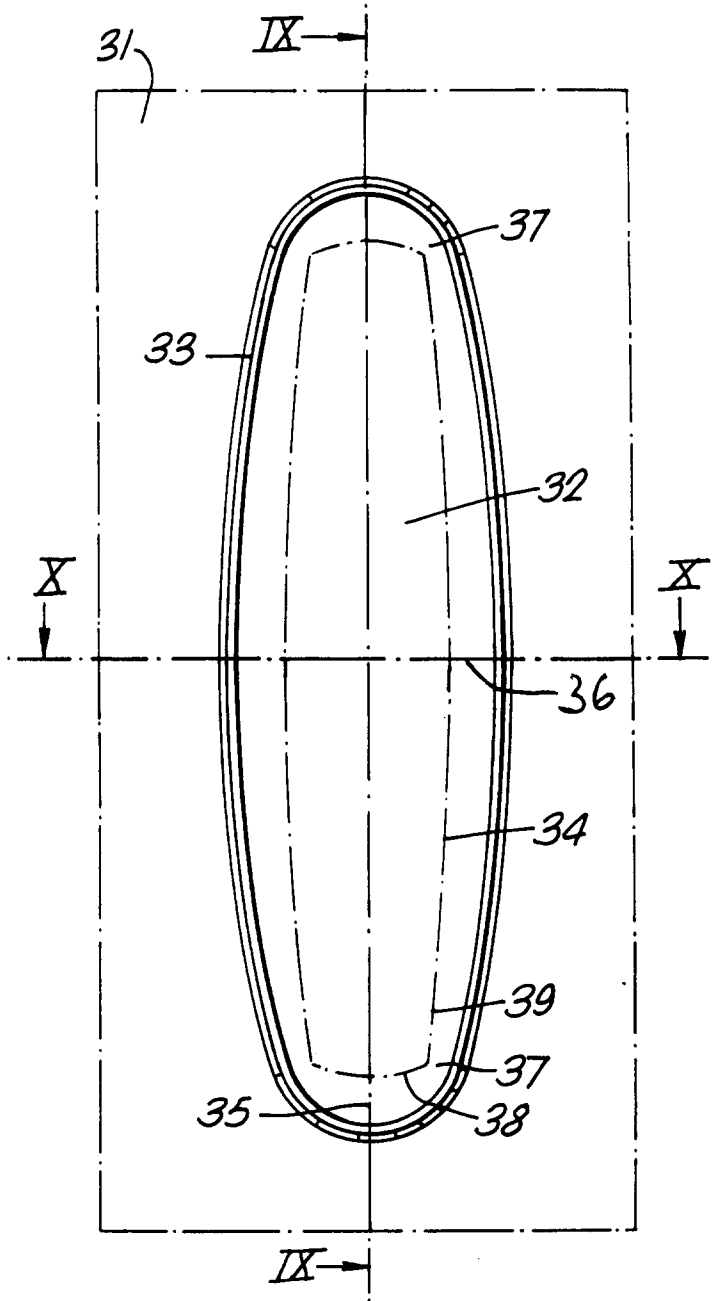


Fig.9.

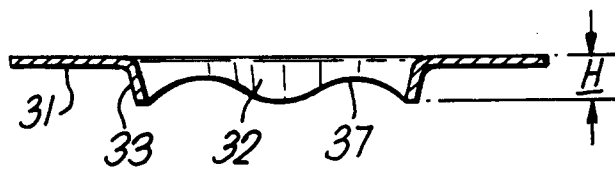
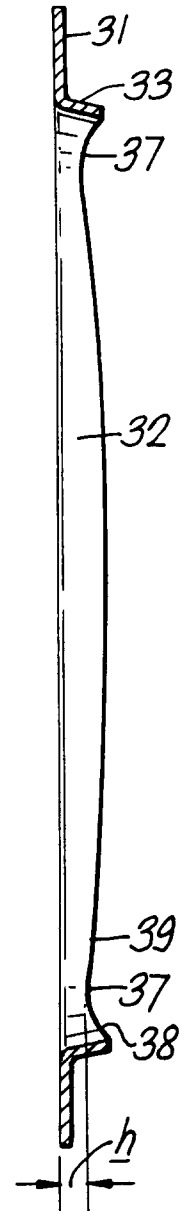


Fig.10.

Fig.11.

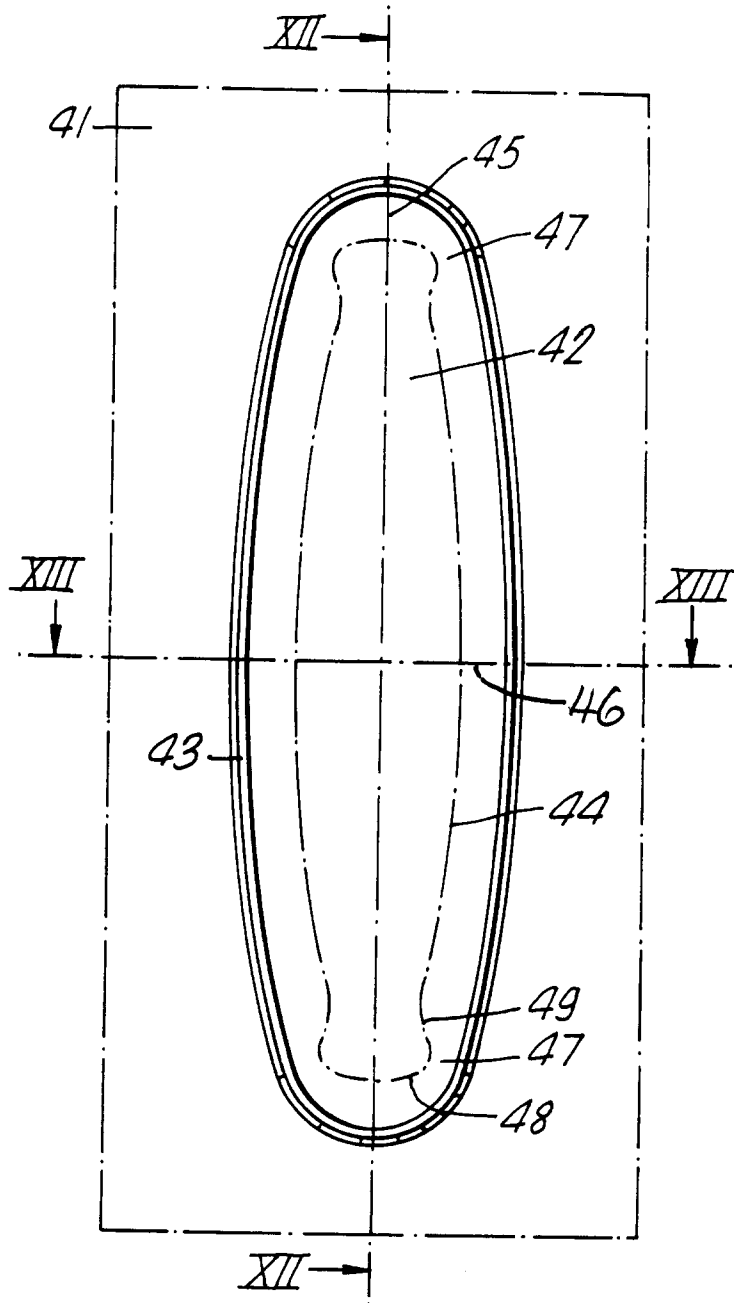


Fig.12.

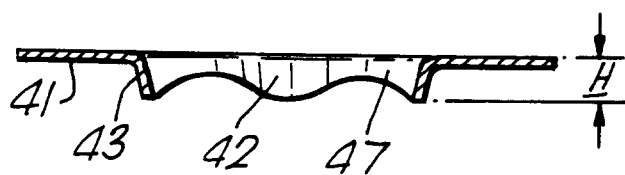
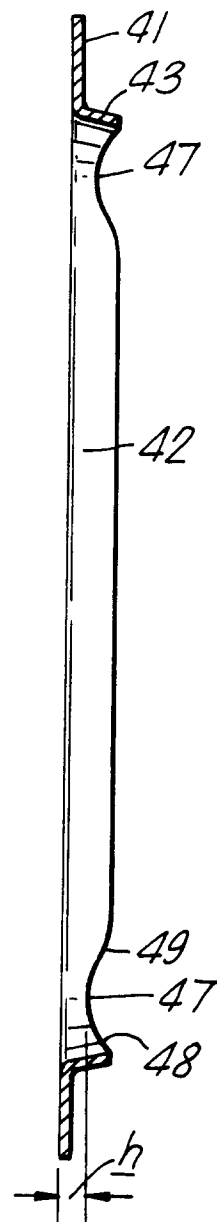


Fig.13.