



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
**18.10.95 Patentblatt 95/42**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup> : **F28F 1/02, F28D 1/053,**  
**F28F 9/18, F28F 9/02**

②① Anmeldenummer : **92109870.3**

②② Anmeldetag : **11.06.92**

⑤④ **Flachrohrwärmetauscher, Herstellungsverfahren desselben, Anwendungen und Flachrohre zum Einbau in den Flachrohrwärmetauscher.**

③⑩ Priorität : **20.06.91 DE 4120442**  
**23.01.92 DE 4201791**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**23.12.92 Patentblatt 92/52**

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung :  
**18.10.95 Patentblatt 95/42**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :  
**DE ES GB**

⑤⑥ Entgegenhaltungen :  
**EP-A- 0 030 072**  
**EP-A- 0 379 701**  
**DE-A- 3 743 293**  
**GB-A- 723 398**

⑤⑥ Entgegenhaltungen :  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no.**  
**146 (M-482)(2203) 28. Mai 1986 & JP-A-61 001**  
**994 (MITSUBISHI JUKOGYO KK) 7. Januar**  
**1986**

⑦③ Patentinhaber : **THERMAL-WERKE Wärme-,**  
**Kälte-, Klimatechnik GmbH**  
**Talhausstrasse 16**  
**Postfach 16 80**  
**D-68759 Hockenheim (DE)**

⑦② Erfinder : **Haussmann, Roland, Dipl.-Ing.**  
**Ruländer Weg 28**  
**W-6908 Wiesloch (DE)**

⑦④ Vertreter : **Dr. Elisabeth Jung Dr. Jürgen**  
**Schirdewahn Dipl.-Ing. Claus Gernhardt**  
**Postfach 40 14 68**  
**D-80714 München (DE)**

**EP 0 519 334 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 bezieht sich auf einen Flachrohrwärmetauscher gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Ein solcher Flachrohrwärmetauscher ist beispielsweise aus der DE-A1-37 20 483 (Fig. 4) bekannt. Die Erfindung betrifft ferner ein Herstellungsverfahren eines solchen Flachrohrwärmetauschers, Anwendungen und Flachrohre zum Einbau in den erfindungsgemäßen Flachrohrwärmetauscher.

Bei solchen bekannten Flachrohrwärmetauschern (vgl. auch die EP-B1-0 255 313 oder die eigene EP-A2 0 374 896 der Anmelderin) sind die Schmalseiten der Flachrohre mit einem Halbkreisbogen gerundet, dessen Radius dem halben Abstand  $d$  der Flachseiten eines Flachrohres, oder anders ausgedrückt der halben Breite  $d$  des Flachrohres, entspricht. Dies ist die meistgebrauchte Schmalseitenausbildung von Flachrohrwärmetauschern, die für verschiedene Anwendungszwecke in Massenfertigung hergestellt werden.

Zickzacklamellen und mit diesen äquivalente Lamellen - im folgenden teilweise auch nur kurz Lamellen genannt - werden sandwichartig in der Folge Flachrohr - (Zickzack-)Lamelle - Flachrohr - (Zickzack-)Lamelle - etc. seitlich nebeneinander geschachtelt. Diese Anordnung ist nicht äquivalent mit dem Einstecken von Rohren in, meist mit Krägen versehene, Lamellen von Lamellenpaketen, wo anders als bei den Flachrohrwärmetauschern der Erfindung die Lamellen bzw. deren Krägen das jeweilige Rohrringsum umgeben (vgl. z.B. GB-A-538 018); die letztgenannte Anordnung ist daher im Rahmen der Erfindung nicht mit in Betracht gezogen.

Daneben ist es noch bekannt, die Schmalseiten der Flachrohre rechteckig, mit abgerundeten Kanten oder dachförmig mit stumpfem Scheitelwinkel des Daches auszubilden. In all diesen Fällen sind die Zickzacklamellen nur mit den Flachseiten benachbarter Flachrohre verlötet, und es besteht dementsprechend das Bestreben, die Erstreckungslänge dieser Flachseiten möglichst groß zu wählen. Es kommt dabei jedoch vor, daß die nur an flachen Flächen verlöteten Lamellen vor dem Verlöten verrutschen. Dies führt neben einer optischen Störung der Oberfläche des Wärmetauschers zu einer vergrößerten realen Bautiefe desselben und darüber hinaus gelegentlich sogar zu Störungen der wärmeleitenden Verbindung zwischen den Flachrohren und den Lamellen.

Darüber hinaus erweisen sich die bekannten Profilierungen der Schmalseiten der Flachrohre als nur bedingt strömungsgünstig bezüglich des die Lamellen durchstreichenden äußeren Wärmetauschfluids, z.B. eines Luftstroms.

Schließlich sind die bekannten Profile der Schmalseiten der Flachrohre gegen Steinschlag bei Anordnung im Motorraum eines Kraftwagens empfindlich.

Der Erfindung liegt daher zunächst die Aufgabe zugrunde, die Verbindungsgüte der Lamellen mit den Flachrohren zu verbessern und dabei Gesichtspunkten der äußeren Strömungsdynamik Rechnung zu tragen, wobei im Falle der Anwendung des Flachrohrwärmetauschers in einem Kraftwagen auch die Steinschlaggefahr gemindert werden soll.

Diese Aufgabe wird bei einem Flachrohrwärmetauscher mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 durch dessen kennzeichnenden Merkmale gelöst.

Indem nach der Erfindung die gerundeten Schmalseiten mit einer langgestreckteren Rundung als bisher versehen werden, wird der  $c_w$ -Wert, d.h. der Widerstandsbeiwert des Wärmetauschers in bezug auf die Strömung des äußeren Wärmetauschmediums, verringert und dadurch der Druckverlust des äußeren Wärmetauschmediums reduziert. Dabei wird bei Einbau in Kraftfahrzeugen zugleich äußerer Steinschlag besser abgeleitet, soweit er nicht unmittelbar den Scheitelbereich der gerundeten Schmalseiten trifft. Darüber hinaus bieten die langgestreckten gerundeten Schmalseiten die Möglichkeit, daß nunmehr die Lamellen nicht nur an den Flachseiten benachbarter Flachrohre anliegen, sondern die Flachrohre auch noch über eine nennenswerte Länge des Profils formschlüssig umgreifen und so gegen ein Verrutschen in Längsrichtung  $L$  des Flachrohrprofils vor dem Verlöten durch Formschluß gesichert sind.

Bei den Flachrohrwärmetauschern, auf welche sich die Erfindung mit ihrem Oberbegriff bezieht, ist die Längserstreckung 1 der halbkreisförmig gerundeten Schmalseite des jeweiligen Flachrohres gleich dem halben Abstand  $d$  der Flachseiten des Flachrohres bzw. gleich deren halber Breite  $d$ . Die anderen erwähnten bekannten Flachrohrwärmetauscher haben sogar noch kleinere Werte 1. Dies ist kein Zufall, weil man bisher eine möglichst lange Verlötungsstrecke längs der Flachseiten des Flachrohrprofils angestrebt hat. Die Erfindung geht bewußt von diesem bisherigen Konstruktionsprinzip aller bekannten Flachrohrwärmetauscher ab zugunsten der erwähnten neuen Wirkungen. Dabei wird darüber hinaus sogar die Verlötungsstrecke der Lamellen längs des Flachrohrprofils noch vergrößert, da erstmalig eine Verlötung auch in Teilbereichen der gerundeten Schmalseiten des Flachrohres erfolgt.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 2 wird der erfindungsgemäße Effekt einer langgestreckten Ausbildung der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre noch wesentlich stärker ausgeprägt.

Es ist möglich, die langgestreckt gerundeten Schmalseiten der Flachrohre mit sich kontinuierlich ändernder Krümmung zu gestalten, beispielsweise längs einer Ellipse. Konstruktiv einfacher und zugleich für die praktischen Bedürfnisse völlig ausreichend ist jedoch eine Zusammensetzung der Krüm-

mung aus Kreisbögen unterschiedlicher Radien. Dabei reicht es im Grenzfall völlig aus, einen ersten Kreisbogen zur Bildung des Scheitels der gerundeten Schmalseite zu verwenden und den Anschluß dieses Kreisbogens durch einen einzigen weiteren Kreisbogen zu beiden Seiten des Scheitels bis in die Flachseiten vorzunehmen. Bei mehr als zwei Kreisbögen mit unterschiedlichem Radius erfolgt dann entsprechend der Übergang vom Scheitel in die Flachseiten über eine Folge von Kreisbögen mit vom Scheitel zu den Flachseiten jeweils zunehmendem Radius.

Rein theoretisch wäre es denkbar, die Lamellen mit den gerundeten Schmalseiten der Flachrohre bis zum Scheitel der Flachrohre zu verlöten und insoweit die Umgreifung der Flachrohre hundertprozentig zu gestalten. Aus materialtechnischen Gründen, nämlich zum Vermeiden eines Reißens von Lamellen bei zu großer Verformung, wird jedoch vorzugsweise die Maßnahme nach Anspruch 4 vorgesehen, die Lamellen mindestens bis an die beiden Tangentialebenen an die Scheitelpunkte der Schmalseiten im nicht mit den Schmalseiten verlöteten Bereich frei weiterzuführen.

Diesen Gedanken der freien Weiterführung kann man dabei nach Anspruch 5 noch steigern, indem die weitergeführten Lamellenbereiche die gerundeten Schmalseiten der Flachrohre mindestens teilweise nach außen hin abdecken und so einen zusätzlichen Beschädigungsschutz, z.B. gegen Steinschlag bei Kraftfahrzeugen, bilden. Würde man nämlich bei den bekannten Flachrohrwärmetauschern die nur an den Flachseiten angelöteten Lamellen über die gedachten Tangentialebenen an die Scheitelpunkte der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre überstehen lassen, so erhielte man dabei rechteckig vorstehende Lamellenkonturen ohne Überdeckung der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre; dabei wären derartig überstehende Lamellen mechanisch instabil, da sie bis zu den verlöteten Bereichen mit den Flachseiten der Flachrohre über eine relativ große Strecke frei hervorstehen. Da bei der erfindungsgemäßen Anordnung eine Verlötung auch mit relativ großen Abschnitten der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre erfolgt, ist die freie Überstandsstrecke demgegenüber weitaus geringer, was wiederum zu relativ größerer mechanischer Stabilität führt.

Anspruch 6 gibt einen konstruktiv besonders einfachen Weg der Schaffung des Überstandes mit gutem Überdeckungsgrad mit einem konstruktiv schon vorhandenen Krümmungsradius an. Dem steht nicht entgegen, daß man die Lehre des Anspruchs 5 auch mit unterschiedlichen Krümmungsgraden, ja gegebenenfalls gar in linearer Fortsetzung hinter dem verlöteten Bereich, erfüllen kann, je nachdem wie die gewünschten Abdeckungsverhältnisse der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre gewählt sind.

Jedenfalls kann man im Rahmen des Anspruchs

5 frei zwischen einer vollständigen oder nahezu vollständigen Überdeckung der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre und verbleibenden zentralen Restspalten wählen.

Bei Flachrohrwärmetauschern der Bauart, auf die sich die Erfindung bezieht, besteht allgemein das Problem, daß in Strömungsrichtung des äußeren Wärmetauschmediums die Bautiefe des Sammlers größer ist als die Länge L des Profils des Flachrohres. Wenn beispielsweise gemäß der EP-B1 0 255 313 der Sammler ein Rundrohr ist, bei dem die Flachrohre in Schlitze dicht verlötet eingeschoben sind, trägt die durch den Sammler bedingte zusätzliche Bautiefe in Strömungsrichtung des äußeren Wärmetauschmediums mindestens das Doppelte der Wandstärke des Rundrohres, in Praxis noch zuzüglich eines etwa eine weitere Wandstärke ausmachenden Einbauspiels. Bei einer Bautiefe von 16 mm im Bereich der Lamellenverrippung der Flachrohre kommt man dabei auf eine minimale Bautiefe im Bereich der Sammler von 19 mm. Die Bautiefe im Bereich der Sammler ist dabei das bestimmende Maß beim Einbau etwa in einen Kraftwagen. Allgemein besteht dabei die Tendenz, dieses Einbaumaß so gering wie möglich zu halten, da davon die Gesamtlänge des Kraftwagens bzw. dessen Motorraums einschließlich des mit dieser Längenproblematik verbundenen Materialverbrauchs beim Kraftfahrzeugbau selbst abhängt. Eine Einsparung von 3 mm Bautiefe im Sammlerbereich führt je nach Fahrzeugtyp zu einer Einsparung von 10 bis 20 kg Fahrzeuggewicht, insbesondere Blech.

Auch wenn man nicht wie im Falle der zuletzt erwähnten EP-B1 0 255 313 integrale Rundrohre benutzt, sondern den Sammler aus zwei (oder mehr) Teilen zusammensetzt, ergibt sich eine vergleichbare Problematik. So ergibt der in dieser Hinsicht auch schon optimierte Sammler gemäß dem eigenen deutschen Gebrauchsmuster G 90 15 090.2 im Sammlerbereich unter Einschluß des Montagespiels auch einen Bautiefenüberstand von drei bis vier Wandstärken des Sammlers.

Diese beiden bekannten Sammlerbauarten verkörpern dabei das Optimum dessen, was man an Bautiefeneinsparung im Sammlerbereich bisher bei Flachrohrwärmetauschern mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 für erreichbar gehalten hat.

Die erfindungsgemäße langgestreckte Gestaltung der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre ermöglicht es nun, im Sinne von Anspruch 7 die in die Schlitze eines Sammlers beliebiger Bauart eingesteckten Enden der Flachrohre durch Verformung in Längsrichtung L des Flachrohrprofils so weit zu verjüngen, daß dabei der sonst auftretende Bautiefenüberstand des Sammlers mindestens teilweise oder ganz kompensiert werden kann, im Grenzfall sogar eine geringere Bautiefe des Sammlers als die Länge L des Flachrohrprofils denkbar ist. Dem entsprechen

die Angaben von Anspruch 10, während die Ansprüche 8 und 9 zwei alternative bevorzugte Verformungsergebnisse beschreiben.

Als Materialien für die Flachrohre, die Lamellen und die Sammler kommen alle in diesem Zusammenhang bekannten Metalle oder Metallsatzstoffe in Frage. So könnte man gegebenenfalls den Sammler beispielsweise auch aus einem Kunststoff herstellen, wenn die Verlötmöglichkeit, oder ein Äquivalent, sichergestellt ist, im Falle des Kunststoffs z.B. eine Kunststoffverschweißung. In erster Linie kommen, wie auch schon beim Stand der Technik, die Materialien gemäß Anspruch 11 in Frage.

Praktisch besonders interessant ist der Fall, daß die Flachrohre Strangpreßprofile sind. Dabei kann man beispielsweise auch innere Versteifungen, wie die bekannten Zwischenstege, bei der Strangpreßfertigung mit gewinnen und so in einem Arbeitsgang das ganze Flachrohr als Massenartikel herstellen. Daneben ist es noch bekannt, Flachrohre mehrteilig mit Einfügung gesonderter Versteifungen zu fertigen.

Insbesondere für den Fall der Herstellung der Flachrohre rohre als Strangpreßprofile, aber auch allgemein, sind die Maßangaben der Ansprüche 14 bis 17 bevorzugt und entsprechen in ihren Größenordnungen auch im Vergleich mit Wettbewerbs-Wärmetauschern nach derzeitigem Stand der Technik optimalen Bedingungen. Entsprechendes gilt bezüglich der Lamellendicke für Anspruch 18.

Anspruch 19 ergibt eine zusätzliche mechanische Verfestigung in Ergänzung zu deren besserer Verlotung an den Flachrohren.

Es ist bisher schon bekannt, Flachrohre, die keine Zwischenversteifung besitzen, nach Einstecken in Schlitze eines Sammlers mechanisch aufzuweiten. Dies ist bei solchen Flachrohren bekannt, die in druckarmen Wasserkühlern oder Heizungswärmetauschern bei Kraftfahrzeugen eingesetzt werden. Damit kann man die Dichtheit der Flachrohre gegen den Sammler und die Sicherheit der Verlotung verbessern.

Die Merkmale des Verfahrensanspruchs 22 übertragen diese Möglichkeit nunmehr auch auf solche erfindungsgemäße Flachrohre, welche zwischen ihren Flachseiten Zwischenversteifungen, insbesondere Querstege, aufweisen. Die entsprechende Verformung der Enden der in die Schlitze eingesteckten Flachrohre läßt sich nämlich besonders gut bei Wärmetauschern mit den Merkmalen der Ansprüche 20 und 21 gemäß der Erfindung vornehmen. Insbesondere ist dabei das Verfahren nach Anspruch 23 vorgesehen, welches zu einem Wärmetauscher mit den Merkmalen von Anspruch 9 führt.

Die erfindungsgemäßen bzw. erfindungsgemäß hergestellten Wärmetauscher finden ihre Hauptanwendungsgebiete als Massenartikel in den Anwendungsfällen der Ansprüche 24 und 25. Daneben kom-

men aber auch andere bekannte Anwendungen, wie beispielsweise als Kühler oder als Verdampfer, in Frage. Wegen der in Frage kommenden Stückzahlen sind auch dabei Anwendungsfälle im Kraftfahrzeugbau bevorzugt, ohne daß Anwendungsbereiche in anderen Anwendungsfeldern, gegebenenfalls auch stationären Anordnungen, ausgeschlossen sein sollen.

Die Erfindung bezieht sich gemäß Anspruch 26 auch auf Flachrohre zum Einbau in einen erfindungsgemäßen Flachrohrwärmetauscher.

Die langgestreckte Ausbildung der gerundeten Schmalseiten der Flachrohre des erfindungsgemäßen Flachrohrwärmetauschers ergibt dann, wenn man gleichartige Flachrohre eng nebeneinander anordnet, relativ stetige Übergangskonturen.

Der Weiterbildungsidee der Ansprüche 26 bis 29 liegt die Aufgabe zugrunde, Flachrohre für den erfindungsgemäßen Flachrohrwärmetauscher in für Massenfertigung geeigneter Weise schnell und einfach herstellen und bereitstellen zu können.

Diese Aufgabe wird bei Flachrohren mit den Merkmalen des Anspruchs 26 gelöst.

Bei einer solchen erfindungsgemäßen verketteten Anordnung der Flachrohre läßt sich eine Vielzahl derselben gleichzeitig und vorzugsweise zunächst mit unbestimmter Länge herstellen. Dabei kommt neben Spritz- und Gießverfahren insbesondere die einheitliche Herstellung im Strangpreßverfahren in Frage, nachdem sich ein Erzeugnis gemäß Anspruch 27 ergibt.

Zur Verkettung der einzelnen Flachrohrelemente zunächst unbestimmter Länge - gegebenenfalls aber auch schon auf eine bestimmte Länge eingestellt, wie etwa bei Herstellung durch Gießen oder Spritzen - reicht es aus, wenn die Materialbrücken die in Anspruch 28 angegebenen geringen Maße hinsichtlich Materialstärke und/oder Länge der jeweiligen Materialbrücken haben. Daraus ergibt sich z.B. die Möglichkeit, die verkettete Anordnung der Flachrohre gemäß Anspruch 29 zwischenzuspeichern und gegebenenfalls zu transportieren, da große Biegeflexibilität an den gelenkartigen Verbindungen an den Materialbrücken zwischen den einzelnen Flachrohren gegeben ist. Auch lassen sich verkettete Flachrohre wesentlich besser und platzsparender aufrollen als einzelne Flachrohre.

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Flachrohrwärmetauscher gemäß der Erfindung in Strömungsrichtung des äußeren Wärmetauschmediums, insbesondere von Luft;

Fig. 2 eine Seitenansicht des Flachrohrwärmetauschers gemäß Fig. 1 in Erstreckungsrichtung der Sammler;

Fig. 3 eine Darstellung des Profils eines Flachrohres, wie es in der Ausführungsform nach den

Fig. 1 und 2 Verwendung findet;  
 Fig. 4 in vergrößerter Darstellung eine Teilansicht von Fig. 3 mit angelöteter Lamelle;  
 Fig. 5 einen vergrößerten Teilschnitt nach der Linie V-V in Fig. 1;  
 Fig. 6 einen vergrößerten Teilschnitt nach der Linie VI-VI in Fig. 1 durch einen Sammler und ein Endstück eines in den Sammler eingesteckten Flachrohres;  
 Fig. 7a in vergrößerter Darstellung einen Profilabschnitt eines Flachrohres unter Einschluß einer gerundeten Schmalseite sowie die  
 Fig. 7b und 7c zwei alternative Stauchungszustände des Flachrohrabschnittes nach Fig. 7a; sowie  
 Fig. 8 einen Querschnitt durch ein einzelnes Glied einer verketteten Anordnung von Flachrohren.

Der Flachrohrwärmetauscher 2 gemäß Fig. 1 weist zwei parallele Sammler 4 auf, welche ohne Beschränkung der Allgemeinheit die Bauart des deutschen Gebrauchsmusters G 90 15 090.2 haben. Die Sammler haben zueinander parallele Rohrböden 6, die in äquidistanten Abständen und bei den beiden Sammlern einander gegenüberliegend mit Schlitzen 8 versehen sind. In diese Schlitze 8 greifen Enden 10 jeweils eines Flachrohres 12 ein. Die Flachrohre 12 sind dabei mit den Sammlern 4 gasdicht und damit auch flüssigkeitsdicht verlötet. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß die zueinander parallelen Flachseiten 14 der Flachrohre 12 in Längsrichtung L des Flachrohrprofils in Strömungsrichtung (Pfeil A) des äußeren Wärmetauschmediums verlaufen. Die Flachrohre 12 sind mit einer Wärmetauschverrippung in Gestalt von Zickzacklamellen 16, oder der sandwichartigen Einbauart Flachrohr - Lamelle - Flachrohr - Lamelle - etc. nach mit solchen Zickzacklamellen äquivalenten anderen Lamellen, versehen, die an ihren den Flachseiten 14 der Flachrohre 12 benachbarten Rändern 18 mit den Flachseiten 14 der Flachrohre 12 verlötet sind.

Der Umfang des jeweiligen Sammlers 4 ist aus zwei Bauteilen 20 und 22 zusammengesetzt, von denen das Bauteil 20 den Rohrboden bildet. Der Rohrboden 20 weist die Schlitze 8 für die Aufnahme der in sie eingesteckten Flachrohrenden 10 auf, von denen im Querschnitt nach Fig. 6 nur eines zu sehen ist. Das zweite Bauteil 22 ergänzt zusammen mit dem ersten Bauteil 20 den Umfang des Sammlers 4. Stirnseitig sind meist gesonderte Kappen am Sammler 4 aufgesteckt; man könnte jedoch auch diese Kappen integral an eines der Bauteile 20 oder 22 anformen. Gesonderte Kappen sind jedoch sinnvoll vorzusehen, wenn in bevorzugter Weise das zweite Bauteil 22 ein Strangpreßprofil ist.

Das erste Bauteil 20 ist zweckmäßig beidseitig hartlotbeschichtet. Das zweite Bauteil 22 ist zweckmäßig lotfrei ausgebildet.

Beide Bauteile 20 und 22 überlappen sich in zwei sich längs des Sammlers 4 erstreckenden Verbindungszonen 24 in drei Lagen, wobei in der Überlappungszone insbesondere eine Hartlotverbindung unter Verwendung der Hartlotbeschichtung des ersten Bauteils 20 vorhanden ist.

Man erkennt aus Fig. 6, daß das Flachrohrende 10 so tief in den Sammler durch den jeweiligen Einsteckschlitz 8 eingesteckt ist, daß noch etwa parallele Wandstege 26 über die innenliegende Stirnseite 28 der Flachrohre 12 hinausragen. Das hat zur Folge, daß auch die beiden Verbindungszonen 24 über den Stirnseiten 28 gelegen sind. Die Wandstege 26 werden jeweils von einer gabelförmigen Ausbildung 30 an den beiden Rändern des zweiten Bauteils 22 umfaßt und bilden im dreilagigen Verbindungsbereich die jeweilige Verbindungszone 24.

Der jeweils innenliegende Arm 32 der gabelförmigen Ausbildung 30 ist bei dieser Anordnung bereits weiter innen als die Schmalseiten der Mündung 28 der Flachrohre 12 angeordnet, so daß die Wandstärke des innenliegenden Arms 32 der gabelförmigen Ausbildung 30 zu der Bautiefe nichts mehr beiträgt, andererseits entsprechend den Festigkeitsverhältnissen ungeschwächt ausgebildet werden kann. Der jeweils außenliegende Arm 34 der gabelförmigen Ausbildung 30 kann dann, wie bereits erwähnt, mit geringerer Wandstärke ausgebildet sein, wie dies auch in Fig. 6 dargestellt ist. Mit dem Grund der gabelförmigen Ausbildung 30 ist dabei der jeweils außenliegende Arm 34 über eine Sollbiegeline in Form einer Längsnut 36 an der Innenseite des außenliegenden Arms 34 am Grund der gabelförmigen Ausbildung 30 zusammenhängend, so daß der außenliegende Arm 34 leicht auswärts gespreizt werden kann. Dies fördert eine an sich angestrebte Klemmverbindung zwischen den beiden Armen 32 und 34 der gabelförmigen Ausbildung 30 einerseits und den Wandstegen 26 andererseits.

Das erste Bauteil 20 wird vorteilhaft mit seinen Schlitzen 8 als Flachteil gefertigt und von vornherein mit der beidseitigen Lotbeschichtung 38 versehen und dann erst aufgewölbt. Anschließend werden zweckmäßig die Flachrohre 12 in die Aufnahmeschlitz 8 eingesteckt und in diesen mechanisch aufgeweitet. Dann wird, wie dies weiter unten noch mehr im einzelnen erläutert ist, das zweite Bauteil 22 mit seinen gabelförmigen Ausbildungen 30 auf die Wandstege 26 des ersten Bauteils 20 aufgeschoben. Schließlich werden die erforderlichen Hartlotverbindungen einerseits in den Verbindungszonen 24 und andererseits zwischen den Flachrohren 12 und den Aufnahmeschlitz 8 in einem Lötoven gebildet.

Der eine Sammler 4 ist mit mindestens einer Trennwand 52 sowie an einer Seite der Trennwand mit einem Einlaß 54 und an der anderen Seite der Trennwand mit einem Auslaß 56 für ein inneres Wärmetauschmedium versehen. Wenn dann der andere

Sammler ohne eine derartige Trennwand ausgebildet ist, fließt das innere Wärmetauschmedium vom Einlaß 54 durch den angeschlossenen Teil des Sammlers und die daran angeschlossenen Flachrohre 12 bis zum gegenüberliegenden Sammler und dann durch die anderen Flachrohre 12 zurück in die andere Abteilung des erstgenannten Sammlers und aus diesem aus dem Auslaß 56 heraus. In bekannter Modifikation kann man auch den erstgenannten Sammler mit mehr als einer Trennwand und den anderen Sammler dann ebenfalls mit mindestens einer Trennwand, im allgemeinen dann einer um eins verminderten Anzahl von Trennwänden, so versehen, daß das innere Wärmetauschmedium mehrfach durch kleinere Gruppen von Flachrohren hin und her zwischen den Sammlern gelenkt wird. Schließlich kann man auch bei Verwendung einer hinreichenden Anzahl von Trennwänden in einem Sammler, der mit Einlaß 54 und Auslaß 56 versehen ist, auf den zweiten Sammler ganz verzichten und diesen gegebenenfalls durch Haarnadelumleitungen ersetzen.

Das Profil der Flachrohre 12 ist aus Fig. 3 in Verbindung mit den Fig. 4 und 5 ersichtlich.

In der Schnittebene der Fig. 3 hat das Profil eine Profillänge L. Das Profil ist dabei spiegelbildlich zur gedachten Längsmittellebene B-B ausgebildet, zu deren beiden Seiten sich parallele Profilwände 40 erstrecken, die außen die beiden zueinander parallelen Flachseiten 14 bilden. Die parallelen Wände 40 sind dabei durch senkrecht zu ihnen stehende Zwischenstege 42 gegeneinander versteift, wobei hier ohne Beschränkung der Allgemeinheit im ganzen vier äquidistante Zwischenstege vorgesehen sind. Die parallelen Wände 40 setzen sich in gerundeten Wänden 44 fort, die in einem Scheitel 46 des Profils enden und gemeinsam gerundete Schmalseiten 50 des Profils ergeben. Die Längserstreckung einer dieser gerundeten Schmalseiten in Richtung des Maßes L hat hier jeweils das Maß 1. Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 schließen die gerundeten Schmalseiten 50 an den am weitesten außenliegenden Zwischensteg 42 an. Dies ergibt sich hier aus der Konstruktion des Bereichs des Scheitels 46 mit einem äußeren Kreisbogen mit dem Radius r1 und jeweils zu beiden Seiten des Scheitels anschließenden Kreisbögen mit einem äußeren Radius r2, der tangential in die Flachseiten 14 einmündet. Bei dieser Konstruktion ergibt sich ein Innenradius r3, welcher bei stranggepreßten Flachrohren aus praktischen Herstellungsgründen nicht kleiner als 0,2 mm gewählt ist. Über die Wandstärke ergibt sich dabei der Radius r1 mit r3 zuzüglich der Wandstärke, hier  $r1 = 0,6$  mm (Wandstärke des Flachrohres 0,4 mm), während  $r2 = 7$  mm gewählt ist.

Die Darstellung von Fig. 3 ist dabei etwa im Verhältnis 1 : 8 maßstabgetreu.

Wie besonders deutlich aus Fig. 3 wird, sind die Lamellen 16 nicht nur mit den Flachseiten 14 der Flachrohre 12, sondern auch noch mit den Bereichen

58 der gerundeten Schmalseiten verlötet, und zwar bei der in Fig. 3 gewählten Konstruktion aus zwei Kreisbögen r1 und r2 längs der gesamten Länge der beiden Kreisbögen mit Radius r2.

Aus den Fig. 4 und 5 ist in Strichelung eine gedachte Tangentialebene C an die nebeneinander liegenden Scheitel 46 benachbarter Flachrohre 12 zu entnehmen. Aus Fig. 3 ersieht man ferner, daß sich die Lamellen 16 zu beiden Seiten der gerundeten Schmalseite 50 in Nachbarschaft des Kreisbogens mit dem Radius r1 mit dem Radius r2 frei weiter erstreckt, und zwar nicht nur bis zur Tangentialebene C, sondern noch über diese hinaus. Dabei bilden die an der Stirnseite des Wärmetauschers geradlinig miteinander fluchtenden Kanten 60 der Lamellen 16 zwischen sich nur noch einen kleinen Spalt 62 gegenüber dem Scheitel 46 des Flachrohres.

Im Anschluß an die Kanten 60 ist die Lamelle 16 mit einer Wellung 64 versehen, die gegenüber der sonst im wesentlichen ebenen Lamellenebene beidseitig vorspringt und den frei von den Flachrohren hervorspringenden Lamellenbereich steift. Dieser Bereich ist sowieso relativ klein, da ja gemäß Fig. 3 die Lamelle bis nahe an ihren Scheitel 46, d.h. im Bereich des ganzen Kreisbogens mit dem Radius r2, verlötet ist.

Gemäß Fig. 6 ist ferner die Länge S des jeweiligen Schlitzes 8 im Sammler 4 kleiner als die Länge L des Profils gemäß Fig. 3 des Flachrohres im Bereich der Verrippung mit den Lamellen 16. Die Enden 10 der Flachrohre können trotzdem in die Schlitz 8 eingesteckt werden, weil sie gegenüber dem sonstigen Profil gemäß Fig. 3 der Flachrohre 12 eingezogen sind. Die Enden 10 der Flachrohre 12 gehen dabei über eine außerhalb des Sammlers gelegene Übergangszone 66 in das normale Profil der Flachrohre gemäß Fig. 3 über.

Die Möglichkeit der Einziehung der Enden 10 der Flachrohre beruht auf der gewählten Gestalt der gerundeten Schmalseiten 50 der Flachrohrprofile. Wenn diese in Längsrichtung ihres Profilquerschnittes gemäß Fig. 7b oder Fig. 7c gestaucht werden - was in praktisch verwertbarer Weise nur aufgrund der relativ langgestreckten Gestalt der gerundeten Schmalseiten 50 der Profile möglich ist -, erhalten die Rohrenden 10 eine verkleinerte wirksame Länge, die ein Einstecken in die Schlitz 8 ermöglicht.

Die Fig. 7b und 7c veranschaulichen dabei zwei bevorzugte Möglichkeiten dieser Längsstauchung der Profile. Nach Fig. 7b erfolgt die Verformung unter Rohrstauchung an den gerundeten Schmalseiten 50 in Längsrichtung der Flachrohrprofile unter Beibehaltung der Länge der neutralen Faser 68 (strichpunktiert eingezeichnet). Nach Fig. 7c erfolgt demgegenüber die Verformung unter Rohrstauchung an den gerundeten Schmalseiten 50 in Längsrichtung der Flachrohrprofile bei gleichzeitiger Stauchung der Materialwandstärke, so daß die strichpunktiert einge-

zeichnete neutrale Faser sich verkürzt. Man erkennt dabei eine Materialansammlung insbesondere in den Eckbereichen der Stirnseiten des gestauchten Profils, wie dies etwa an einer Ecke mit dem Bezugszeichen 70 angedeutet ist. Diese Stauchungsart kann dabei so weit gehen, daß sich im Scheitelbereich des gestauchten gerundeten Abschnitts 50 eine zentrale Falte 72 bildet. Wenn man dann den nächstkommen- den Zwischensteg 42 freischneidet, wie dies durch den gestrichelt eingezeichneten Einschnitt 74 in Fig. 7c dargestellt ist, kann man das in den Schlitz 8 eingreifende Ende 10 des Flachrohres durch einen Aufweitdorn gegen den in Fig. 7c gestrichelt eingezeichneten Rand des Schlitzes 8 aufweiten und dabei die zunächst gebildete Falte 72 wieder strecken und dabei in gerade Anlage an die Schmalseite des Randes des Schlitzes bringen. Die Länge der zunächst gebildeten Falte kann dabei nutzbar gemacht werden, um beim Aufweiten die sonst besonders kritischen Eckbereiche des Schlitzes zu füllen. Diese Art der Aufweittechnik setzt dabei eine zweiteilige Ausbildung des Sammlers aus den beiden Bauteilen 20 und 22 voraus, wobei dann das deckelartige Bauteil 22 nach dem Aufweiten auf das den Rohrboden bildende Bauteil 20 aufgesetzt wird.

Auch im Außenbereich ist die Schmalseite des Flachrohres bezüglich der Güte der Verlötung kritisch. Der Übergangsbereich 66 in das eingezogene Ende 10 bildet dabei mit dem Rohrboden 20 einen relativ spitzwinkligen Winkel, der zur Lotaufnahme besonders geeignet ist. Der Übergangsbereich 66 kann außerdem als toleranzausgleichender Anschlag zu einem formschlüssigen Einführen der Rohrenden 10 in die Schlitz 8 des Sammlers 4 dienen.

Gemäß Fig. 8 werden zunächst mehrere Flachrohre 12, z.B. beim Strangpressen, in einer Ebene nebeneinander angeordnet und miteinander an den Scheiteln 46 ihrer gerundeten Schmalseiten 50 jeweils durch eine Materialbrücke 80 miteinander verkettet, von der in Fig. 8 nur die nach Vereinzelung durch Durchtrennen der Materialbrücken verbliebenen Brückenreste dargestellt sind. Die jeweilige Materialbrücke 80 hat eine geringe Materialstärke und eine geringe Länge in der Erstreckungsebene der Flachrohre 12. Die Maße sind dabei abgesehen von der gewünschten Funktion der verketteten Anordnung der Flachrohre 12 so gewählt, daß die ganze verkettete Anordnung als integrales Strangpreßprofil unbestimmter Länge hergestellt werden kann. Dies betrifft insbesondere die Mindestmaße der Materialbrücken 80. Die Maximalstärke der Materialbrücke 80 ist dabei so gewählt, daß an der Trennlinie ein Abreißen, Abdrücken, Abscheren, Abschneiden oder dergleichen bekannter Trennvorgang stattfinden kann. Funktionell ist weiter bei der Bemessung folgendes zu berücksichtigen:

Zum einen soll die verkettete Anordnung der Flachrohre 12 mit zunächst noch unbestimmter Län-

ge als integrales Strangpreßteil auf einem Kern aufgewickelt werden können, um es zwischenlagern und gegebenenfalls transportieren zu können.

Zum anderen sollen, wie dargestellt, nur geringe Reste vom Material der Materialbrücken 80 verbleiben, wenn man jeweils ein Paar benachbarter Flachrohre 12 längs einer einzigen Trennlinie 82 voneinander abtrennt.

Mit 58 sind noch diejenigen Abschnitte bezeichnet, an denen bei dem erfindungsgemäßen Flachrohrwärmetauscher die Verlötung mit den nicht dargestellten Lamellen des ebenfalls nicht dargestellten Flachrohrwärmetauschers erfolgt. Auch die Längserstreckung 1 der jeweiligen gerundeten Schmalseite 50 des jeweiligen Flachrohres 12 sowie der Abstand d der Flachseiten 14 des jeweiligen Flachrohres 12 entsprechen den Angaben bei der Beschreibung des erfindungsgemäßen Flachrohrwärmetauschers. Die Erstreckungsrichtung der Materialbrücken 80 ist dabei sinngemäß in Richtung der Längserstreckung 1 zu verstehen.

#### Patentansprüche

1. Flachrohrwärmetauscher (2) mit mehreren Flachrohren (12), deren Schmalseiten (50) gerundet sind, und mit zwischen den Flachseiten (14) der Flachrohre (12) sandwichartig eingeschachtelten Zickzacklamellen (16), die an ihren den Flachseiten benachbartern Rändern (18) mit den Flachseiten der Flachrohre verlötet sind, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Länge des gerundeten Teils des jeweiligen Flachrohres (12) in Richtung seiner Querschnittslänge (L) größer ist als die halbe Breite (d) des Flachrohres (12) und daß die Zickzacklamellen (16) auch mit Abschnitten (58) beider gerundeten Schmalseiten (50) des Flachrohres (12) verlötet sind.
2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des gerundeten Teils des jeweiligen Flachrohres (12) in Richtung seiner Querschnittslänge (L) größer ist als die Breite (d) des Flachrohres (12).
3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rundung der Schmalseite (50) aus Kreisbögen verschiedener Radien, vorzugsweise Kreisbögen mit zwei verschiedenen Radien ( $r_1, r_2$ ), zusammengesetzt ist, wobei ein Kreisbogen mit minimalem Radius ( $r_1$ ) den Scheitel (46) der Schmalseite (50) bildet und Kreisbögen jeweils zunehmenden Radius ( $r_2$ ) beidseitig anschließen.
4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis

- 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zickzacklamellen (16) sich von den mit den gerundeten Schmalseiten (50) verlöteten Bereichen (58) frei mindestens bis an die beiden gedachten Tangentialebenen (C) an die Scheitelpunkte (16) der gerundeten Schmalseiten erstrecken.
5. Wärmetauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zickzacklamellen (16) mindestens an einer Schmalseite (50) der Flachrohre (12) über die betreffende gedachte Tangentialebene (C) überstehen.
6. Wärmetauscher nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der sich frei erstreckende Bereich der Zickzacklamelle (16) dem letzten Krümmungsradius ( $r_2$ ) im mit der gerundeten Schmalseite (50) verlöteten Bereich (58) folgt.
7. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit mindestens einem Sammler (4) mit Schlitzen (8), in die benachbarte Enden (10) der Flachrohre (12) unter dichter Verlötung eingesteckt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitze (8) jeweils eine geringere Länge (S) als die Flachrohre (12 % Länge L) zwischen den Scheitelpunkten (46) ihrer gerundeten Schmalseiten (50) innerhalb ihrer Verrippung mit den Zickzacklamellen (16) haben und daß längs der Eingriffsstrecken der Enden (10) der Flachrohre (12) in dem Sammler (4) die im Bereich der Verrippung gerundeten Schmalseiten (50) der Flachrohre (12) derart verformt sind, daß die Flachrohre (12) jeweils eine der Schlitzlänge (S) entsprechende verringerte Länge haben.
8. Wärmetauscher nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformung eine Rohrstauchung an den gerundeten Schmalseiten (50) in Längsrichtung der Flachrohrprofile unter Beibehaltung der Länge der neutralen Faser (68) darstellt (Fig. 7b).
9. Wärmetauscher nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformung eine Rohrstauchung an den gerundeten Schmalseiten (50) in Längsrichtung der Flachrohrprofile bei gleichzeitiger Stauchung der Materialwandstärke darstellt, so daß sich die neutrale Faser (68) verkürzt (Fig. 7c).
10. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Bautiefe des Sammlers in Strömungsrichtung (A) des äußeren Wärmetauschmediums längs der Zickzacklamellen (16) höchstens um ein geringeres Maß als die doppelte seitliche Wandstärke des Sammlers (4) größer ist als die Bautiefe der Flachrohre (12) im Bereich deren Verrippung.
11. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachrohre (12), die Zickzacklamellen (16) und/oder der jeweilige Sammler (4) aus Al oder einer Al-Legierung, vorzugsweise AlMn1, bestehen.
12. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachrohre (12) Strangpreßprofile sind.
13. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke der Flachrohre (12) im Bereich von 0,2 bis 0,6 mm liegt.
14. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachrohre (12) im Bereich ihrer Verrippung eine Querschnittslänge L von 12 bis 25 mm, vorzugsweise 15 bis 20 mm, haben.
15. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß beide gerundeten Schmalseiten (50) der Flachrohre (12) zusammen 40 bis 50 % von deren Querschnittslänge L ausmachen.
16. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand d der Flachseiten (14) des jeweiligen Flachrohres (12) 2 bis 4 mm beträgt.
17. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß am Scheitelpunkt (46) der gerundeten Schmalseite des jeweiligen stranggepreßten Flachrohres (12) der Innenradius mindestens 0,2 mm und der Außenradius mindestens 0,6 mm beträgt.
18. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Zickzacklamellendicke 0,12 bis 0,2 mm beträgt.
19. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die freien Ränder der Zickzacklamellen (16) eine aus der sonstigen Zickzacklamellenebene beidseitig herausragende Wellung (64) aufweisen.
20. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachrohre (12) mit Zwischenversteifungen (Querstege 42) zwischen ihren Flachseiten (14) ausgebildet sind.
21. Wärmetauscher nach Anspruch 20, dadurch ge-



kennzeichnet, daß die Zwischenversteifungen Querstege (42) sind, vorzugsweise in gegenseitigem Abstandsmaß von 1 bis 2 d.

22. Verfahren zum Herstellen eines Flachrohrwärmetauschers (12) nach Anspruch 20 oder 21, wobei zunächst die Enden (10) der Flachrohre (12), die eine Zwischenversteifung zwischen ihren Flachseiten aufweisen, in Schlitze (8) eines Sammlers (4) eingesteckt werden, dann die Enden (10) der Flachrohre (12) von ihrer Zwischenversteifung (42) freigeschnitten werden, danach die freigeschnittenen Enden gegen den Schlitzumfang des Sammlers (4) aufgeweitet werden und schließlich die aufgeweiteten Enden (10) der Flachrohre (12) mit dem Sammler (4) durch Erhitzen einer als Bindemittel dienenden Lotbeschichtung des Sammlers (4, 20) dicht verbunden werden.
23. Verfahren nach Anspruch 22 zum Herstellen eines Wärmetauschers nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst die gerundeten Schmalseiten (50) der in den Sammler (4) eingreifenden Enden (10) der Flachrohre (12) so weit gestaucht werden, daß sich im Scheitelbereich (46) des gestauchten gerundeten Abschnittes (50) eine zentrale Falte (72) bildet und daß dann die Aufweitung gegen den Schlitzumfang des Sammlers unter Streckung der zentralen Falte (72) vorgenommen wird.
24. Anwendung eines Wärmetauschers nach einem der Ansprüche 1 bis 21 oder eines nach dem Verfahren der Ansprüche 22 oder 23 hergestellten Wärmetauschers (2) als Verflüssiger einer Fahrzeuklimaanlage.
25. Anwendung eines Wärmetauschers nach einem der Ansprüche 1 bis 21 oder eines nach dem Verfahren der Ansprüche 22 oder 23 hergestellten Wärmetauschers (2) als Motor-, Getriebe- oder Hydraulik-Ölkühler eines Kraftfahrzeugs.
26. Flachrohre zum Einbau in einen Flachrohrwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1-21, wobei die Schmalseiten (50) der Flachrohre gerundet sind und die Länge des gerundeten Teiles der Flachrohre (12) in Richtung seiner Querschnittslänge (L) größer ist als die halbe Breite (d) der Flachrohre (12), dadurch **gekennzeichnet**, daß die Flachrohre (12), die aus gleichem Material bestehen, über Materialbrücken (80) aus ihrem Material an den Scheiteln (46) ihrer gerundeten Schmalseiten (50) miteinander verkettet sind.

27. Flachrohre nach Anspruch 26, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die miteinander über die Materialbrücken (80) verketteten Flachrohre ein integrales Strangpreßprofil bilden.

28. Flachrohre nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialbrücken (80) eine Materialdicke von 0,05 bis 0,3 mm, vorzugsweise von 0,15 mm, und/oder eine Länge von 0,05 bis 0,3 mm, vorzugsweise von 0,2 mm, haben.
29. Flachrohre nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß sie auf einem Kern in miteinander verketteter Anordnung aufgewickelt sind.

### Claims

1. Flat tube heat exchanger (2) having a plurality of flat tubes (12) whose narrow sides (50) are curved and having zigzag fins (16) nested in sandwich like manner between the flat sides (14) of the flat tubes (12), the zigzag fins (16) being, at their edges (18) which adjoin the flat sides, soldered to the flat sides of the flat tubes, characterised in that, the length of the curved part of the respective flat tube (12) in the direction of its cross sectional length (L) is greater than half the width (d) of the flat tube (12) and the zigzag fins (16) are soldered also to sections (58) of both curved narrow sides (50) of the flat tube (12).
2. Heat exchanger according to claim 1, characterised in that the length of the curved part of the respective flat tube (12) in the direction of its cross sectional length (L) is greater than the width (d) of the flat tube (12).
3. Heat exchanger according to claim 1 or 2, characterised in that the curvature of the narrow side (50) is composed of circular arcs of different radii, preferably circular arcs of two different radii ( $r_1, r_2$ ), a circular arc of minimum radius ( $r_1$ ) forming the apex (46) of the narrow side (50) adjoined on both sides by circular arcs each of increased radius ( $r_2$ ).
4. Heat exchanger according to one of claims 1 to 3, characterised in that the zigzag fins (16) extend freely, from the regions (58) that are soldered to the curved narrow sides (50), to at least the two imaginary tangential planes (C) at the apex points (16) of the curved narrow sides (50).
5. Heat exchanger according to claim 4, character-

- ised in that the zigzag fins (16) project beyond the relevant imaginary tangential plane (C) at at least one narrow side (50) of the flat tubes (12).
6. Heat exchanger according to claim 4 or 5, characterised in that the freely extending region of the zigzag fin (16) follows the last radius of curvature ( $r_2$ ) in the region (58) which is soldered to the narrow side (50).
7. Heat exchanger according to one of claims 1 to 6, having at least one header (4) with slots (8) in which adjoining ends (10) of the flat tubes (12) are inserted and sealingly soldered, characterised in that the respective slots (8) are of lesser length (S) than the flat tubes (12 % of length L) between the apex points (46) of their curved narrow sides (50) within their ribbing with the zigzag fins (16), and that the narrow sides (50) of the flat tubes (12) which are curved in the region of the ribbing, are so deformed along the extent of the engagement of the ends (10) of the flat tubes (12) in the header (4), that the respective flat tubes (12) are of a length reduced to correspond to that of the slot length (S).
8. Heat exchanger according to claim 7, characterised in that the deformation represents upsetting of the tube at the curved narrow sides (50), in the longitudinal direction of the flat tube profile, while retaining the length of the neutral axis (68) (Fig. 7b).
9. Heat exchanger according to claim 7, characterised in that the deformation represents upsetting of the tube at the curved narrow sides (50), in the longitudinal direction of the flat tube profile, with simultaneous upsetting of the material wall thickness, so that the neutral axis (68) is shortened (Fig. 7c).
10. Heat exchanger according to one of claims 7 to 9, characterised in that the depth of construction of the header in the flow direction (A) of the external heat exchange medium along the zigzag fins 16, at most exceeds the depth of construction of the flat tubes (12) in the region of their ribbing, by an extent which is less than twice the lateral wall thickness of the header (4).
11. Heat exchanger according to one of claims 1 to 10, characterised in that the flat tubes (12), the zigzag fins (16) and/or the respective header (4) consist of Al or an Al alloy, preferably AlMn1.
12. Heat exchanger according to one of claims 1 to 11, characterised in that the flat tubes (12) are extruded sections.
13. Heat exchanger according to one of claims 1 to 12, characterised in that the wall thickness of the flat tubes (12) is within the range of 0.2 to 0.6 mm.
14. Heat exchanger according to one of claims 1 to 13, characterised in that the flat tubes (12), in the region of their ribbing, have a cross sectional length L of 12 to 25 mm, preferably 15 to 20 mm.
15. Heat exchanger according to one of claims 1 to 14, characterised in that the two curved narrow sides (50) of the flat tubes (12) together amount to 40 to 50% of the cross sectional length L of the latter.
16. Heat exchanger according to one of claims 1 to 15, characterised in that the spacing d between the flat sides (14) of the respective flat tube (12) is 2 to 4 mm.
17. Heat exchanger according to one of claims 12 to 16, characterised in that, at the apex point (46) of the curved narrow side of the respective upset flat tube (12), the inner radius amounts to at least 0.2 mm and the outer radius to at least 0.6 mm.
18. Heat exchanger according to one of claims 1 to 17, characterised in that the zigzag fin thickness amounts to 0.12 to 0.2 mm.
19. Heat exchanger according to one of claims 1 to 18, characterised in that the free edges of the zigzag fins (16) have an undulation (64) projecting to both sides of the usual zigzag fin plane.
20. Heat exchanger according to one of claims 1 to 19, characterised in that the flat tubes (12) are formed with intermediate reinforcements (cross walls 42) between their flat sides (14).
21. Heat exchanger according to claim 20, characterised in that the intermediate reinforcements are cross walls (42), preferably spaced apart by a distance of 1 to 2 d.
22. Process for the manufacture of a flat tube heat exchanger (12) according to claim 20 or 21, in which initially the ends (10) of the flat tubes (12) are inserted in slots (8) of a header (4), the flat tubes (12) having intermediate reinforcements between their flat sides, then the ends (10) of the flat tubes (12) are cut free of their intermediate reinforcement (42), subsequently the cut free ends are expanded against the slot periphery of the header (4), and finally the expanded ends (10) of the flat tubes (12) are sealingly connected with the header (4) by heating of a coating of solder of the header (4, 20) serving as bonding

means.

23. Process according to claim 22 for the manufacture of a heat exchanger according to claim 9, characterised in that initially the curved narrow sides (50) of the ends (10) of the flat tubes (12) engaging in the header (4) are upset to such extent that in the apex region (46) of the upset curved section (50) a central crease (72) is formed, and that then the expansion against the slot periphery of the header proceeds with stretching of the central crease (72). 5 10
24. Use of a heat exchanger according to one of claims 1 to 21 or of a heat exchanger (2) manufactured by the process according to claims 22 or 23, as condenser of a vehicle air conditioning system. 15
25. Use of a heat exchanger according to one of claims 1 to 21 or of a heat exchanger (2) manufactured by the process according to claims 22 or 23, as cooler for the engine, transmission or hydraulic fluid of a motor vehicle. 20 25
26. Flat tubes for incorporation in a flat tube heat exchanger according to one of claims 1 to 21, the narrow sides (50) of the flat tubes being curved, and the length of the curved part of the flat tube (12) in the direction of its cross sectional length (L) being greater than half the width (d) of the flat tubes, characterised in that the flat tubes (12), which consist of the same material, are linked to each other at the apexes (46) of their curved narrow sides (50) by material bridges (80) of their own material. 30 35
27. Flat tubes according to claim 26, characterised in that the flat tubes linked to each other by the material bridges (80) form an integral extruded section. 40
28. Flat tubes according to claim 26 or 27, characterised in that the material bridges (80) have a material thickness of 0.05 to 0.3 mm, preferably 0.15 mm, and/or a length of 0.05 to 0.3 mm, preferably 0.2 mm. 45
29. Flat tubes according to one of claims 26 to 28, characterised in that they are wound onto a core in the mutually linked state. 50

#### Revendications

1. Echangeur de chaleur à tube plat (2) avec une pluralité de tube plat (12), dont les côtés étroits (50) sont arrondis et avec des lamelles en zigzag

(16) imbriquées en sandwich entre les côtés plats (16) des tubes plats (12) et brasées, sur leurs bords (18) voisins des côtés plats, avec les côtés plats des tubes plats,

caractérisé en ce que la longueur de la partie arrondie de chaque tube plat (12), observée dans la direction de la longueur de sa section transversale (L), est supérieure à la demi largeur (d) du tube plat (12) et en ce que les lamelles en zigzag (16) sont également brasées à des sections (58) des deux côtés plats (50) arrondis du tube plat (12).

2. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la longueur de la partie arrondie de chaque tube plat (12), observée dans la direction de sa longueur (L) de section transversale, est supérieure à la largeur (d) du tube plat (12).

3. Echangeur de chaleur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'arrondi du côté étroit (50) est composé d'arcs de cercle de différents rayons, de préférence d'arcs de cercle avec deux rayons (r1, r2) différents, un arc de cercle de rayon (r1) minimal constituant le sommet (46) du côté étroit (50) et des arcs de cercle de rayon (r2), allant chaque fois en augmentant, s'y raccordant des deux côtés.

4. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les lamelles en zigzag (16) s'étendent, des zones (58) brasées aux côtés étroits arrondis, librement, au moins jusqu'au deux plans tangentiels (C) imaginaires, au point sommet (16) des côtés étroits arrondis.

5. Echangeur de chaleur selon la revendication 4, caractérisé en ce que les lamelles en zigzag (16) font saillie au moins sur un côté étroit (50) des tubes plats (12) sur le plan tangentiel (C) imaginaire concerné.

6. Echangeur de chaleur selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que la zone s'étendant librement de la lamelle en zigzag (16) suit le dernier rayon de courbure (r2) dans la zone (58) brasée au côté étroit (50) arrondi.

7. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 6, avec au moins un collecteur (4) doté de fentes (8), dans lesquelles les extrémités (10) voisine des tubes plats (12) sont enfichées, avec un brasage dense, caractérisé en ce que les fentes (8) ont chacune une longueur (S) inférieure à celle du tube plat (12 % de la longueur L) entre les points sommets (46) de leurs côtés étroits (50) arrondis, à l'intérieur de leur ailetage avec

- les lamelles en zigzag (16), et en ce que, le long de la distance d'emprise des extrémités (10) des tubes plats (12) dans le collecteur (4), les côtés étroits (50), arrondis dans la zone de l'ailetage, des tubes plats (12) sont formés de façon que les tubes plats (12) aient chacun une longueur diminuée, de manière correspondant à la longueur de fente (S).
8. Echangeur de chaleur selon la revendication 7, caractérisé en ce que la déformation constitue un refoulement du tube sur les côtés étroits (50) arrondis, dans la direction longitudinale des profilés de tube plat, en conservant la longueur de la fibre neutre (68) (figure 7b).
9. Echangeur de chaleur selon la revendication 7, caractérisé en ce que la déformation constitue un refoulement du tube sur les côtés étroits (50) arrondis, dans la direction longitudinale des profilés de tube plat, tout en simultanément refoulant l'épaisseur de paroi de matière, de sorte que la longueur de la fibre neutre (68) est raccourcie (figure 7c).
10. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que la profondeur de construction du collecteur, dans la direction d'écoulement (A) du milieu extérieur d'échange de chaleur, le long des lamelles en zigzag (16), est supérieure, au maximum d'une valeur inférieure au double de l'épaisseur de la paroi latérale du tube plat (12) dans la zone de son ailetage.
11. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les tubes plats (12), les lamelles en zigzag (16) et/ou le collecteur (4) respectif sont en Al ou en alliage d'Al, de préférence en AlMn1.
12. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les tubes plats (12) sont des profilés d'extrusion.
13. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'épaisseur de paroi des tubes plats (12) se situe dans la plage de 0,2 à 0,6 mm.
14. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que les tubes plats (12) ont dans la zone de leur ailetage une longueur L de la section transversale allant de 12 à 25 mm, de préférence de 15 à 20 mm.
15. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que les deux côtés étroits (50) arrondi des tubes plats (12) font conjointement 40 à 50 % de leur longueur L de section transversale.
- 5 16. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que l'espacement  $d$  entre les côtés plats (14) du tube plat (12) respectif est de 2 à 4 mm.
- 10 17. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 12 à 16, caractérisé en ce qu'au point sommet (46) du côté étroit arrondi du tube plat (12) extrudé respectif, le rayon intérieur a au moins une valeur de 0,2 mm et le rayon extérieur une valeur d'au moins 0,6 mm.
- 15 18. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que l'épaisseur des lamelles en zigzag est de 0,12 à 0,2 mm.
- 20 19. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que les bords libres des lamelles en zigzag (16) présentent une ondulation (64) ressortant des deux côtés du reste du plan des lamelles en zigzag.
- 25 20. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé en ce que les tubes plats (12) sont réalisés avec rigidification intermédiaire (nervures transversales 42) entre leurs côtés plats (14).
- 30 21. Echangeur de chaleur selon la revendication 20, caractérisé en ce que les rigidifications intermédiaires sont des nervures transversales (42), de préférence avec un espacement mutuel de 1 à 2 d.
- 35 22. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur à tube plat (12) selon la revendication 20 ou 21, où, d'abord, les extrémités (10) des tubes plats (12) présentant une rigidification intermédiaire entre leurs côtés plats sont enfichées dans des fentes (8) d'un collecteur (4), puis les extrémités (10) des tubes plats (12) sont découpées librement de leurs rigidifications intermédiaires (42), puis les extrémités découpées librement sont agrandies en direction de la périphérie de la fente du collecteur (4), et enfin les extrémités (10) agrandies des tubes plats (12) sont reliées intimement au collecteur (4) par chauffage d'un revêtement de brasure, servant de moyen de liaison, du collecteur (4, 20).
- 40 45 50 55 23. Procédé selon la revendication 22, pour fabriquer un échangeur de chaleur selon la revendication 9, caractérisé en ce que, d'abord, les côtés étroits (50) arrondis des extrémités (10), s'enga-

- geant dans le collecteur (4), des tubes plats (12) sont refoulés à un degré tel que, dans la zone de sommet (46), de la section (50) arrondie et refoulée, se constitue un pli (72) central et que, ensuite, est effectué l'agrandissement contre la périphérie de fente du collecteur, avec déploiement d'ouverture du pli central (72). 5
- 24.** Utilisation d'un échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 21, ou d'un échangeur de chaleur (2) fabriqué selon le procédé des revendications 22 ou 23 comme condenseur d'une installation de climatisation pour véhicules. 10
- 25.** Utilisation d'un échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 21, ou d'un échangeur de chaleur (2) fabriqué selon le procédé des revendications 22 ou 23 comme radiateur pour moteur, pour boîte de vitesse, ou pour système hydraulique d'un véhicule automobile. 15  
20
- 26.** Tubes plats destinés au montage dans un échangeur de chaleur à tubes plats selon l'une des revendications 1 à 21, les côtés étroits (50) des tubes plats étant arrondis et la longueur de la partie arrondie des tubes plats (12), observée dans la direction de la longueur L de leurs sections transversales, est supérieure à la demi-largeur (d) des tubes plats (12), 25  
caractérisé en ce que les tubes plats (12) qui sont constitués du même matériau sont imbriqués ensemble par des ponts de matières (80), réalisés à partir du même matériau, aux sommets (46) de leurs côtés étroits (50) arrondis. 30  
35
- 27.** Tube plat selon la revendication 26, caractérisé en ce que les tubes plats imbriqués ensemble par les ponts en matériau (80) constituent un profil extrudé monobloc 40
- 28.** tube plat selon la revendications 26 ou 27 caractérisé en ce que les ponts en matériau (80) ont une épaisseur de matériau de 0,05 à 0,3, de préférence 0,15 mm et/ou ont une longueur de 0,05 à 0,3 mm, de préférence de 0,2 mm. 45
- 29.** Tube plat selon l'une des revendications 26 à 28, caractérisé en ce qu'ils sont enroulés sur un noyau, en une disposition mutuellement imbriquée. 50

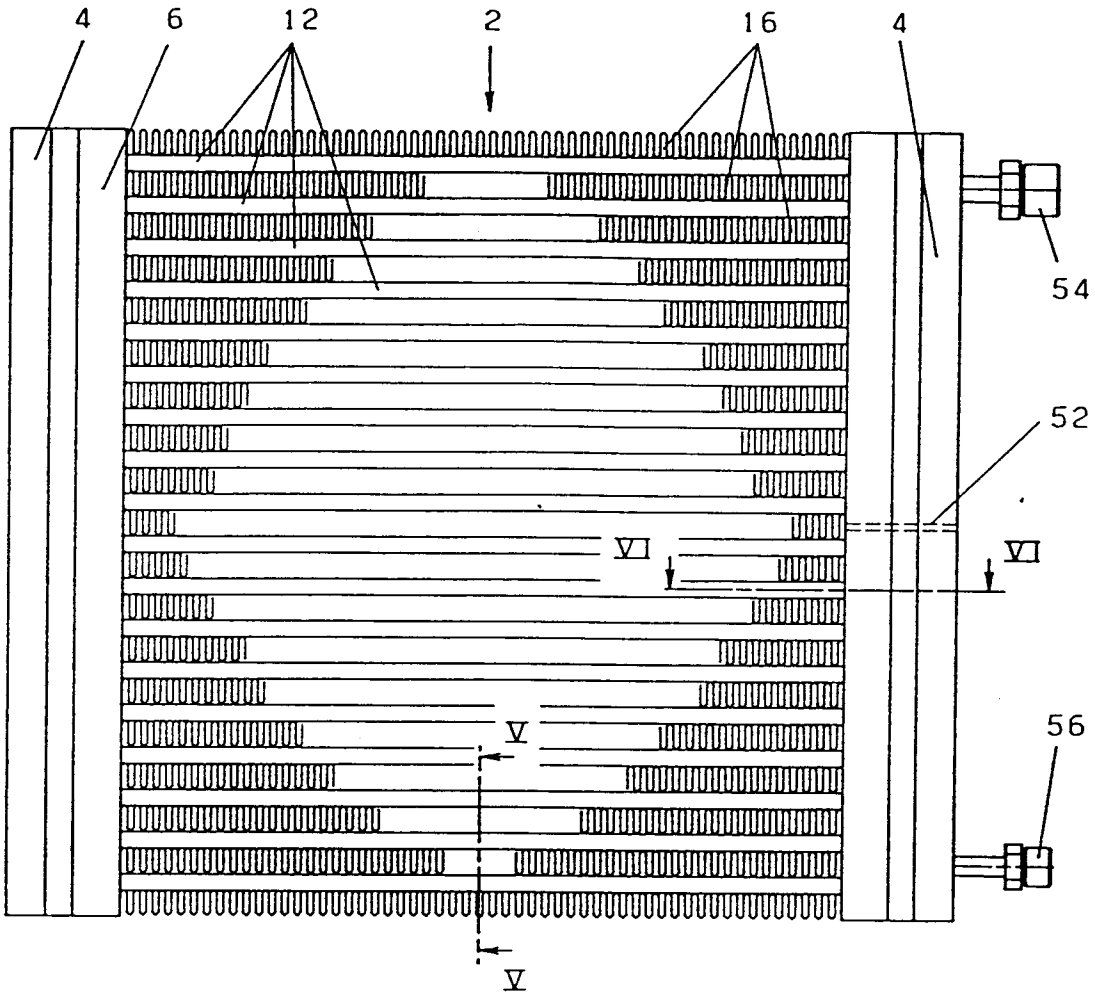


Fig. 1

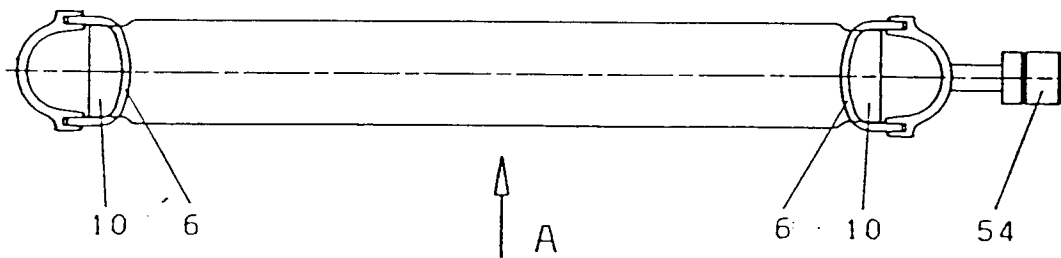


Fig. 2

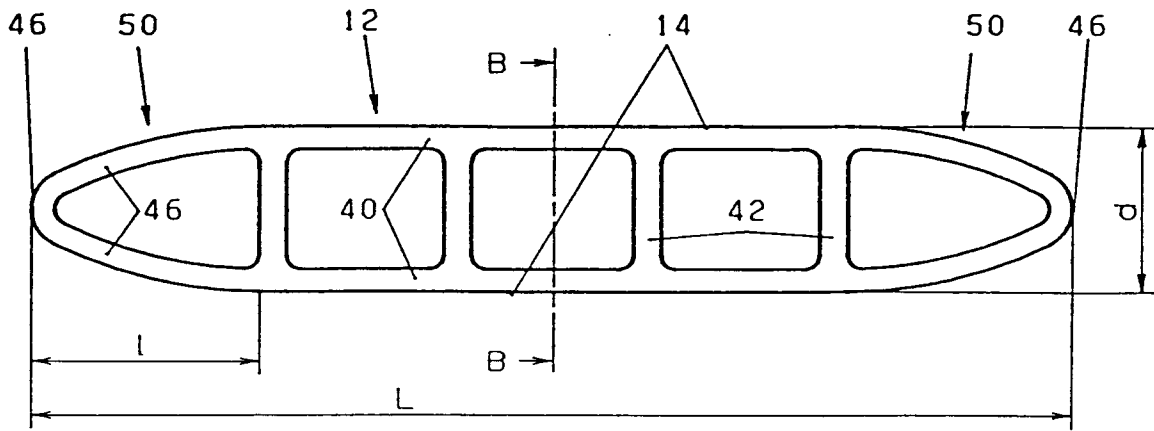


Fig. 3

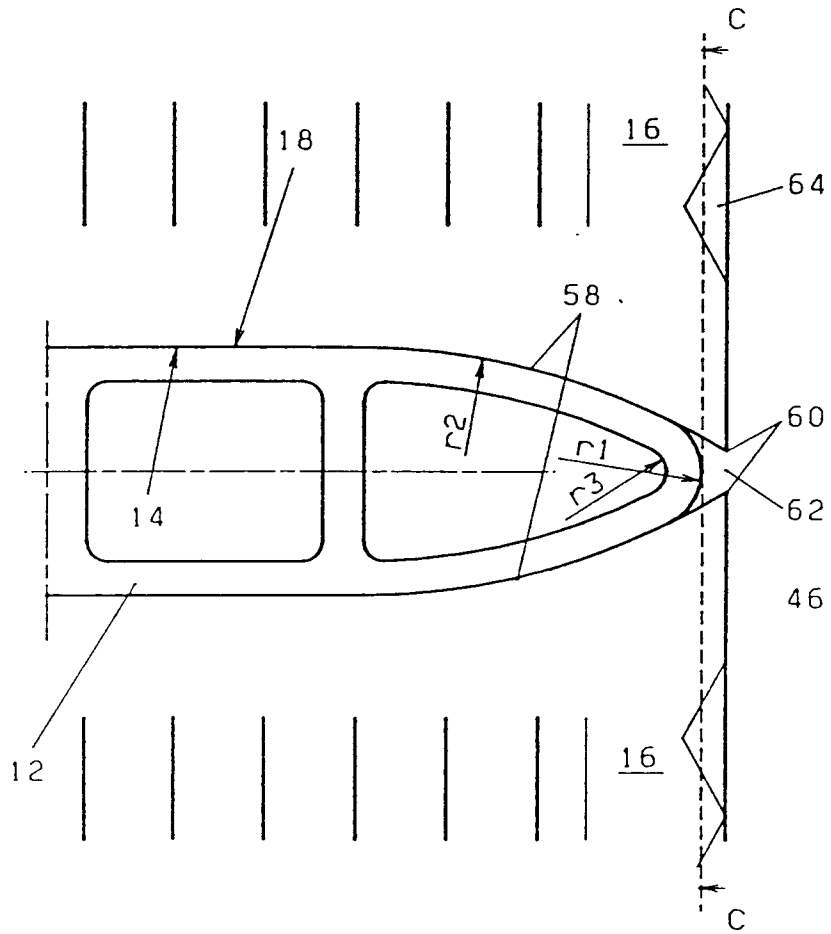


Fig. 4

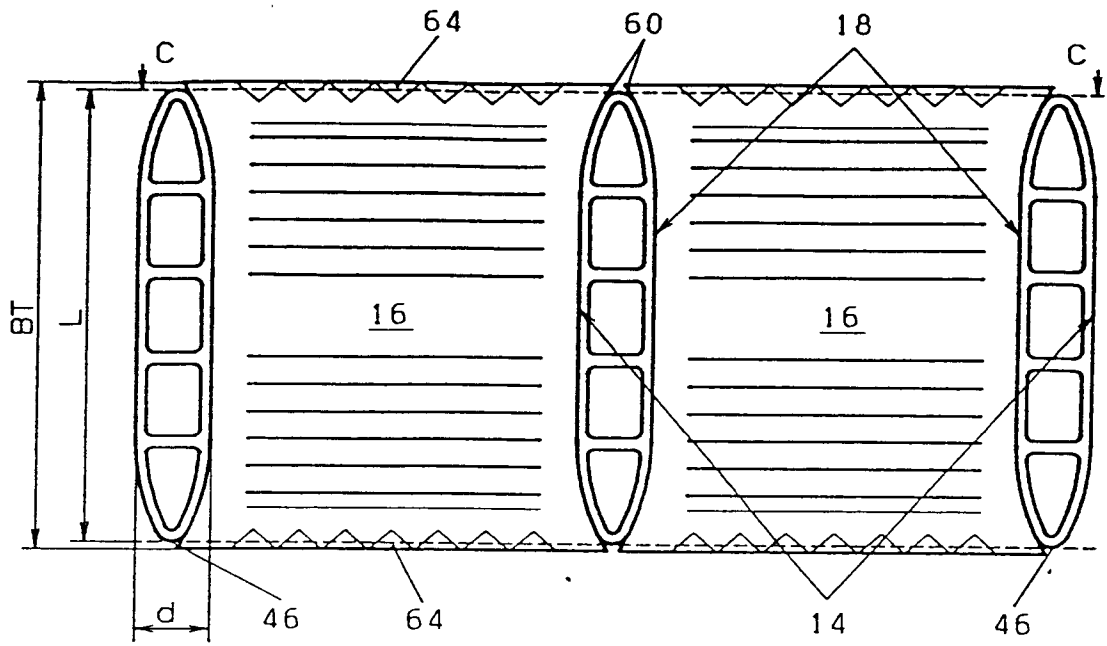


Fig. 5

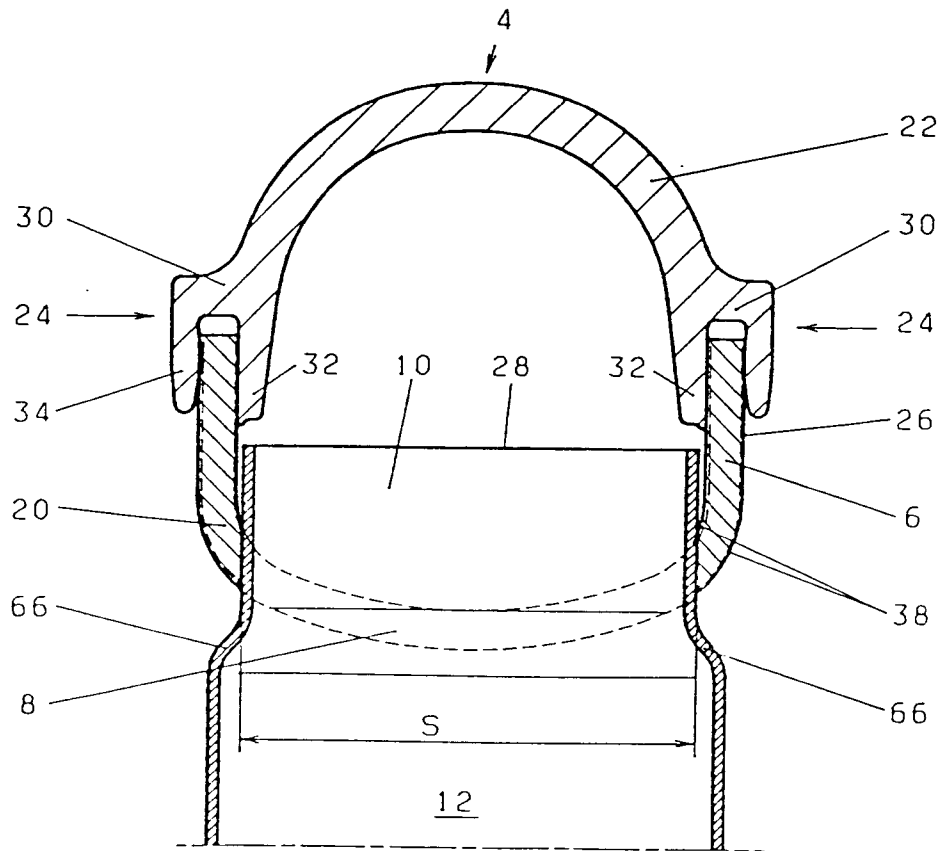


Fig. 6



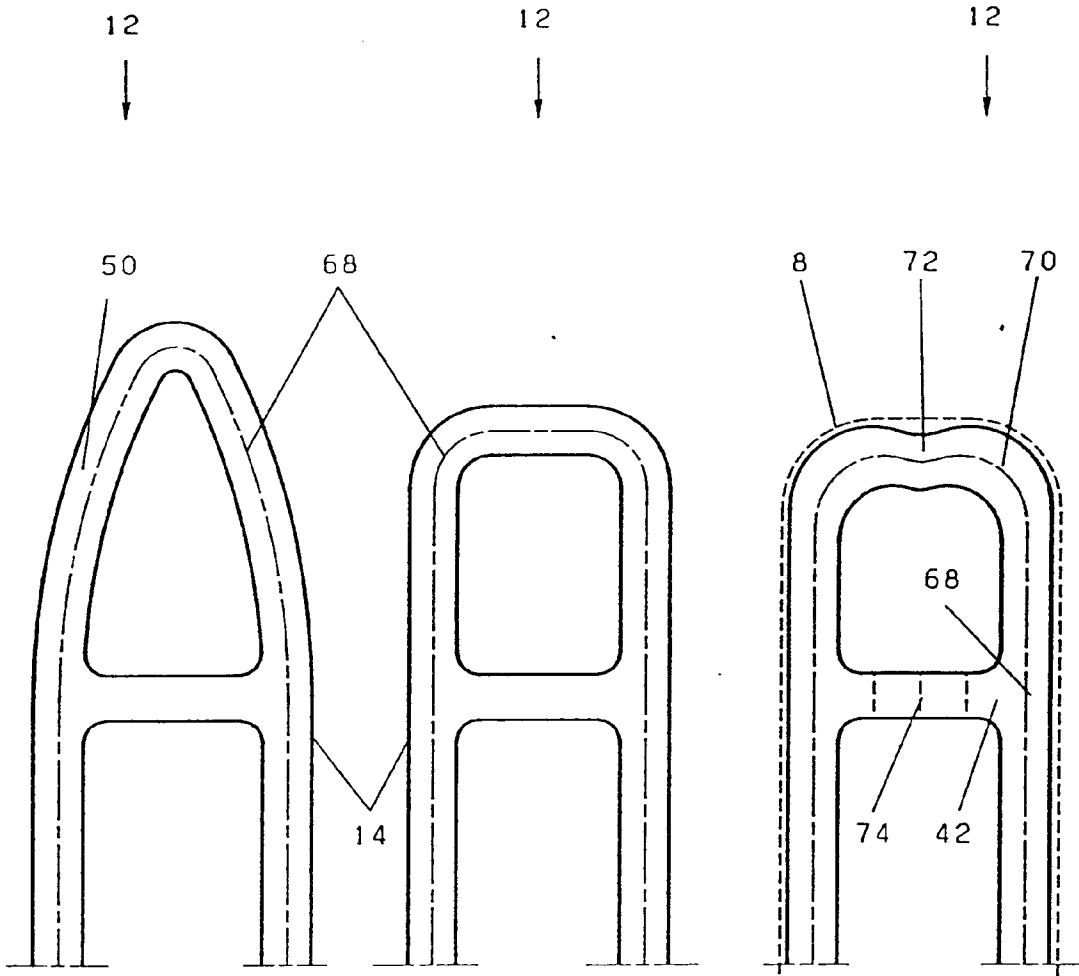


Fig. 7a

Fig. 7b

Fig. 7c

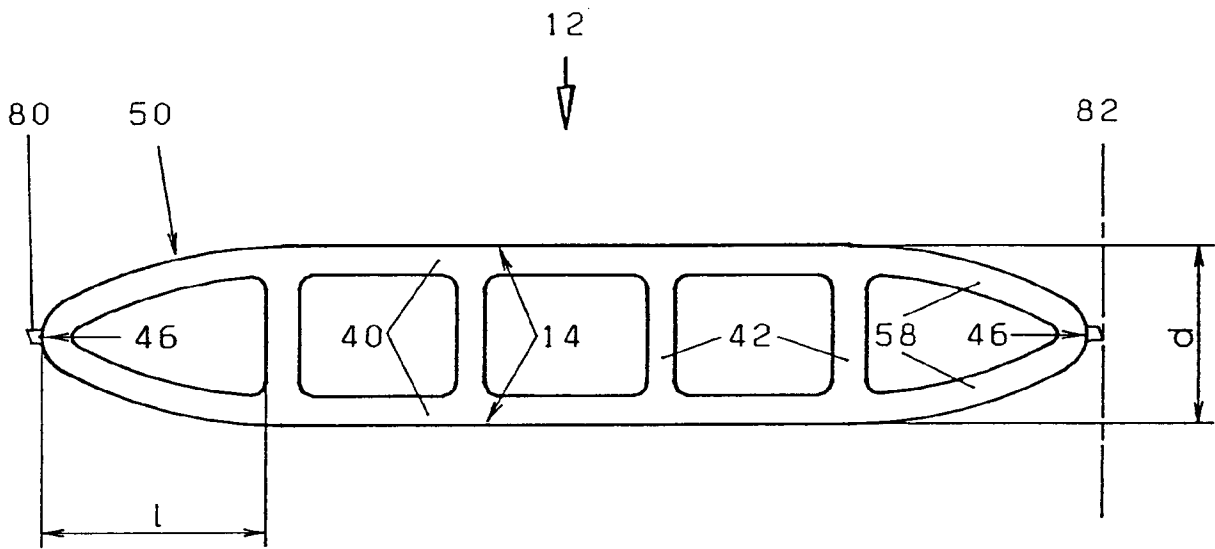


Fig. 8