



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Numéro de publication:

**0 514 249 B1**

12

## FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

49 Date de publication de fascicule du brevet: **12.07.95** 51 Int. Cl.<sup>8</sup>: **F28F 9/16**

21 Numéro de dépôt: **92401284.2**

22 Date de dépôt: **12.05.92**

54 **Procédé pour la fabrication d'un échangeur de chaleur à faisceau.**

30 Priorité: **14.05.91 FR 9105826**

43 Date de publication de la demande:  
**19.11.92 Bulletin 92/47**

45 Mention de la délivrance du brevet:  
**12.07.95 Bulletin 95/28**

84 Etats contractants désignés:  
**DE ES GB IT**

56 Documents cités:  
**EP-A- 0 108 958**  
**EP-A- 0 387 678**  
**FR-A- 2 235 345**  
**FR-A- 2 512 941**  
**US-A- 4 546 824**

73 Titulaire: **VALEO THERMIOUE MOTEUR**  
**8, rue Louis-Lormand**  
**La Verrière**  
**F-78320 Le Mesnil-Saint-Denis (FR)**

72 Inventeur: **Lelievre, Gilbert**  
**9, Impasse des Pontonniers**  
**F-53810 Change (FR)**

74 Mandataire: **Gamonal, Didier et al**  
**Valeo Management Services**  
**Sce Propriété Industrielle**  
**2, rue André Boule**  
**B.P. 150**  
**F-94004 Créteil (FR)**

**EP 0 514 249 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur du type comportant un faisceau formé d'une multiplicité de tubes parallèles, disposés suivant au moins une rangée et dans lequel chaque tube possède un corps terminé par une extrémité reçue dans un trou d'une plaque collectrice. Un tel procédé est connu du FR-A-2 235 345.

Elle concerne également un échangeur de chaleur obtenu par le procédé susmentionné.

La plaque collectrice précitée, encore appelée "plaque à trous", fait partie d'une boîte à eau qui est montée à une extrémité du faisceau, dont l'autre extrémité est le plus souvent équipée d'une boîte à eau semblable.

De tels échangeurs de chaleur sont utilisés notamment dans les véhicules automobiles à moteur à combustion interne pour constituer soit un radiateur de refroidissement du moteur, soit un radiateur de chauffage de l'habitacle.

Les tubes du faisceau sont alors parcourus par un fluide de refroidissement, généralement de l'eau glycolée, qui circule en circuit fermé et qui est refroidie par échange thermique avec de l'air traversant le faisceau de l'échangeur.

De manière classique, les tubes du faisceau ont une section transversale circulaire, tant au niveau de leur corps que de leur extrémité.

Toutefois, pour optimiser les performances des échangeurs de chaleur de ce type, on utilise aussi des tubes dont le corps possède une section transversale non circulaire qui, pour simplifier, peut être appelée "section ovale".

Il s'agit généralement d'une section de forme elliptique ou apparentée, voire une section aplatie limitée par deux bords parallèles rectilignes reliés entre eux par deux bords semi-circulaires.

Dans ce cas, l'extrémité du tube possède, le plus souvent, une section transversale de forme différente de celle du corps du tube. Cette dernière est généralement moins oblongue que celle du corps du tube, voire circulaire, et cela pour éviter une éventuelle déformation de cette extrémité.

En effet, comme l'étanchéité entre l'extrémité du tube et la plaque collectrice est généralement assurée par un joint d'étanchéité comprimé entre ladite extrémité et un collet qui entoure le trou correspondant, la pression exercée par le joint risquerait d'aplatir et de déformer cette extrémité, si cette dernière présentait une forme trop oblongue.

Quelle que soit la forme des tubes utilisés, et quel que soit le type de plaque collectrice utilisée, il faut que cette dernière comporte un minimum de matière, donc un entraxe minimal, entre deux trous adjacents, au sein d'une même rangée ou d'une rangée à l'autre. Ceci est destiné à conférer une

résistance mécanique suffisante à la plaque collectrice et à permettre, le cas échéant, la réalisation d'un collet autour de chaque trou de la plaque collectrice.

5 Dans ces conditions, il est difficile d'optimiser les entraxes des tubes et cela compte tenu des contraintes dimensionnelles propres à la réalisation de l'échangeur de chaleur, et en particulier de sa plaque collectrice.

10 L'invention a notamment pour but de surmonter les inconvénients mentionnés ci-dessus.

C'est, en particulier, un but de l'invention de procurer un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur du type défini précédemment dans lequel on peut optimiser l'entraxe des tubes au sein d'une même rangée ou, le cas échéant, d'une rangée à l'autre, tout en conservant un pont de matière suffisant entre les trous de la plaque collectrice.

20 L'invention propose à cet effet un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur du type défini en introduction, dans lequel la section transversale de l'extrémité de chaque tube possède un périmètre inférieur au périmètre de la section transversale du corps du tube.

25 Il en résulte que la plaque collectrice peut comporter des trous dont le périmètre -et donc la section transversale- sont plus faibles que dans l'art antérieur. Ceci permet de diminuer les entraxes des trous et donc des tubes, au sein d'une même rangée et, le cas échéant, d'une rangée à l'autre si l'échangeur de chaleur comporte plusieurs rangées de tubes.

30 On peut ainsi obtenir des échangeurs de chaleur plus compacts que dans l'art antérieur, tout en ayant les mêmes performances.

35 Selon l'invention, on déforme l'extrémité de chaque tube par repoussage de matière, de sorte que le périmètre de sa section transversale soit inférieur au périmètre de la section transversale du corps du tube. Cette déformation est obtenue par introduction en force du tube, dans sa direction longitudinale, au travers d'un outil de repoussage comportant un passage ayant une section transversale de forme déterminée et munie d'une entrée élargie à bord conique.

40 Dans certains cas, la déformation de l'extrémité du tube se fait par introductions successives dans plusieurs outils de repoussage, tels que le passage du premier outil possède une section transversale de périmètre supérieur au périmètre de la section transversale du second outil et ainsi de suite, pour assurer une déformation progressive de l'extrémité du tube.

45 L'invention s'applique ainsi à des échangeurs de chaleur du type "monorang" comportant une seule rangée de tubes et à des échangeurs de chaleur du type "multirang" comportant plusieurs

rangées de tubes.

Selon l'invention, le corps du tube peut avoir une section transversale de forme circulaire et l'extrémité du tube également une section transversale de forme circulaire, mais de diamètre plus faible.

De préférence, le corps du tube a une section transversale de forme ovale, comme défini précédemment, et l'extrémité du tube présente alors soit une section transversale de forme ovale, soit une section transversale de forme circulaire.

Avantageusement, l'extrémité du tube est raccordée au corps du tube par une partie déformée constituant, au moins partiellement, un renflement ou bourrelet pour la retenue de la plaque collectrice.

De préférence, l'extrémité du tube comporte, au-delà de la plaque collectrice, un évasement pour la retenue de la plaque collectrice.

Dans ces conditions, cette dernière se trouve immobilisée sur chaque tube du faisceau, d'un côté par le renflement précité et, de l'autre côté, par l'évasement précité.

Dans la description qui suit, donnée seulement à titre d'exemple, on se réfère au dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue partielle en coupe transversale d'un échangeur de chaleur selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue partielle en coupe suivant la ligne II-II de la figure 1 ; et
- les figures 3, 4 et 5 montrent l'extrémité d'un tube de l'échangeur de chaleur des figures 1 et 2, au cours de trois phases successives du procédé de fabrication.

L'échangeur de chaleur représenté aux figures 1 et 2 comprend un faisceau formé d'une multiplicité de tubes 10, d'axes respectifs XX parallèles qui, dans l'exemple, sont disposés suivant deux rangées. Deux tubes adjacents d'une même rangée ont un entraxe frontal  $E_F$  (figure 2) et un entraxe de rang  $E_R$  (figure 1).

Les tubes 10 du faisceau ont des corps respectifs 12 qui traversent une multiplicité d'ailettes parallèles 14 et des extrémités respectives 16 reçues respectivement dans des trous 18 d'une plaque collectrice 20.

Cette plaque collectrice, encore appelée "plaque à trous", est constituée d'une plaque métallique de forme générale rectangulaire qui est emboutie et découpée. La plaque collectrice 20 comprend une âme 22, de forme générale rectangulaire, au travers de laquelle sont ménagées deux rangées de trous 18 qui, dans l'exemple, ont une forme circulaire. Les trous 18 ont, au sein d'une même rangée, un entraxe  $E_F$  et, d'une rangée à l'autre, un entraxe  $E_R$ .

Chaque trou 18 de la plaque collectrice 20 est entouré par un collet 24 dirigé du côté des ailettes

14. L'âme 22 est entourée par un bord replié 26 définissant une gorge périphérique de contour général rectangulaire, le bord 26 étant crénelé pour fournir des pattes repliables 28.

5 L'échangeur de chaleur comprend en outre un joint d'étanchéité 30 en matériau compressible comportant une âme 32 de forme générale rectangulaire propre à s'appliquer contre l'âme 22 de la plaque collectrice 20. L'âme 32 comporte deux rangées de trous, chacun bordé par un collet 34 susceptible d'être comprimé entre l'extrémité 16 d'un tube 12 et un collet 24 de la plaque collectrice 20. L'âme 32 du joint 30 est bordée par un bourrelet périphérique 36, de contour général rectangulaire, propre à être logé dans la gorge périphérique délimitée par le bord 26 de la plaque collectrice.

15 L'échangeur de chaleur comprend en outre une paroi 38 de boîte à eau possédant une face ouverte délimitée par un rebord périphérique 40, de contour général rectangulaire. Ce dernier est destiné à assurer la compression du bourrelet 36 du joint d'étanchéité 30 lorsque les pattes 28 de la plaque collectrice sont repliées comme montré à la figure 1.

20 Dans l'exemple de réalisation, le corps 12 de chaque tube 10 possède une section transversale  $S_1$ , de forme elliptique, ayant un périmètre  $P_1$  donné.

25 L'extrémité 16 de chaque tube 10 possède une section transversale  $S_2$  de forme circulaire possédant un périmètre  $P_2$  qui est inférieur au périmètre  $P_1$  de la section transversale  $S_1$ .

30 Au contraire, dans la technique antérieure, le périmètre  $P_2$  de la section transversale  $S_2$  de l'extrémité du tube était égal ou supérieur au périmètre  $P_1$  de la section transversale  $S_1$  du corps du tube.

35 Il en résulte que, en utilisant, des tubes dont le corps a une section transversale de forme déterminée, l'invention permet de diminuer la valeur des entraxes  $E_F$  et  $E_R$ , tout en conservant un pont de matière suffisant entre deux trous adjacents de la plaque collectrice.

40 On peut ainsi réaliser des échangeurs de chaleur plus compacts tout en bénéficiant d'une résistance mécanique suffisante de la plaque collectrice.

45 L'extrémité 16 est raccordée au corps 12 par une partie déformée 42 représentant une zone de transition. Cette partie déformée affecte, suivant la coupe transversale de la figure 1, une forme qui se rétrécit depuis le corps 12 jusqu'à l'extrémité 16.

50 Par contre, dans la vue en coupe de la figure 2, la partie déformée 42 forme un renflement 44 qui contribue au maintien de la plaque collectrice sur les extrémités respectives des tubes. On comprendra que le renflement 44 s'étend partiellement sur la périphérie de la partie déformée 42.

Comme montré aux figures 1 et 2, l'extrémité 16 de chaque tube comporte, au-delà de la plaque collectrice, un évasement 46 réalisé, d'une manière en soi connue, après introduction des extrémités des tubes dans les trous correspondants de la plaque collectrice.

Par conséquent, la plaque collectrice se trouve ainsi parfaitement maintenue sur chaque tube du faisceau, d'un côté par le renflement 44 et, de l'autre côté, par l'évasement 46.

A l'autre extrémité du faisceau, les tubes peuvent comporter des extrémités analogues fixées à une plaque collectrice d'une autre boîte à eau. En variante, ces dernières extrémités peuvent être reliées deux à deux par des coudes en U.

Pour fabriquer un échangeur de chaleur selon l'invention, on réalise d'abord un faisceau à partir d'un ensemble de tubes dont les corps respectifs sont engagés à travers une pluralité d'ailettes, et cela d'une manière en soi connue.

Dans l'exemple décrit ici, les extrémités respectives des tubes ont initialement la même section transversale que leur corps respectif, c'est-à-dire une section transversale ovale.

Dans une première opération (figure 3), on introduit dans chaque extrémité 16, et suivant la direction axiale XX du tube 10, un poinçon 48 possédant un corps cylindrique 50 à section circulaire terminée par une pointe 52 de forme générale tronconique.

L'extrémité 16 ayant initialement une section transversale S1, de forme elliptique, de périmètre P1 est ainsi déformée par le poinçon 48, de manière à présenter une section transversale circulaire ayant un diamètre interne D1 dont le périmètre est égal ou supérieur au périmètre P1 de la section transversale S1.

Dans une deuxième opération, on déforme l'extrémité 16 résultant de l'opération précédente au moyen d'un outil de repoussage 54 (figure 4) comportant un passage cylindrique 56 ayant une section interne circulaire de diamètre D2 tel que D2 est inférieur à D1. Le passage 56 débouche sur une entrée 58 élargie, à bord conique. Ainsi, en introduisant en force l'extrémité 16 du tube 10 dans le passage 56 de l'outil 54, on repousse progressivement la matière de l'extrémité du tube, ce qui permet de diminuer le diamètre de cette extrémité et de former en même temps le bourrelet 44 décrit précédemment.

Dans une troisième opération (figure 5), on introduit l'extrémité 16 résultant de l'opération précédente dans un outil de repoussage 60 analogue à l'outil 54. L'outil 60 possède un passage de repoussage 62 de forme cylindrique, ayant une section transversale circulaire de diamètre D3, tel que D3 est inférieur à D2. Le passage 62 débouche sur une entrée élargie 64 à bord conique.

Ainsi, au cours de cette troisième opération, le diamètre de l'extrémité 16 du tube est encore diminué et le renflement 44 accentué davantage.

Si nécessaire, on peut utiliser encore un ou plusieurs autres outils analogues pour réduire davantage la section transversale de l'extrémité du tube.

Les opérations définies aux figures 3 à 5 s'effectuent chacune de préférence simultanément sur l'ensemble des tubes du faisceau. Ainsi, pour l'opération de la figure 3, on utilise de préférence un seul outil comportant autant de poinçons que de tubes dont les extrémités sont à déformer.

De façon correspondante, les outils de repoussage comportent avantageusement autant de passages de repoussage que de tubes dans le faisceau à traiter.

Comme déjà indiqué, l'invention s'applique à des échangeurs de chaleur comportant une ou plusieurs rangées de tubes parallèles.

Bien que l'invention ait été décrite en référence particulière à un échangeur de chaleur dont les tubes ont un corps de section transversale ovale et une extrémité de section transversale circulaire, elle s'applique à d'autres types de tubes, par exemple à des tubes dont le corps a une section ovale et l'extrémité une section ovale ou encore à des tubes dont le corps a une section circulaire et l'extrémité également une section circulaire.

En outre, bien que l'invention ait été décrite en référence particulière à un échangeur de chaleur dans lequel les extrémités des tubes sont engagées dans une plaque collectrice munie de collets et avec interposition d'un joint d'étanchéité, elle s'applique également à d'autres types de plaques collectrices.

Ainsi, les extrémités des tubes pourraient être assujetties aux trous de la plaque collectrice par toute autre technique connue, par exemple par sertissage, collage ou dudgeonnage.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur comportant un faisceau formé d'une multiplicité de tubes (10) parallèles, disposés suivant au moins une rangée et dans lequel chaque tube (10) possède un corps (12) terminé par une extrémité (16) reçue dans un trou (18) d'une plaque collectrice (20), caractérisé en ce que :

- on introduit, dans une première opération, dans chaque extrémité (16) et suivant la direction axiale (XX) du tube (10), un poinçon (48) possédant un corps (50) à section cylindrique, l'extrémité (16) étant ainsi déformée par le poinçon (48) de manière à présenter une section

- transversale cylindrique dont le périmètre est égal ou supérieur au périmètre de la section transversale (S1) du corps du tube (10).
- on déforme, dans une deuxième opération, l'extrémité (16) résultant de l'opération précédente au moyen d'un outil de repoussage (54) comportant un passage (56) ayant une section interne cylindrique inférieure à la section transversale de l'extrémité (16) ce qui permet de diminuer la section de cette extrémité.
  - on introduit, dans une troisième opération, l'extrémité (16) résultant de l'opération précédente dans un outil de repoussage (60) analogue à l'outil (54), l'outil (60) possédant un passage de repoussage (62), ayant une forme transversale cylindrique inférieure à la section transversale cylindrique de l'outil (54), la section de l'extrémité (16) du tube étant encore diminué.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on déforme l'extrémité (16) du tube (10) par introductions successives dans plusieurs outils de repoussage (54;60) tels que le passage (56) du premier outil (54) ait une section transversale de périmètre supérieur au périmètre de la section transversale du passage (62) du second outil (60), et ainsi de suite.
  3. Echangeur de chaleur obtenu par le procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la section transversale (S2) de l'extrémité (16) du tube possède un périmètre (P2) inférieur au périmètre (P1) de la section transversale (S1) du corps (12) du tube.
  4. Echangeur de chaleur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le corps (12) du tube (10) a une section transversale (S1) de forme circulaire et en ce que l'extrémité (16) du tube (10) a une section transversale (S2) également de forme circulaire.
  5. Echangeur de chaleur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le corps (12) du tube (10) a une section transversale (S1) de forme ovale et en ce que l'extrémité (16) du tube (10) a une section transversale (S2) de forme ovale.
  6. Echangeur de chaleur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le corps (12) du tube (10) a une section transversale (S1) de forme ovale et en ce que l'extrémité (16) du tube (10) a une section transversale (S2) de forme cir-

culaire.

7. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que l'extrémité (16) du tube (10) est raccordée au corps (12) du tube (10) par une partie déformée (42) constituant au moins partiellement un renflement (44) pour la retenue de la plaque collectrice (20).
8. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 3 à 7, caractérisé en ce que l'extrémité (16) du tube (10) comporte, au-delà de la plaque collectrice (20), un évasement (46) pour la retenue de la plaque collectrice (20).

### Claims

1. A method of making a heat exchanger which includes a bundle comprising a multiplicity of parallel tubes (10), disposed in at least one row and in which each tube (10) has a body (12) terminated by an end portion (16), which is received in a hole (18) of a header plate (20), characterised in that:
  - in a first operation, a swaging tool (48), having a body portion (50) of cylindrical cross section, is introduced into each end portion (16) along the axial direction (XX) of the tube (10), the end portion (16) being then deformed by the swaging tool (48) in such a way as to have a cylindrical transverse cross section, the perimeter of which is equal to or greater than the perimeter of the transverse cross section (S1) of the body of the tube (10);
  - in a second operation, the end portion (16) resulting from the preceding operation is deformed by means of a reforming tool (54) having a bore (56) with a cylindrical internal cross section smaller than the transverse cross section of the end portion (16), which enables the cross section of the said end portion to be reduced;
  - in a third operation, the end portion (16) resulting from the preceding operation is introduced into a reforming tool (60) similar to the tool (54), the tool (60) having a reforming bore (62) which has a cylindrical transverse form smaller than the cylindrical transverse cross section of the tool (54), the cross section of the end portion (16) of the tube being further reduced.

2. A method according to Claim 1, characterised in that the end portion (16) of the tube (10) is deformed by being introduced successively into a plurality of reforming tools (54; 60), which are such that the bore (56) of the first tool (54) has a transverse cross section the perimeter of which is greater than the perimeter of the transverse cross section of the bore (62) of the second tool (60), and so on.
3. A heat exchanger made by the method according to one of the preceding Claims, characterised in that the transverse cross section (S2) of the end portion (16) of the tube has a perimeter (P2) smaller than the perimeter (P1) of the transverse cross section (S1) of the body (12) of the tube.
4. A heat exchanger according to Claim 3, characterised in that the body (12) of the tube (10) has a transverse cross section (S1) of circular form, and in that the end portion (16) of the tube (10) has a transverse cross section (S2) which is also of circular form.
5. A heat exchanger according to Claim 3, characterised in that the body (12) of the tube (10) has a transverse cross section (S1) of oval form, and in that the end portion (16) of the tube (10) has a transverse cross section (S2) of oval form.
6. A heat exchanger according to Claim 3, characterised in that the body (12) of the tube (10) has a transverse cross section (S1) of oval form, and in that the end portion (16) of the tube (10) has a circular transverse cross section (S2).
7. A heat exchanger according to one of Claims 3 to 6, characterised in that the end portion (16) of the tube (10) is joined to the body (12) of the tube (10) through a deformed portion (42) which at least partially defines a bulge (44) for retention of the header plate (20).
8. A heat exchanger according to one of Claims 3 to 7, characterised in that the end portion (16) of the tube (10) has, beyond the header plate (20), an expanded portion (46) for retention of the header plate (20).

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Wärmetauschers mit einem Rohrbündel aus einer Vielzahl paralleler Rohre (10), die in mindestens einer Reihe angeordnet sind, wobei jedes Rohr

(10) ein Hauptstück (12) besitzt, das durch ein Ende (16) abgeschlossen wird, welches in einem Loch (18) einer Sammlerplatte (20) eingesetzt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß:

- 5 - bei einem ersten Vorgang in jedes Ende (16) in der axialen Richtung (XX) des Rohrs (10) ein Stempel (48) eingeführt wird, der ein Hauptstück (50) mit zylindrischem Querschnitt besitzt, wobei das Ende (16) auf diese Weise durch den Stempel (48) so verformt wird, daß es einen zylindrischen Querschnitt aufweist, dessen Umfang größer oder gleich dem Umfang des Querschnitts (S1) des Hauptstücks des Rohrs (10) ist;
- 10 - bei einem zweiten Vorgang das Ende (16), das sich bei dem vorangehenden Vorgang ergibt, mit Hilfe eines Drückwerkzeugs (54) verformt wird, das einen Durchgang (56) mit einem zylindrischen Innenquerschnitt besitzt, der kleiner als der Querschnitt des Endes (16) ist, so daß der Querschnitt dieses Endes verringert werden kann;
- 15 - bei einem dritten Vorgang das Ende (16), das sich bei dem vorangehenden Vorgang ergibt, in ein Drückwerkzeug (60) in ähnlicher Ausführung wie das Werkzeug (54) eingeführt wird, wobei das Werkzeug (60) einen Drückdurchgang (62) mit einem zylindrischen Querschnitt besitzt, der kleiner als der zylindrische Querschnitt des Werkzeugs (54) ist, so daß der Querschnitt des Rohrendes (16) noch weiter verringert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ende (16) des Rohrs (10) durch aufeinanderfolgende Einführungen in mehrere Drückwerkzeuge (54; 60) verformt wird, wobei der Durchgang (56) des ersten Werkzeugs (54) einen Querschnitt mit einem Umfang aufweist, der größer als der Umfang des Querschnitts des Durchgangs (62) des zweiten Werkzeugs (60) ist, und so weiter.

3. Wärmetauscher, hergestellt durch das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Querschnitt (S2) des Endes (16) des Rohrs einen Umfang (P2) aufweist, der kleiner als der Umfang (P1) des Querschnitts (S1) des Hauptstücks (12) des Rohrs ist.

4. Wärmetauscher nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptstück (12) des Rohrs (10) einen kreisförmigen Querschnitt (S1) hat und daß das Ende (16) des Rohrs (10)

einen ebenfalls kreisförmigen Querschnitt (S2) besitzt.

5. Wärmetauscher nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptstück (12) des Rohrs (10) einen Querschnitt (S1) mit ovaler Form hat und daß das Ende (16) des Rohrs (10) einen Querschnitt (S2) mit ovaler Form besitzt. 5
- 10
6. Wärmetauscher nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptstück (12) des Rohrs (10) einen Querschnitt (S1) mit ovaler Form hat und daß das Ende (16) des Rohrs (10) einen kreisförmigen Querschnitt (S2) besitzt. 15
7. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ende (16) des Rohrs (10) an das Hauptstück (12) des Rohrs (10) durch einen verformten Bereich (42) angeschlossen ist, der zumindest teilweise eine Ausbauchung (44) zur Sicherung der Sammlerplatte (20) bildet. 20
- 25
8. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ende (16) des Rohrs (10) hinter der Sammlerplatte (20) eine trichterförmige Erweiterung (46) zur Sicherung der Sammlerplatte (20) umfaßt. 30

35

40

45

50

55

7

