



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 001 306 A1** 2005.08.04

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 001 306.3**

(22) Anmeldetag: **07.01.2004**

(43) Offenlegungstag: **04.08.2005**

(51) Int Cl.7: **F28F 1/32**

(71) Anmelder:  
**Behr GmbH & Co. KG, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Kramer, Wolfgang, Dr.-Ing., 71384 Weinstadt, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

**US 46 93 307**

**US 43 65 667**

**EP 05 47 309 B1**

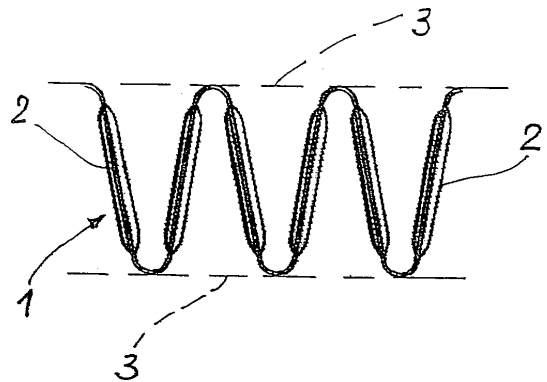
**WO 03/0 62 731 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Wärmeübertrager**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager und eine Rippe, wie insbesondere eine Wellrippe insbesondere für einen Flachrohrwärmeübertrager, insbesondere einen Kühlmittel- oder Ladeluft-Kühler für Kraftfahrzeuge, wobei die Wellrippe zwischen Flachrohren des Wärmeübertragers angeordnet, stoffschlüssig mit diesen verbunden, mit Kiemen besetzt und von Luft überströmbar ist sowie eingeformte Versteifungsmittel aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager, wie insbesondere einen Flachrohrwärmeübertrager, sowie eine Rippe, wie insbesondere eine Wellrippe beispielsweise für einen Flachrohrwärmeübertrager, insbesondere für einen Kühlmittel-, Ladeluftkühler oder Kondensatoren oder Verdampfer für Kraftfahrzeuge nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

**Stand der Technik**

**[0002]** Solche Wärmeübertrager sind durch die EP 0 547 309 B1 der Anmelderin bekannt geworden.

**[0003]** Wellrippen und Flachrohre bilden ein gelötetes Kühlsystem, bei welchem ein zu kühlendes Medium, z. B. ein Kühlmittel oder Ladeluft durch die Flachrohre strömt und ein kühlendes Medium, z. B. Umgebungsluft über die Wellrippen strömt. Derartige gelötete Kühlsysteme werden für Kühlmittelkühler zur Kühlung eines Verbrennungsmotors oder als Ladeluftkühler zur Kühlung der verdichteten Ansaugluft von Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen verwendet. Auch sind Heizkörper oder Kondensatoren oder Verdampfer beispielsweise ähnlich aufgebaut. Auch können Rippen bei mechanisch gefügten Wärmeübertragern verwendet werden, bei welchen die Rippen und die Rohre der Wärmeübertrager mechanisch miteinander verbunden werden.

**[0004]** Die Tendenz der Entwicklung geht in Richtung höherer Drücke für das zu kühlende Medium, insbesondere im Kühlmittelkreislauf, wobei die Flachrohre wegen des geringeren luftseitigen Druckabfalls extrem schlank ausgebildet und damit äußerst instabil gegenüber erhöhtem Innendruck sind. Die Flachrohre neigen daher unter Innendruckbeaufschlagung zum „Aufblähen“, d. h. zu einer Ausbauchung. Dieser Ausbauchung kann von innen und außen entgegen gewirkt werden: Im Inneren des Flachrohres werden verlötete Turbulenzeinlagen eingesetzt, die als Zuganker wirken, und von außen üben die Wellrippen eine Stützwirkung auf die Flachrohre aus. Die Flachrohre sind mit Kiemen zur Verbesserung der Wärmeübertragung besetzt, was festigkeitsmäßig Nachteile hat. Die Wellrippen knicken daher bei höherer Innendruckbelastung der Flachrohre ein.

**[0005]** Man hat daher in der US-A 4,693,307 vorgeschlagen, in die Mitte eines Kiemenfeldes eine Versteifungssicke einzuformen, d. h. eine dachförmig ausgebildete einzelne Doppelkieme, die gleichzeitig eine Strömungsumlenkung bewirkt.

**[0006]** Durch die EP 0 547 309 B1 der Anmelderin wurde eine Wellrippe für Flachrohre bekannt, bei welcher eine Versteifungssicke zwischen zwei Kiemenfeldern und in der Mitte des Flachrohres angeordnet

ist, d. h. da, wo die größte Knickbeanspruchung für die Wellrippe auftritt. Damit ist jedoch nur eine punktuelle Versteifung der Wellrippe erreicht, was bei steigender Beanspruchung infolge erhöhten Innendrucks nicht mehr ausreichend ist.

**Aufgabenstellung**

**[0007]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Wellrippe der eingangs genannten Art hinsichtlich ihrer Stützwirkung zu verbessern, ohne dass dabei ihre thermodynamischen Eigenschaften wie Wärmeübertragung und Druckabfall beeinträchtigt werden.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 bzw. des Anspruchs 11 gelöst. Erfindungsgemäß sind die Versteifungsmittel in die Kiemen integriert, d. h., dass grundsätzlich alle Kiemen der Wellrippe zur Stützwirkung beitragen. Die Flachrohre werden somit durch eine versteifte Wellrippe über ihre gesamte Länge abgestützt. Vorteilhafterweise weist jede einzelne Kieme ein knicksteifes Profil auf, womit die gesamte Wellrippe eine erhöhte Sicherheit gegen Knicken erhält.

**[0009]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist das Profil einer jeden Kieme einen S-förmigen Querschnitt auf. Damit wird der Vorteil eines größeren Widerstandsmomentes gegen Knicken erreicht, ohne dass der luftseitige Druckabfall über die Wellrippe signifikant zunimmt – im Gegenteil ist sogar ein geringerer Druckabfall zu erwarten. Die im Querschnitt S-förmig ausgebildete Kieme besitzt somit – im Vergleich zum Stand der Technik – einen variablen Kiemenwinkel, der zunächst von einem sehr niedrigen Wert auf einen maximalen Wert in der Mitte der Kiemenlänge ansteigt und danach wieder auf einen minimalen Wert zurückgeht. Damit wird eine „sanfte“ Umlenkung der Luftströmung erreicht, ohne dass – wie beim Stand der Technik – an der der An- und Abströmkante der Kiemen verlustbehaftete Wirbel auftreten. Als Vorteil ergibt sich ein unerwarteter Kombinationseffekt, indem die Knicksteifigkeit der Kiemen erhöht und deren Druckabfall gleichzeitig reduziert wird.

**[0010]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Querschnitt der Kiemen zweifach abgewinkelt und weist einen etwa Z-förmigen Verlauf auf, d. h. die erfindungsgemäß abgewinkelte Kieme weist drei Kiemenwinkel auf, wobei der Kiemenwinkel an der ersten Knickstelle von einem niedrigen auf einen hohen und an der zweiten Knickstelle wieder auf den niedrigen Wert springt. Somit weist die Z-Form gegenüber der S-Form einen unsteitigen Verlauf des Kiemenwinkels über der Kiemenlänge auf, was fertigungstechnisch Vereinfachungen mit sich bringt. Im Übrigen wird auch hier der Vorteil einer erhöhten Knicksteifigkeit, verbunden mit einem

reduzierten Druckabfall, erreicht.

**[0011]** Nach weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung sind sowohl für den S-förmigen als auch für den Z-förmigen Querschnitt der Kieme vorteilhafte Winkelabmessungen angegeben. Dabei ist insbesondere der geringe An- und Abströmwinkel von Vorteil, weil dadurch – wie bereits erwähnt – eine Wirbelbildung hinter der An- und Abströmkante vermieden wird. Gleichzeitig wird die Wärmeübertragungsleistung der Wellrippe nicht verschlechtert, da nach wie vor an jeder Anströmkante einer Kieme jeweils ein neuer Anlauf der thermischen Grenzschicht erfolgt. Dieser Mechanismus ist für einen großen Teil der Wärmeübertragung verantwortlich. Damit wird schließlich auch der Vorteil erreicht, dass der gesamte Wärmeübertrager hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit verbessert wird.

#### Ausführungsbeispiel

**[0012]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen

**[0013]** [Fig. 1](#) eine Wellrippe mit Kiemen gemäß Stand der Technik in einer Ansicht von vorn,

**[0014]** [Fig. 2](#) die Wellrippe gemäß Stand der Technik in einer Draufsicht,

**[0015]** [Fig. 3](#) einen Schnitt durch die Wellrippe gemäß [Fig. 2](#) entlang der Linie III–III,

**[0016]** [Fig. 4](#) die Wellrippe gemäß Stand der Technik und ihre Belastung,

**[0017]** [Fig. 5](#) eine erfindungsgemäße Wellrippe mit S-förmigem Querschnitt,

**[0018]** [Fig. 6](#) eine erfindungsgemäße Wellrippe mit einem Doppelknickquerschnitt,

**[0019]** [Fig. 7](#) eine Einzelheit X aus [Fig. 5](#) und

**[0020]** [Fig. 8](#) eine Einzelheit Y aus [Fig. 6](#).

**[0021]** [Fig. 1](#) zeigt eine Wellrippe **1** mit Kiemen **2** in Luftströmungsrichtung gesehen. Die Wellrippe **2** ist Teil eines vollständig nicht dargestellten Kühlsystems, bestehend aus Wellrippen und Flachrohren **3**, welche gestrichelt angedeutet sind. Die Wellrippen sind dabei jeweils zwischen zwei Rohren angeordnet. Die Rohre sind ihrerseits an ihren Endbereichen mit Sammelkästen fluiddicht verbunden. Typischer Weise sind die Rohre in Öffnungen im Sammelkasten eingesteckt und mit diesen fluiddicht verbunden. Vorzugsweise sind die Rohre in einen Rohrboden mit Öffnungen eingeschoben und abgedichtet verbunden, so daß das Fluid von einem Sammelkasten

durch die Fluidverbindungen innerhalb der Rohre zum anderen Sammelkasten gelangen kann. Die Wellrippe **1** und die Flachrohre **3** bestehen vorzugsweise jeweils aus einem Aluminiumwerkstoff und sind miteinander verlötet. Es können jedoch bei anderen Ausführungsvarianten auch andere Materialien verwendet werden, wie beispielsweise Stahl insbesondere für Abgaswärmeübertrager, Kupfer oder andere Legierungen.

**[0022]** [Fig. 2](#) zeigt die Wellrippe **1** in einer Draufsicht, wobei die Luftströmungsrichtung durch einen Pfeil L dargestellt ist. Die Kiemen **2** bilden zwei Kiemenfelder mit vorderen Kiemen **2a** und hinteren Kiemen **2b**.

**[0023]** [Fig. 3](#) zeigt einen Schnitt längs der Linie III–III und die entgegengesetzt gerichteten Kiemenwinkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  der vorderen Kiemen **2a** bzw. der hinteren Kiemen **2b**.

**[0024]** [Fig. 4](#) zeigt die Wellrippe **1** nach dem Stand der Technik und ihre Belastung durch die hier nicht dargestellten Flachrohre, wenn diese mit Innendruck beaufschlagt werden. Die Belastung der Wellrippe **1** ist durch Pfeile P1, P2 dargestellt, die jeweils auf einen Rippenbogen **1a**, **1b** wirken. Dies führt zu einer Druckbelastung der Rippenabschnitte zwischen dem Rippenbogen **1a**, **1b**, d. h. auch zu einer Druckbelastung der Kiemen **2**, die somit auch einer Knickbelastung unterliegen. Aufgrund des Rechteckquerschnittes der bekannten Kiemen **2** ergibt sich hier eine relativ niedrige Knicklast, die die Wellrippe **1** nach dem Stand der Technik einknicken lässt (vgl. Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, 20. Auflage, C 43).

**[0025]** [Fig. 5](#) zeigt eine erfindungsgemäße Wellrippe **5** mit vorderen Kiemen **6a** und hinteren Kiemen **6b**, welche einen S-förmigen Querschnitt aufweisen. Der S-förmige Querschnitt ist durch einen stetig veränderlichen Kiemenwinkel vom Eintritt bis zum Austritt der Luftströmung gekennzeichnet. Ein vergrößerter Querschnitt ist als Einzelheit X in [Fig. 7](#) dargestellt und wird dort näher beschrieben.

**[0026]** [Fig. 6](#) zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, nämlich eine Wellrippe **7** mit vorderen Kiemen **8a** und hinteren Kiemen **8b**, die jeweils zweifach abgewinkelt sind, d. h. einen Doppelknick aufweisen. Der Kiemenwinkel ändert sich bei dieser Doppelknickkieme **8a**, **8b** un stetig, d. h. jeweils an der Knickstelle. Eine vergrößerte Darstellung ist als Einzelheit Y in [Fig. 8](#) dargestellt und wird dort näher beschrieben.

**[0027]** [Fig. 7](#) zeigt die Einzelheit X aus [Fig. 5](#), d. h. die Kieme **6a**, welche zu einer Mittelebene e der Wellrippe **5** symmetrisch nach oben und unten angeordnet ist. Die S-Form der Kieme **6a** weist ein annähernd

Sinus-förmigen Verlauf auf und ist durch drei Abschnitte, nämlich einen Anströmbereich **9**, einen mittleren Umlenkbereich **10** und einen Abströmbereich **11** gekennzeichnet. Die Steigungen der einzelnen Bereiche **9**, **10**, **11** sind durch Geraden a, b, c dargestellt. Zwischen den Abschnitten **9**, **10**, **11** besteht jeweils ein kontinuierlicher Übergang. Der Anströmabschnitt **9** bildet mit der Mittelebene e einen Anströmwinkel  $\alpha_s$ , und der Abströmbereich **11** bildet mit der Mittelebene e einen Abströmwinkel  $\alpha_a$ , d. h. den Winkel zwischen den Geraden c und e. Der mittlere Querschnittsbereich **10**, d. h. der Umlenkbereich bildet mit der Mittelebene e einen Umlenkwinkel  $\beta_s$  (Winkel zwischen den Geraden b und e). Die Winkel  $\alpha_s$  liegen in einem Bereich von 0 bis 10 Grad, vorzugsweise in einem engeren Bereich von 0 bis 5 Grad. Der Umlenkwinkel  $\beta_s$  liegt in einem Bereich von 15 bis 35 Grad und vorzugsweise in einem Bereich von 20 bis 30 Grad. Die durch einen Pfeil L gekennzeichnete Luftströmung trifft also im Anströmbereich **9** auf einen äußerst geringen Anströmwinkel  $\alpha_s$ , sodass sich auf der Rück- bzw. Saugseite des Kiemenprofils keine Ablösungen und Wirbel bilden. Der Anströmwinkel  $\alpha_s$ , der dem Kiemenwinkel  $\alpha$  beim Stand der Technik entspricht, ändert sich mit zunehmender Umströmung der Kieme **6a** bis zu dem Wert  $\beta_s$  und nimmt dann wieder bis zum Wert  $\alpha_s$  im Bereich **11** ab. Damit erfolgt auch eine ablösungsfreie Abströmung der Luft. Der S-förmige Querschnitt der Kieme **6a** ergibt ein erhöhtes Widerstandsmoment gegen Knicken, d. h. eine höhere zulässige Knicklast – im Vergleich zum bekannten Rechteckquerschnitt.

[0028] **Fig. 8** zeigt die Einzelheit Y aus **Fig. 6**, d. h. die Wellrippe **7** mit Kiemen **8a**, die zweifach abgewinkelt sind und einen Doppelknickquerschnitt bzw. einen etwa Z-förmigen Verlauf aufweisen. Die Mittelebene der Wellrippe **7** ist auch hier mit e gekennzeichnet, d. h. als Bezugsebene für die einzelnen Winkel. Der Querschnitt der Kieme **8a** ist in drei Abschnitte unterteilt, nämlich einen Anströmabschnitt **12**, einen mittleren Umlenkbereich **13** und einen Abströmabschnitt **14**, wobei alle drei Abschnitte, **12**, **13**, **14** etwa geradlinig verlaufen und durch Radien r miteinander verbunden sind. Die Steigungen der einzelnen Abschnitte **12**, **13**, **14** sind durch Geraden a, b, c markiert und bilden mit der Bezugsebene e die An- und Abströmwinkel  $\alpha_z$  sowie den Umlenkwinkel  $\beta_z$ . Die Luftströmung ist wiederum durch einen Pfeil L dargestellt, und man erkennt, dass der Anströmwinkel  $\alpha_z$  relativ gering ist, sodass sich auf der Saugseite des Anströmabschnittes **12** und auch des Umlenkbereiches **13** keine bzw. kaum Ablösungserscheinungen der Strömung ergeben. Die Luftströmung kann somit auch an der Saugseite der Kieme **8a** anliegen, was einen geringen Druckabfall zur Folge hat. Die An- und Abströmwinkel  $\alpha_z$  liegen im Bereich von 0 bis 25 bzw. vorzugsweise im Bereich von 5 bis 15 Grad, und der Umlenkwinkel  $\beta_z$  liegt im Bereich von 15 bis 35 Grad bzw. vorzugsweise im Bereich von 20 bis 30

Grad. Auch durch dieses Z-förmige Profil der Kieme **8a** ergibt sich ein erhöhtes Widerstandsmoment gegen Knicken, welches sich mit der Zahl der Kiemen zu einem erhöhten Gesamtwiderstandsmoment gegen Knicken für die gesamte Wellrippe summiert.

[0029] Die Herstellung der oben beschriebenen Kiemen, d. h. sowohl mit S-Profil als auch mit Z-Profil erfolgt in ähnlicher Weise wie beim Stand der Technik, d. h. mittels so genannter Rippenschneidwalzen, welche die Kiemen aus einem ebenen Blechband schneiden und ausformen.

### Patentansprüche

1. Rippe, insbesondere Wellrippe, insbesondere für einen Flachrohrwärmeübertrager, insbesondere einen Kühlmittel- oder Ladeluft-Kühler für Kraftfahrzeuge, wobei die Rippe zwischen Flachrohren des Wärmeübertragers angeordnet oder senkrecht zu diesen angeordnet ist und stoffschlüssig oder mechanisch mit diesen verbunden ist, mit Kiemen besetzt und von Luft überströmbar ist sowie eingeformte Versteifungsmittel aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Versteifungsmittel in die Kiemen (**6a**, **6b**; **8a**, **8b**) integriert sind.

2. Rippe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kiemen (**6a**, **6b**; **8a**, **8b**) ein knicksteifes Profil aufweisen, das von einer Geraden oder einem Rechteckprofil abweichend ist.

3. Rippe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Profil einen S-förmigen Querschnitt (**6a**) mit zwei Rundungen aufweist.

4. Rippe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Profil einen zweifach, dreifach oder mehrfach abgewinkelten, beispielsweise etwa Z-förmigen Querschnitt (**8a**) aufweist.

5. Rippe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Profil einen einfach abgewinkelten, etwa V-förmigen Querschnitt (**8a**) aufweist.

6. Rippe nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt (**6a**; **8a**) einen Anström- und einen Abströmbereich (**9**, **11**; **12**, **14**) sowie einen zwischen beiden angeordneten Umlenkbereich (**10**; **13**) aufweist, wobei der An- und Abströmbereich je einen betragsmäßig etwa gleichen An- und Abströmwinkel ( $\alpha_s$ ,  $\alpha_a$ ) und der Umlenkbereich einen Umlenkwinkel ( $\beta_s$ ,  $\beta_a$ ) aufweisen und dass der Umlenkwinkel größer als der An- und Abströmwinkel ist, d. h.  $\beta_s > \alpha_s$  und  $\beta_a > \alpha_a$  sind.

7. Rippe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bereiche für die Winkel  $\alpha_s$  und  $\beta_s$  gelten:  $0 \leq \alpha_s \leq 10$  Grad und

15  $\beta_s \leq 35$  Grad.

8. Rippe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bereiche für die Winkel  $\alpha_s$  und  $\beta_s$  gelten: 0  $\alpha_s \leq 5$  Grad und 20  $\beta_s \leq 30$  Grad.

9. Rippe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Winkel  $\alpha_z$  und  $\beta_z$  folgende Bereiche gelten: 0  $\alpha_z \leq 25$  Grad und 15  $\beta_z \leq 35$  Grad.

10. Rippe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Winkel  $\alpha_z$  und  $\beta_z$  folgende Bereiche gelten: 5  $\alpha_z \leq 15$  Grad und 20  $\beta_z \leq 30$  Grad.

11. Wärmeübertrager mit Sammelkästen und mit diesen fluiddicht verbundenen Fluidkanäle, wie Rohren, wobei die Rohre jeweils in Öffnungen der Sammelkästen dicht aufgenommen sind, mit einem Einlass und einem Auslass, wobei zwischen den Rohren oder senkrecht zu den Rohren Rippen angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen gemäß zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche gestaltet sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

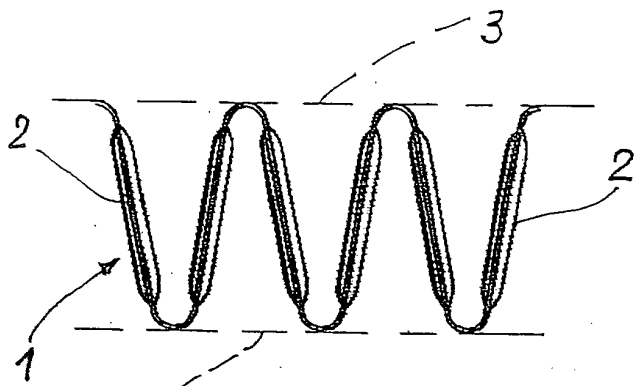


Fig. 1

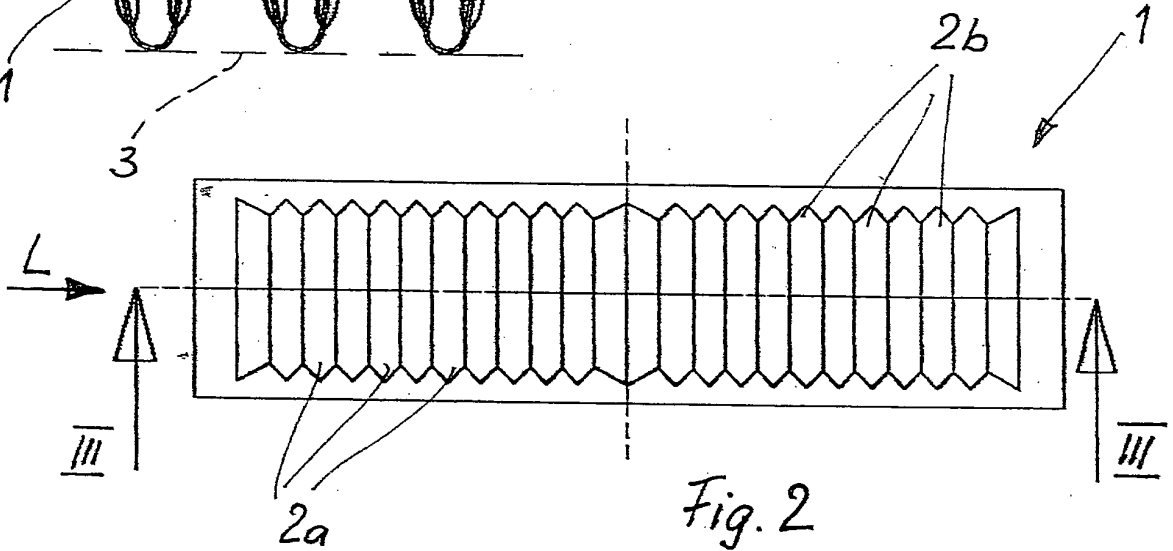


Fig. 2

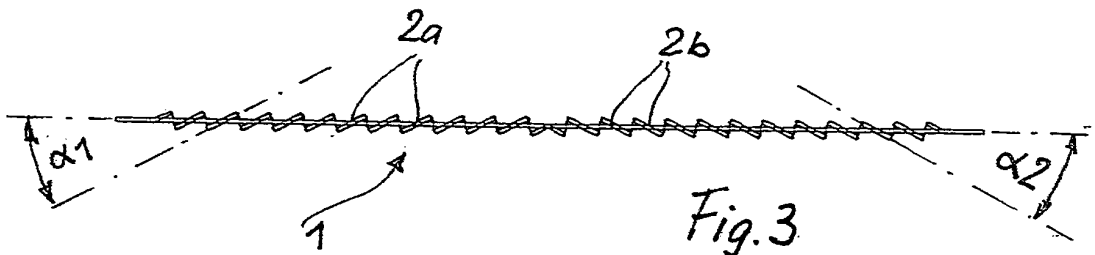


Fig. 3

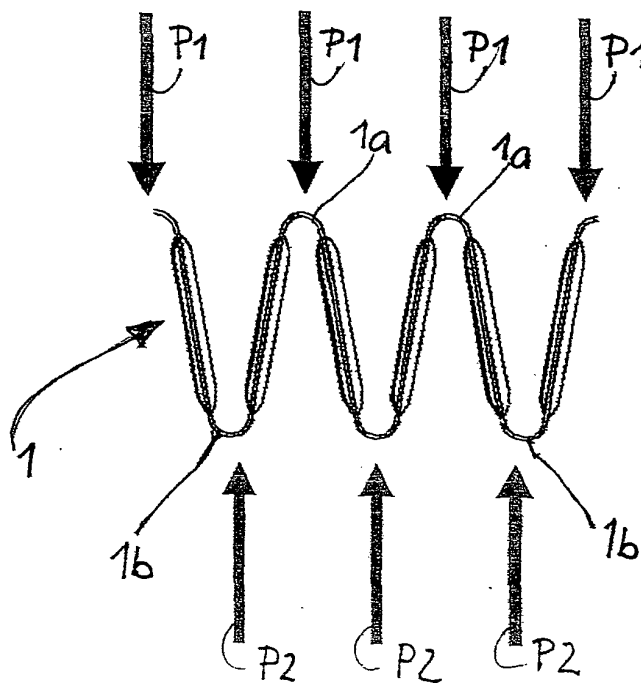


Fig. 4

