



(10) DE 10 2012 007 570 B4 2022.05.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 007 570.7**
(22) Anmeldetag: **12.04.2012**
(43) Offenlegungstag: **17.10.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.05.2022**

(51) Int Cl.: **F28F 1/12 (2006.01)**
F28F 3/00 (2006.01)
F28F 13/06 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Technische Universität Ilmenau, 98693 Ilmenau, DE

(72) Erfinder:
Karmo, Diala, Dipl.-Ing., 98693 Ilmenau, DE; Al Khateeb, Ayman, Dipl.-Ing., 98693 Ilmenau, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

GB	444 900	A
US	6 793 010	B1
US	7 082 032	B1
US	2003 / 0 196 784	A1
EP	0 597 801	A1
WO	2003/ 073 024	A1
WO	2007/ 070 059	A1
JP	H06- 257 893	A

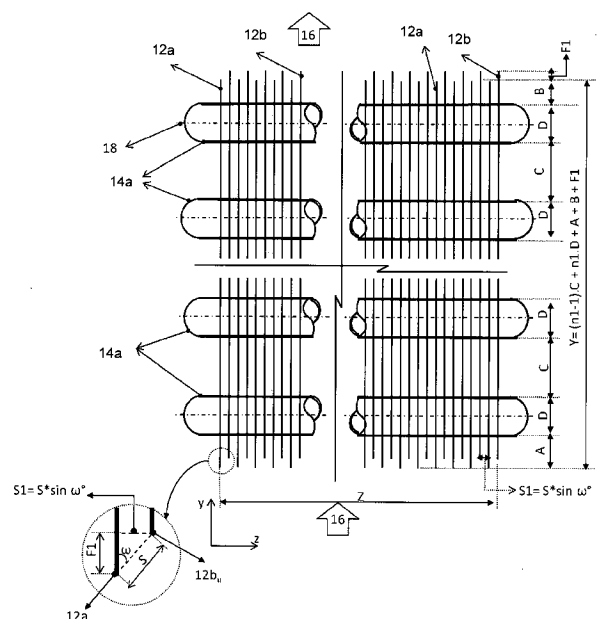
Karmo, Ajib.: Untersuchung der Einflüsse der Lamellenformen auf die Wärmeübertragungseigenschaften eines Trockenkühlturms. In: DKV Tagung Aachen, 2011, 1-8.

Sahin, Dal, Baysal: 3-D Numerical study on the correlation between variable inclined fin angles and thermal behavior in plate fin-tube heat exchanger. In: Applied Thermal Engineering, 2007, 27, 1806_1816.

Wolfgang Polifke, Jan Kopitz, Wärmeübertragung, (2., aktualisierte Auflage), [332-343]. München [u.a.] Pearson Studium, 2009

(54) Bezeichnung: **Lamellen-Rohr-Wärmetauscher mit verbesserter Wärmeübertragung**

(57) Hauptanspruch: Wärmetauscher mit verbesserter Wärmeübertragung, bestehend aus parallelen, in mehreren Ebenen über- und nebeneinander versetzt angeordneten Wärmetauscherrohren (14a) und einem von allen Wärmetauscherrohren (14a) durchsetzten Paket (13) aus parallelen, voneinander beabstandeten Lamellen (12), wobei die Wärmetauscherrohre (14a) von einem ersten Medium (17) durchströmbar und von einem zweiten Medium (16) senkrecht zur Strömungsrichtung des ersten Mediums (17) umströmbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass jede zweite Lamelle (12b) zu jeder ersten Lamelle (12a) um einen Betrag F_1 in Strömungsrichtung des zweiten Mediums (16) versetzt angeordnet ist und der Abstand S zwischen zwei benachbarten Lamellenunterkanten (12a_u) und (12b_u) konstant bleibt und der Abstand S_1 zwischen benachbarten Lamellen (12a) und (12b) entlang der Strömungsrichtung des ersten Mediums (17) die Bedingung $S_1 = S \cdot \sin \omega^\circ$ erfüllt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Lamellen-Rohr-Wärmetauscher, mit verbesserter Wärmeübertragung. Er umfasst eine oder mehrere, zueinander versetzt angeordnete Rohrreihen, die mehrere parallele Lamellen durchsetzen und vorzugsweise einen Ventilator, mit dem Gas oder Luft durch die Lamellen geblasen werden kann.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass die Hauptkomponenten eines Lamellen-Rohr-Wärmetauschers Rohre und Lamellen sind. Typischerweise wird ein solcher Wärmetauscher so aufgebaut, dass an den Rohren gleichartige, zueinander parallele Lamellen befestigt sind, um die Wärmeübertragungsflächen zu vergrößern. Durch die Rohre strömt ein erstes Medium (meist Wasser) und kontaktiert ihre inneren Wände, während ein zweites Medium (meist Gas) ihre äußeren Wände und die Lamellenoberfläche kontaktiert. Die Lamellen haben Kontakt mit den äußeren Rohrwänden und dem zweiten Medium. Sie haben die Aufgabe, sobald ein Temperaturunterschied zwischen den beiden Medien entsteht, die Wärme über die Rohrwände und Lamellenflächen von einem zum anderen Medium zu übertragen.

[0003] Es ist auch bekannt, ein Rohr in Form einer Kühlschlange auszubilden, wobei ein gerades Rohrteilstück aus dem Lamellenblock herausragt, um 180° gebogen wird und parallel zu anderen Rohrteilstücken den Lamellenblock durchläuft (s. **Fig. 1** und **Fig. 2**). Außerdem sind auch Wärmetauscher bekannt, bei denen Rohre mit ellipsenförmigen Querschnitten verwendet werden, um somit die Kontaktfläche zwischen den Rohren und den Lamellen zu erhöhen und die Druckverluste des zweiten Mediums (Luft) zu reduzieren. Die Rohre eines Wärmetauschers können auch zueinander versetzt und / oder in gleichen Ebenen übereinander angeordnet sein.

[0004] Die einfachste bekannte Lamellenform ist eine flach ausgebildete Lamelle. Sie wird von einem oder mehreren Rohren in verschiedenen Positionen in einer oder mehreren Ebenen durchsetzt. Zur Erhöhung der Wärmeübertragung wurden die Lamellenflächen vergrößert und gebogene, abgewinkelte oder gewellte Lamellen entwickelt. Eine nochmalige Steigerung der Wärmeübertragung gelang durch die Verwendung von perforierten oder geschlitzten Lamellen, weil diese Lamellenmodelle zu einer besseren Quervermischung der Luftströmung zwischen den Lamellen führen.

[0005] Eine weitere Verbesserung der Wärmeübertragung in einem Wärmetauscher kann durch die Neigung der Lamellen aus der vertikalen Ebene realisiert werden. Nach [Haci Mehmet Sahin, Ali Riza Dal, Esref Baysal, 3-D Numerical study on the cor-

relation between variable inclined fin angles and thermal behavior in plate fin-tube heat exchanger, Applied Thermal Engineering 27 (2007), 1806-1816] wird ein optimaler Neigungswinkel der Lamellen von 30° empfohlen. Dabei erhöht sich die Wärmeübertragung auf Grund der Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der Luft zwischen den Lamellen. Während der Querschnitt der Lufteintrittsfläche mit der Veränderung des Neigungswinkels nicht geändert wird, reduzieren sich jedoch die Abstände zwischen den Lamellen. Es kommt aber auch zu einer geringen Druckverlustserhöhung.

[0006] Außerdem führt nach [Diala Karmo, Salman Ajib, Untersuchung der Einflüsse der Lamellenformen auf die Wärmeübertragungseigenschaften eines Trockenkühlturms, DKV-Tagung Aachen (2011)] die Verwendung von geneigten abgewinkelten bzw. gebogenen sowie gewellten Lamellen anstelle geneigter flacher Lamellen in einem Wärmetauscher mit mehreren Rohrreihen zu einer weiteren Erhöhung der Wärmeübertragung. Es wurde dargestellt, dass die Neigung der Lamellen in einem Wärmetauscher die Reduzierung der Abstände zwischen den versetzt angeordneten Rohren erfordert, da andernfalls ab einem bestimmten Neigungswinkelwert θ° das obere Rohr die Lamellen nicht mehr durchsetzen kann (s. **Fig. 4**).

[0007] Mit der EP 0 597 801 A1 wird ein Lamellen-Rohr-Wärmetauscher mit kurvenförmigen Verlauf vorgestellt. Die Rohre befinden sich hier in zwei Gebieten. In dem ersten Gebiet sind die Rohre gerade und werden von zueinander parallelen, senkrecht zu den Rohren angeordneten Lamellen bedeckt. In dem zweiten Gebiet werden die Rohre in Richtung des Wärmetauschers gebogen, um sie dem kurvenförmigen Verlauf des Wärmetauschers entsprechend anzupassen. Mit zunehmendem Bogenradius erhöht sich die Rohrlänge von innen nach draußen. Im zweiten Gebiet sind die Lamellen nicht mehr parallel zueinander, jedoch noch senkrecht zu den Rohren angeordnet.

[0008] Bei den in der WO 2003/ 073 024 A1 oder JP H06- 257 893 A beschriebenen Lösungen werden Lamellen mit unterschiedlichen Längen in Wärmetauschern so angeordnet, dass sie an einer Seite versetzte Lamellenenden und an der gegenüberliegenden Seite, in einer Ebene angeordnete Lamellenenden aufweisen. Der Unterschied zwischen den Lamellenlängen ist grundsätzlich sehr viel größer als die Abstände zwischen zwei gleichen benachbarten. Das führt dazu, dass das Gas parallel zu den Lamellenflächen strömt und keine Turbulenzen hervorruft.

[0009] Aus der US 2003/0196784 A1 ist ein Wärmetauscher bekannt, bei dem die Lamellen aus geraden und geneigten Teilen bestehen. Damit soll die Turbu-

lenz des Gases zwischen den Lamellen erhöht werden. Ein Nachteil dieser Konstruktion besteht jedoch darin, dass sich die Lamellenanzahl wegen der geneigten Teile reduziert und vor allem der Druckverlust des Gases erhöht.

[0010] In der GB 444 900 A wird ein Wärmetauscher beschrieben, bei dem die Rohre um einen Winkel zur Horizontalebene geneigt werden und die Lamellen senkrecht zur Rohrlängsachse, parallel oder geneigt zu der vertikalen Ebene angeordnet werden. Das führt dazu, dass die Lamellen versetzt angeordnet sind. Dies wirkt sich allerdings nachteilig auf die Größe des Wärmetauschers aus. Im Gegensatz dazu ist aus der US 6 793 010 B1 ein Wärmetauscher bekannt, bei dem die Rohre geneigt sind, so dass die Lamellen nicht mehr senkrecht auf den Rohren angeordnet werden.

[0011] Aus der US 7 082 032 B1 ist weiterhin ein Abkühlungsapparat bekannt, der zur Abkühlung von Komponenten in elektronischen Geräten benutzt werden kann. Dieser Apparat besteht aus einer Basis und vertikal versetzten Lamellen. Um die Höhe dieses Apparats und das Volumen der Computer zu reduzieren, wird vorgeschlagen, dass die parallelen Lamellen mit der Basis einen nicht-senkrechten Winkel einschließen. Die Wärme fließt von den elektronischen Komponenten des Computers durch die Basis und die damit verbundenen Lamellen. Anschließend wird der Luft die Wärme entzogen.

[0012] Die WO 2007/070059 A1 betrifft eine Kühlschlange des Kondensators in einem „Refrigerator Merchandise“. Dabei weisen die Lamellen an der Seite des Lufteintritts zwei oder drei verschiedene abwechselnde Längen auf. Damit soll eine Reinigung der Lufteintrittsfläche von Schmutz erreicht werden. Bei dieser Lösung verändern sich die Lufteintrittsflächen in Abhängigkeit von den Lamellenlängen und der Anzahl der nebeneinander liegenden verkürzten Lamellen.

[0013] Aus der Veröffentlichung [Wolfgang Polifke, Jan Kopitz, Wärmeübertragung, (2., aktualisierte Auflage), [332-343]. München [u.a.]: Pearson Studium, 2009] ist außerdem bekannt, dass die Wärmeübertragungswerte auf den Lamellenflächen nicht konstant sind, sondern sich mit wachsender Entfernung von der Eintrittsfläche des durchströmenden Gases in den Wärmetauscher ständig reduzieren. Wie in **Fig. 3** dargestellt, sind die Wärmeübertragungswerte auf einer in vier fiktive Teilstücke (12a₁), (12a₂), (12a₃) und (12a₄) unterteilten Lamelle und auf 4 versetzten Rohren (14a₁), (14a₂), (14a₃) und (14a₄) auf der Oberfläche des der Eintrittsfläche des durchströmenden Gases am nächsten liegenden Lamellenteilstücks (12a₁) bzw. des der Eintrittsfläche des durchströmenden Gases am nächsten liegenden Rohrs (14a₁) am größten. Die Wärmeübertragungs-

werte auf den weiter beabstandeten Lamellenteilstücken (12a₂), (12a₃) bzw. (12a₄) sowie auf den weiter beabstandeten Rohren (14a₂), (14a₃) bzw. (14a₄) sind erheblich kleiner als auf dem Lamellenteilstück (12a₁) bzw. auf dem Rohr (14a₁).

[0014] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, einen optimierbaren Lamellen-Rohr-Wärmetauscher, mit verbesserter Wärmeübertragung und reduzierten geometrischen Abmaßen bereitzustellen.

[0015] Erfindungsgemäß gelingt die Lösung dieser Aufgabe mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lösung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0016] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 - eine perspektivische Ansicht eines aus dem Stand der Technik bekannten Wärmetauschers mit integriertem Ventilator

Fig. 2 - eine vergrößerte Detailansicht aus **Fig. 1**

Fig. 3 - eine Schnittdarstellung eines Ausschnittes aus **Fig. 2** in der X-Y-Ebene

Fig. 4 - verschiedene Lamellen-Neigungswinkel in der Y-Z-Ebene

Fig. 5 - die Anordnung der Wärmetauscherrohre und Lamellen in der Y-Z-Ebene in einem Wärmetauscher nach **Fig. 1**

Fig. 6 - die Anordnung der Wärmetauscherrohre und Lamellen in der Y-Z-Ebene in einem erfindungsgemäßen Wärmetauscher

[0017] In den **Fig. 1** bis **Fig. 5** sind verschiedene Ansichten eines aus dem Stand der Technik bekannten Lamellen-Rohr-Wärmetauschers dargestellt. In einem Wärmetauschergehäuse (10) sind zueinander versetzte, parallele Wärmetauscherrohre (14a) und ein von diesen Wärmetauscherrohren (14a) durchsetztes Paket (13) aus parallel zueinander und senkrecht zu den Wärmetauscherrohren (14a) angeordneten, voneinander beabstandeten Lamellen (12) positioniert. Außerdem ist ein Ventilator (11) zur Erzeugung einer Strömung eines zweiten Mediums (16), vorzugsweise Gas, vorgesehen. Die einzelnen Lamellen (12) haben jeweils die gleiche Lamellenbreite (X) und die gleiche Lamellenhöhe (Y). Bei m verwendeten Lamellen resultiert eine Lamellenpakettiefe (Z) = (m) * Lamellendicke + (m - 1) * Lamellenabstand.

Durch die Wärmetauscherrohre (14a) strömt in Z-Richtung ein erstes Medium (17). Angetrieben durch den Ventilator (11) umströmt senkrecht dazu ein zweites Medium (16) die Wärmetauscherrohre (14a) und die Lamellen (12) in Y-Richtung.

[0018] Mit der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, jeweils benachbarte, zur X-Y-Ebene parallele Lamellen in Y-Richtung (Strömungsrichtung des zweiten Mediums) um einen Betrag F_1 abwechselnd zu verschieben. Die erfindungsgemäße Lamellenanordnung entsteht also durch Verschiebung jeder zweiten Lamelle (12b) in Richtung der Y-Achse, wobei die Position jeder ersten Lamelle (12a) erhalten bleibt. Erfindungsgemäß erfolgt die Verschiebung der Lamellen unter der Bedingung, dass sich der Abstand S_1 zwischen zwei benachbarten Lamellen (12a) und (12b) reduziert:

$$S_1 = S \cdot \sin \omega^\circ$$

[0019] Eine optimale Auslegung des erfindungsgemäßen Wärmetauschers kann dadurch erreicht werden, dass der Abstand S zwischen zwei benachbarten Lamellenunterkanten (12a_u) und (12b_u) konstant bleibt.

[0020] Durch die erfindungsgemäße versetzte Anordnung der Lamellen erhöht sich allerdings die Wärmetauschergesamthöhe Y geringfügig um den Betrag F_1 . Jedoch lässt sich die Wärmetauschergesamthöhe Y bei gleichbleibender Wärmeübertragung durch Verringerung der Anzahl der übereinanderliegenden Rohrreihen signifikant reduzieren, wobei letzteres durch die Erhöhung der Lamellenanzahl und durch die Reduzierung der Lamellenhöhen gewährleistet werden kann. Durch Variation des neuen Lamellenabstandes S_1 , des Abstandes S zwischen zwei benachbarten Lamellenunterkanten (12a_u) und (12b_u) oder des Winkels ω° kann der erfindungsgemäße Lamellen-Rohr-Wärmetauscher optimal ausgelegt werden. Bei dem erfindungsgemäßen Lamellen-Rohr-Wärmetauscher werden die Abstände zwischen den einzelnen Lamellen verringert, wodurch sich die Anzahl der Lamellen erhöhen lässt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass zur Erhaltung des Volumenstroms zwischen den Lamellen die Ventilationsleistung zu erhöhen ist.

[0021] Ein erfindungsgemäßer Lamellen-Rohr-Wärmetauscher weist im Vergleich zu den bisher bekannten Lamellen-Rohr-Wärmetauschern mehrere Vorteile auf. So gelingt es die Anzahl der verwendeten Lamellen im Paket zu erhöhen und gleichzeitig die Lamellenhöhe zu reduzieren. Folglich kann auf die oberen Teilstücke der Lamellen, auf deren Oberflächen die Wärmeübertragung am geringsten ist, verzichtet werden, während die Anzahl der unteren Teilstücke der Lamellen, deren Abstand zur Eintrittsfläche des zweiten Mediums gering ist und auf deren Oberflächen die Wärmeübertragung am größten ist, vergrößert wird. Infolgedessen erhöht sich die resultierende Wärmeübertragung erheblich. Jedoch erfordert die Erhöhung der Anzahl der Lamellen eine Erhöhung der Ventilationsleistung, um die Volumenströme zwischen den Lamellen konstant zu hal-

ten. Es ist anzumerken, dass das Verhältnis aus gewonnener Wärmeübertragungsfähigkeit und steigender Ventilationsleistung erheblich verbessert wird. Im Übrigen verursacht die Reduzierung der Lamellenhöhe eine Verringerung der Druckverluste zwischen den Lamellen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmetauschers, bei der der Abstand S zwischen zwei benachbarten Lamellenunterkanten (12a_u) und (12b_u), der Volumenstrom des zweiten Mediums sowie die resultierende Wärmeübertragung konstant sind, lässt sich der Materialeinsatz für die Lamellen und für die Wärmetauscherrohre erheblich reduzieren. Dabei sind die durch die Reduzierung der Lamellenhöhen und der Anzahl der Rohrreihen eingesparten Lammellenflächen sehr viel größer als die durch die Erhöhung der Lamellenanzahl hinzugefügten Lamellenflächen.

Da sich erfindungsgemäß die Abstände zwischen zwei benachbarten Lamellen verringern, erhöht sich die Geschwindigkeit des zweiten Mediums an der Eintrittsfläche zwischen zwei benachbarten Lamellen, wenn der Volumenstrom konstant bleibt. Dadurch vergrößert sich ebenfalls die resultierende Wärmeübertragung. Die erforderliche Erhöhung der Ventilationsleistung zur Kompensation der entstehenden Druckverluste zwischen den Lamellen ist dabei viel geringer als die zusätzliche gewonnene Wärmeübertragung.

Bezugszeichenliste

10	Wärmetauschergehäuse
11	Ventilator
12	Lamelle
12a	eine erste Lamelle
12a ₁	das erste Lamellenteilstück nach der Lamellenunterkante
12a ₂	das zweite Lamellenteilstück nach der Lamellenunterkante
12a ₃	das dritte Lamellenteilstück nach der Lamellenunterkante
12a ₄	das vierte Lamellenteilstück nach der Lamellenunterkante
12a _u	Unterkante einer ersten Lamelle
12b	eine zweite, in Y-Richtung verschobene Lamelle
12b _u	Unterkante einer zweiten Lamelle
13	Lamellenpaket
14a	zur X-Z-Ebene paralleler Wärmetauscherrohrabschnitt
14a ₁	das erste Wärmetauscherrohr nach der Lamellenunterkante

14a ₂	der zweite Wärmetauscherrohr nach der Lamellenunterkante	Strömungsrichtung des ersten Mediums (17) umströmbar sind, dadurch gekennzeichnet , dass jede zweite Lamelle (12b) zu jeder ersten Lamelle (12a) um einen Betrag F_1 in Strömungsrichtung des zweiten Mediums (16) versetzt angeordnet ist und der Abstand S zwischen zwei benachbarten Lamellenunterkanten ($12a_u$) und ($12b_u$) konstant bleibt und der Abstand S_1 zwischen benachbarten Lamellen (12a) und (12b) entlang der Strömungsrichtung des ersten Mediums (17) die Bedingung $S_1 = S \cdot \sin \omega^\circ$ erfüllt.
14a ₃	der dritte Wärmetauscherrohr nach der Lamellenunterkante	
14a ₄	der vierte Wärmetauscherrohr nach der Lamellenunterkante	
16	zweites Medium	
17	erstes Medium	
18	Rohrachse	
A	Abstand zwischen Lamellenunterkante und erstem Wärmetauscherrohr	
B	Abstand zwischen Lamellenoberkante und viertem Wärmetauscherrohr	
C	Abstand zwischen zwei versetzten Wärmetauscherrohren	
D	Wärmetauscherrohrdurchmesser	
S	Abstand zwischen zwei benachbarten Lamellen in einem aus dem Stand der Technik bekannten Wärmetauscher	
S_1	Abstand zwischen zwei benachbarten Lamellen in einem erfindungsgemäßen Wärmetauscher	
F_1	vertikaler Abstand zwischen zwei benachbarten Lamellenober- oder Lamellenunterkanten	
n	Anzahl der Rohrreihen in einem aus dem Stand der Technik bekannten Wärmetauscher	
n_1	Anzahl der Rohrreihen in einem erfindungsgemäßen Wärmetauscher ($n_1 \leq n$)	
θ°	Lamellenneigungswinkel	
ω°	der Kathete S_1 gegenüberliegender Winkel des rechtwinkligen Dreiecks an zwei benachbarten versetzten Lamellenenden	
X	Lamellenbreite (Wärmetauscherbreite)	
Y	Lamellenhöhe (Wärmetauscherhöhe)	
Z	Lamellenpakettiefe (Wärmetauscher-tiefe)	

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lamellen (12) gleiche geometrische Abmaße und Ausnehmungen aufweisen, wobei die Ausnehmungen der zweiten Lamellen (12b) um den Betrag F_1 gegen die Strömungsrichtung des zweiten Mediums (16) versetzt angeordnet sind.

3. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt der Wärmetauscherrohre (14a) und die Form der Ausnehmungen in den Lamellen (12) aneinander angepasst sind.

4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass er eine Einrichtung zur Verstärkung der Strömung des zweiten Mediums (16) aufweist.

5. Wärmetauscher nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass er einen Ventilator (11) umfasst.

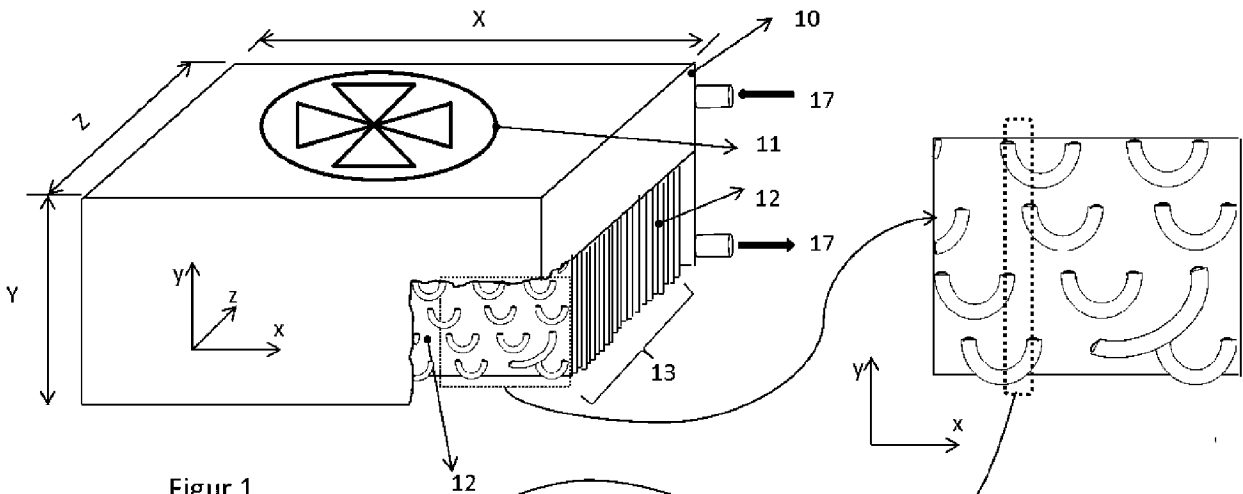
6. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lamellen (12) flach, abgewinkelt, gebogen, gekrümmt oder gewellt ausgeführt sind.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Patentansprüche

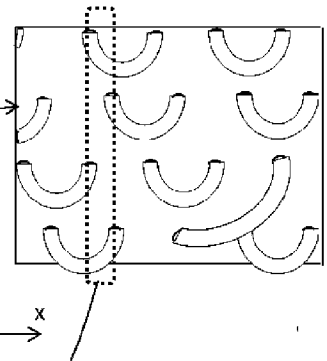
1. Wärmetauscher mit verbesserter Wärmeübertragung, bestehend aus parallelen, in mehreren Ebenen über- und nebeneinander versetzt angeordneten Wärmetauscherrohren (14a) und einem von allen Wärmetauscherrohren (14a) durchsetzten Paket (13) aus parallelen, voneinander beabstandeten Lamellen (12), wobei die Wärmetauscherrohre (14a) von einem ersten Medium (17) durchströmbar und von einem zweiten Medium (16) senkrecht zur

Anhängende Zeichnungen



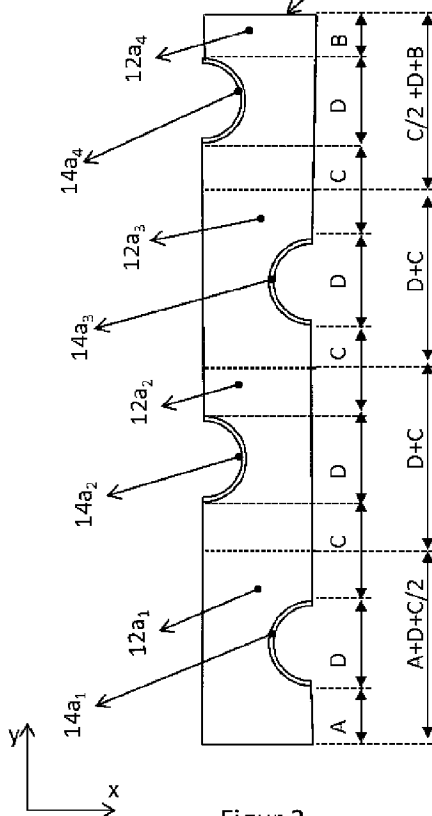
Figur 1

Stand der Technik



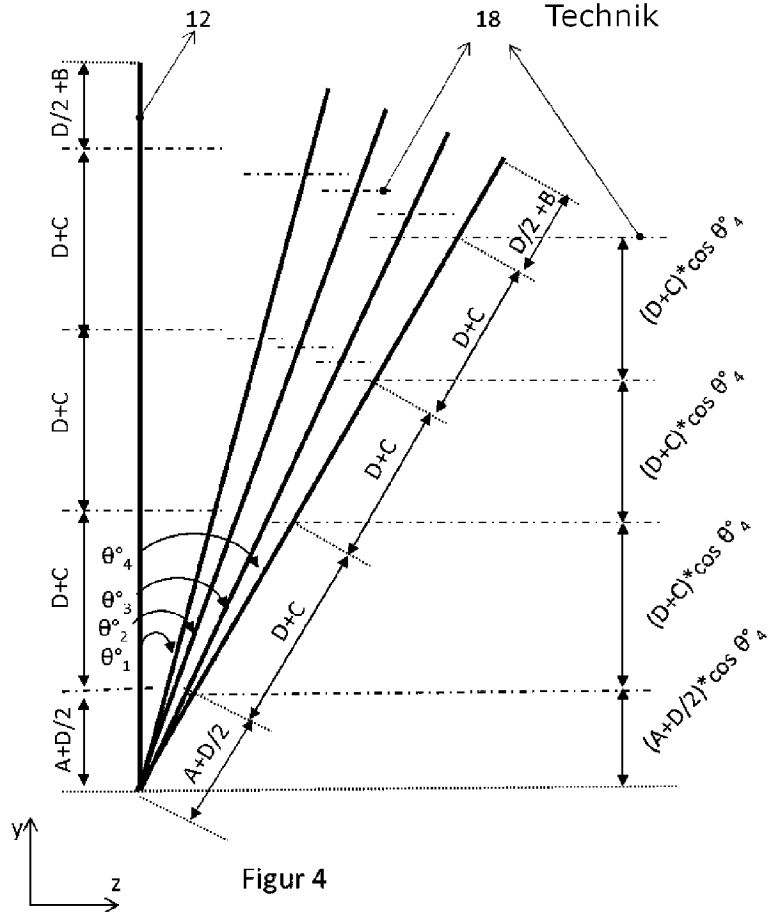
Figur 2

Stand der Technik



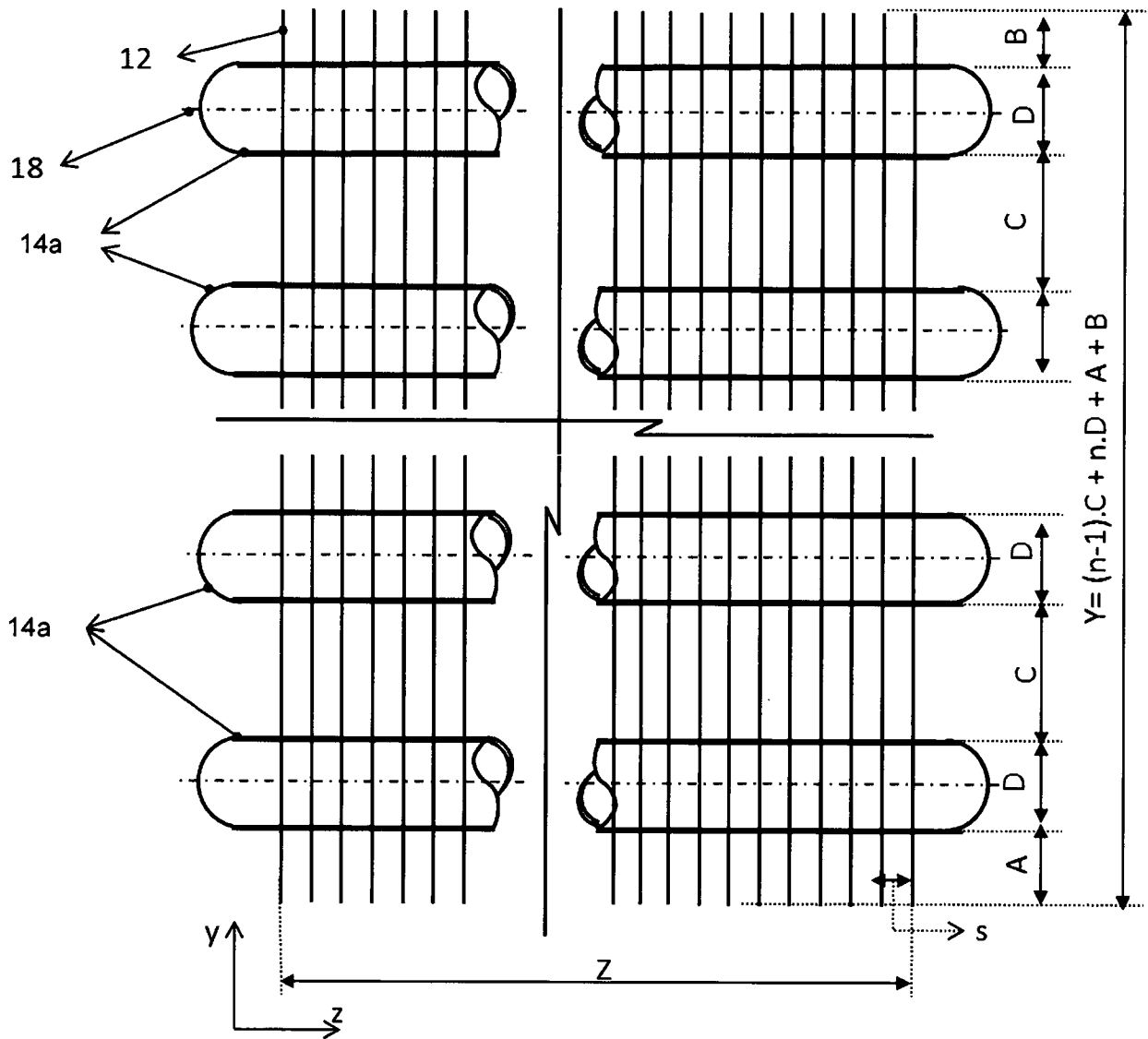
Figur 3

Stand der Technik

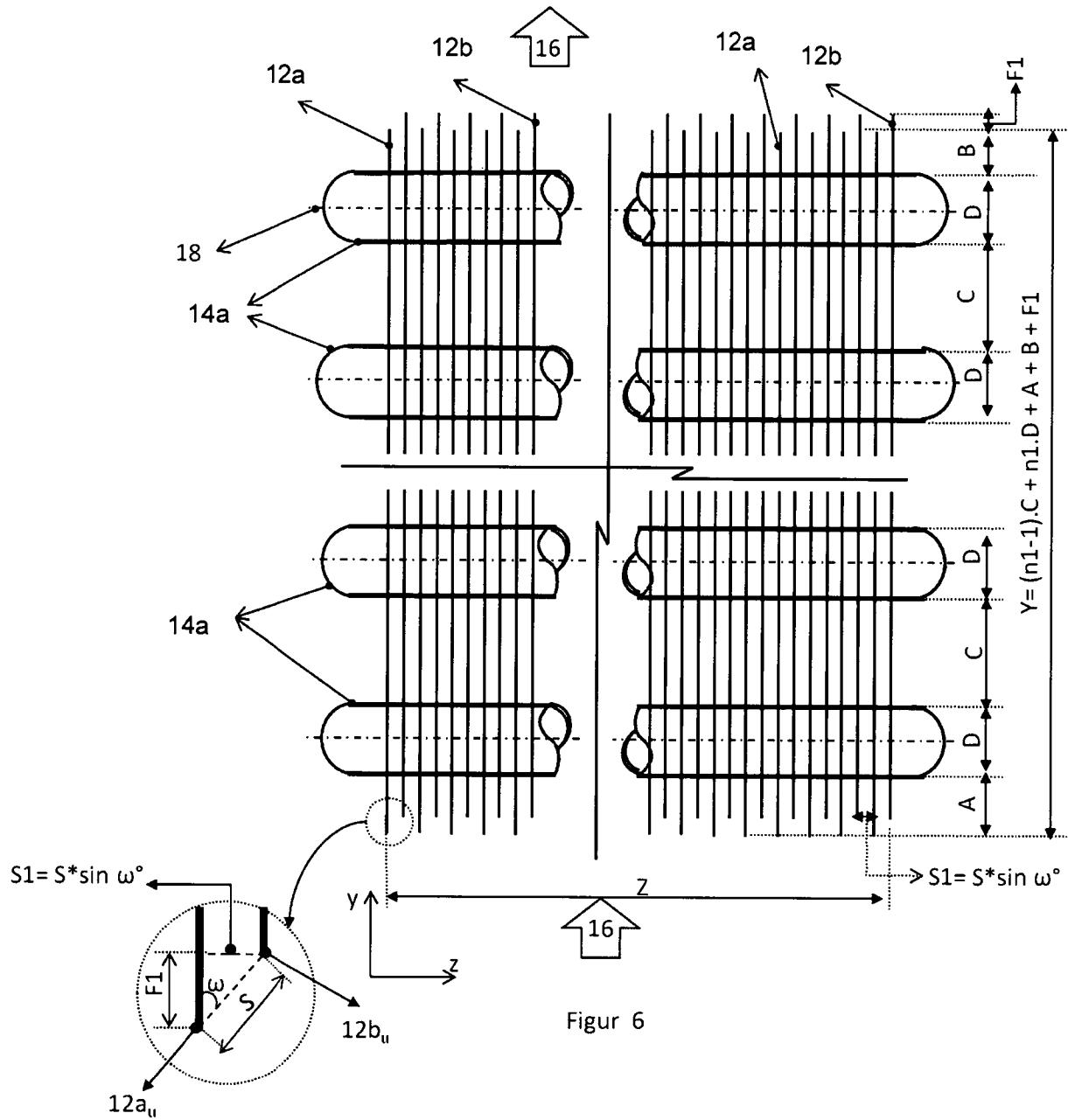


Figur 4

Stand der Technik



Figur 5 Stand der Technik



Figur 6