



(10) **DE 10 2014 001 575 A1** 2014.10.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 001 575.0**

(22) Anmeldetag: **05.02.2014**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2014**

(51) Int Cl.: **F28D 9/00 (2006.01)**

F02B 29/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

61/805,712

27.03.2013

US

(71) Anmelder:

Modine Manufacturing Co., Racine, Wis., US

(72) Erfinder:

Ouradnik, Zachary, Racine, Wis., US; Keith, Davis, Milwaukee, Wis., US; Dandan, Isaac, Kenosha, Wis., US; Cornell, Kenneth, Waterford, Wis., US; Richards, Daniel, Greendale, Wis., US

(74) Vertreter:

Wolter, Klaus-Dietrich, 70794 Filderstadt, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Luft-Luft-Wärmetauscher**

(57) Zusammenfassung: Luft-Luft-Wärmetauscher (1), welcher Folgendes umfasst:

erste und zweite parallel angeordnete beabstandete Kühlluftströmungsdurchgänge (10), die sich von einer Kühlluft-einlassfläche (7) zu einer Kühlluftauslassfläche (8) erstrecken, wobei der Abstand zwischen der Kühlluft-einlassfläche (7) und der Kühlluftauslassfläche (8) eine Wärmetauscherkerntiefe definiert,

einen Strömungsdurchgang für erwärmte Luft (9), der zwischen den ersten und zweiten Kühlluftströmungsdurchgängen (10) angeordnet ist und sich über einen ersten Prozentsatz (26) der Kerntiefe erstreckt, wobei sich der Strömungsdurchgang für erwärmte Luft (9) von einer Einlassfläche für erwärmte Luft (17) zu einer Auslassfläche für erwärmte Luft (18) in einer zur Kerntiefe senkrechten Richtung erstreckt, wobei der Abstand zwischen der Einlassfläche für erwärmte Luft und der Auslassfläche für erwärmte Luft eine Wärmetauscherkernbreite definiert,

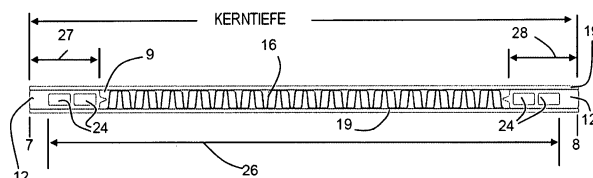
einen ersten thermisch leitenden Trenner (19) zwischen dem ersten Kühlluftströmungsdurchgang und dem Strömungsdurchgang für erwärmte Luft,

einen zweiten thermisch leitenden Trenner (19) zwischen dem zweiten Kühlluftströmungsdurchgang und dem Strömungsdurchgang für erwärmte Luft,

einen ersten strukturell verstärkten Abschnitt (27), der zwischen dem ersten und dem zweiten Trenner (19) angeordnet ist, sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft in Kernbreitenrichtung erstreckt und sich von der Kühlluft-einlassfläche in Kerntiefenrichtung über einen zweiten Prozentsatz der Kerntiefe erstreckt, und

einen zweiten strukturell verstärkten Abschnitt (28), der zwischen dem ersten und dem zweiten Trenner (19) angeordnet ist, sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft in Kernbreitenrichtung erstreckt und sich von der Kühlluftauslassfläche über einen dritten Prozentsatz der Kerntiefe erstreckt, wobei die Sum-

me aus dem ersten, dem zweiten und dem dritten Prozentsatz der Kerntiefe größer als 100 Prozent ist.



Beschreibung**HINTERGRUND**

[0001] Luft-Luft-Wärmetauscher werden üblicherweise verwendet, um einen erwärmten Strom von Prozessluft unter Verwendung von Umgebungsluft zu kühlen. Ein spezielles Beispiel solcher Wärmetauscher kann in so genannten Aufladeluftkühlern für Verbrennungsmotorsysteme gefunden werden. Bei solchen Systemen wird die den Verbrennungskammern zugeführte Luft unter Verwendung der andernfalls verschwendeten im Abgasstrom verbleibenden Enthalpie komprimiert. Die zugehörige Erwärmung der Prozessluft durch diese Kompression ist unerwünscht, weil sie zu erhöhten Emissionspegeln regulierter Verunreinigungen sowie zu einer durch die verhältnismäßig niedrige Dichte der erwärmten Luft hervorgerufenen verringerten thermischen Effizienz des Motors führt. Es ist daher wünschenswert, wenn die komprimierte Prozessluft vor der Zufuhr der Luft zu den Verbrennungskammern gekühlt wird.

[0002] Bei einigen herkömmlichen Konstruktionen eines Luft-Luft-Wärmetauschers zur Aufladeluftkühlung wird die erwärmte Luft durch einen Umgebungsluftstrom gekühlt, der in Querströmungsorientierung zur erwärmten Luft gerichtet ist. Bei einem bestimmten Stil eines solchen Wärmetauschers, der üblicherweise als ein Stangen-Platten-Stil bezeichnet wird, werden flache Platten und Stangen verwendet, um alternierende Strömungskanäle für die beiden Fluide zu verschachteln, um Wärme zwischen ihnen zu übertragen. Solche Wärmetauscher sind bekanntermaßen infolge der auf den Wärmetauscher durch die hohen schwankenden Temperaturen der erwärmten Luft ausgeübten Spannungen für eine thermische Ermüdung anfällig.

KURZDARSTELLUNG

[0003] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist ein Luft-Luft-Wärmetauscher vorgesehen, welcher einen ersten und einen zweiten Kühlluftströmungsdurchgang aufweist, welche sich von einer Kühlluft-einlassfläche zu einer Kühlluftauslassfläche erstrecken. Der Abstand zwischen der Kühlluft-einlassfläche und der Kühlluftauslassfläche definiert die Kerntiefe des Wärmetauschers. Ein Strömungsdurchgang für erwärmte Luft ist zwischen den Kühlluftströmungsdurchgängen angeordnet und erstreckt sich über einen ersten Prozentsatz der Kerntiefe. Thermisch leitende Trenner sind zwischen dem Strömungsdurchgang für erwärmte Luft und jedem der Kühlluftströmungsdurchgänge angeordnet. Ein erster strukturell verstärkter Abschnitt ist zwischen den Trennern bereitgestellt und erstreckt sich von der Kühlluft-einlassfläche in Kerntiefenrichtung über einen zweiten Prozentsatz der Kerntiefe. Ein zweiter strukturell verstärkter Abschnitt ist zwischen den Tren-

nern bereitgestellt und erstreckt sich von der Kühlluftauslassfläche in Kerntiefenrichtung über einen dritten Prozentsatz der Kerntiefe. Die Summe aus dem ersten, dem zweiten und dem dritten Prozentsatz ist größer als 100 Prozent.

[0004] Gemäß einigen Ausführungsformen weist ein Abschnitt der Kerntiefe sowohl einen Teil des Strömungsdurchgangs für erwärmte Luft als auch einen Teil des ersten strukturell verstärkten Abschnitts auf. Gemäß einigen Ausführungsformen weist ein Abschnitt der Kerntiefe sowohl einen Teil des Strömungsdurchgangs für erwärmte Luft als auch einen Teil des zweiten strukturell verstärkten Abschnitts auf. Gemäß einigen Ausführungsformen ist eine gewellte Rippenstruktur zwischen den Trennern zumindest in einem Abschnitt des Strömungsdurchgangs für erwärmte Luft bereitgestellt, und gemäß einigen dieser Ausführungsformen befindet sich die gewellte Rippenstruktur zwischen dem ersten und dem zweiten strukturell verstärkten Abschnitt.

[0005] Gemäß einigen Ausführungsformen beträgt die Summe des ersten, des zweiten und des dritten Abschnitts mindestens 115%. Gemäß einigen dieser Ausführungsformen beträgt zumindest einer von dem zweiten und dem dritten Prozentsatz mindestens 12%.

[0006] Gemäß einigen Ausführungsformen weist zumindest einer der strukturell verstärkten Abschnitte eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte Wand auf. Die erste Wand erstreckt sich von einer Einlassfläche für erwärmte Luft zu einer Auslassfläche für erwärmte Luft und vom ersten Trenner zum zweiten Trenner. Eine Fläche der ersten Wand ist mit der Kühlluft-einlassfläche oder der Kühlluftauslassfläche ausgerichtet. Die zweite Wand ist von der ersten Wand beabstandet und erstreckt sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft und vom ersten Trenner zum zweiten Trenner. Die dritte und die vierte Wand verbinden die erste und die zweite Wand, und sie weisen jeweils eine Fläche auf, die gegen einen der Trenner angeordnet ist. Ein oder mehrere Strömungskanäle für den Strömungsdurchgang für erwärmte Luft sind zwischen den Wänden angeordnet.

[0007] Gemäß einigen Ausführungsformen weisen der eine oder die mehreren Strömungskanäle einen ersten und einen zweiten Strömungskanal auf, die durch eine zwischen der ersten und der zweiten Wand angeordnete Wand getrennt sind und sich zwischen der dritten und der vierten Wand erstrecken. Gemäß einigen Ausführungsformen ist die Dicke der ersten Wand erheblich größer als die Dicke der zweiten, der dritten und der vierten Wand.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0008] Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Wärmetauschers gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0009] Fig. 2 ist eine perspektivische Teilansicht ausgewählter Abschnitte des Wärmetauschers aus Fig. 1.

[0010] Fig. 3 ist eine Detailansicht des Abschnitts III aus Fig. 2.

[0011] Fig. 4 ist eine perspektivische Teilansicht einer langen Stange zur Verwendung gemäß der Ausführungsform aus Fig. 1.

[0012] Fig. 5 ist eine Seitenansicht eines einzigen sich wiederholenden Abschnitts des Wärmetauschers aus Fig. 1.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0013] Bevor Ausführungsformen der Erfindung detailliert erklärt werden, ist zu verstehen, dass die Erfindung in ihrer Anwendung nicht auf die Einzelheiten der Konstruktion und der Anordnung von Komponenten beschränkt ist, die in der folgenden Beschreibung dargelegt sind oder in der anliegenden Zeichnung dargestellt sind. Die Erfindung ist für andere Ausführungsformen geeignet und kann auf verschiedene Arten verwirklicht oder ausgeführt werden. Auch ist zu verstehen, dass die hier verwendete Phraseologie und Terminologie für die Zwecke der Beschreibung vorgesehen ist und nicht als einschränkend angesehen werden sollte. Die Verwendung von "aufweisend", "umfassend" oder "habend" und Variationen davon soll die nachstehend aufgelisteten Gegenstände und Äquivalente davon sowie zusätzliche Gegenstände einschließen. Sofern sie nicht anders spezifiziert oder eingeschränkt werden, werden die Begriffe "angebracht", "verbunden", "gestützt" und "gekoppelt" und Variationen davon breit verwendet und schließen sowohl direkte als auch indirekte Anbringungen, Verbindungen, Stützen und Kopplungen ein. Ferner sind "verbunden" und "gekoppelt" nicht auf physikalische oder mechanische Verbindungen oder Kopplungen beschränkt.

[0014] Ein Luft-Luft-Wärmetauscher 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in den Fig. 1 und Fig. 2 dargestellt und weist einen Wärmetauscherkern 2 auf, der zwischen einem Einlasstank 3 und einem Auslasstank 4 angeordnet ist. Der Luft-Luft-Wärmetauscher 1 kann als ein Aufladeflütkühler besonders nützlich sein, wobei ein Strom komprimierter und erwärmter Luft durch einen anderen Strom von kühlerer Umgebungsluft gekühlt wird, bevor er dem Einlass eines Verbrennungsmotors zugeführt wird.

[0015] Der als Beispiel dienende Wärmetauscher 1 ist von einer Stangen-Platten-Konstruktion und weist mehrere Kühlluftströmungsdurchgänge 10 auf, die mit mehreren Strömungsdurchgängen 9 für erwärmte Luft zwischen einem Paar von Seitenplatten 14 zum Definieren des Kerns 2 verschachtelt sind. Die Strömungsdurchgänge 9 für erwärmte Luft erstrecken sich zwischen einer Einlassfläche 17 für erwärmte Luft und einer Auslassfläche 18 für erwärmte Luft. Wie am besten in Fig. 2 ersichtlich ist, ist die Einlassfläche 17 für erwärmte Luft direkt mit einem offenen Ende des Einlasstanks 3 verbunden, so dass eine Strömung erwärmter Luft durch einen darin bereitgestellten Einlassstutzen 5 im Einlasstank 3 empfangen werden kann und durch die Strömungsdurchgänge 9 für erwärmte Luft geleitet werden kann. In ähnlicher Weise ist die Auslassfläche 18 für erwärmte Luft direkt mit einem offenen Ende des Auslasstanks 4 verbunden, so dass die erwärmte Luft, welche durch die Strömungsdurchgänge 9 für erwärmte Luft hindurchgetreten ist, im Auslasstank 4 aufgenommen wird und durch einen darin bereitgestellten Auslassstutzen 6 aus dem Auslasstank 4 entfernt wird. Der Abstand zwischen der Einlassfläche 17 für erwärmte Luft und der Auslassfläche 18 für erwärmte Luft definiert die Kernbreite des Kerns 2.

[0016] Die Kühlluftströmungsdurchgänge 10 erstrecken sich zwischen einer Kühlluft einlassfläche 7 und einer Kühlluft auslassfläche 8. Die Kühlluft auslassfläche ist in Fig. 2 detailliert dargestellt, und es ist zu verstehen, dass die Kühlluft einlassfläche 7 der Kühlluft auslassfläche 8 im Wesentlichen ähnelt. Kühlluft wird von der Kühlluft einlassfläche 7 zur Kühlluft auslassfläche 8 über die Kühlluftströmungskanäle 10 durch einen Ventilator, ein Gebläse oder eine andere ähnliche Luftbewegungsvorrichtung (nicht dargestellt) geleitet. Der Abstand zwischen der Kühlluft einlassfläche 7 und der Kühlluft auslassfläche 8 definiert die Kerntiefe des Kerns 2. Die Kerntiefenrichtung ist zur Kernbreitenrichtung senkrecht, so dass die sich durch die Strömungsdurchgänge 10 bewegendende Kühlluft in einer Querströmungs-Orientierung zur sich durch die Strömungsdurchgänge 9 bewegendenden erwärmten Luft ist.

[0017] Benachbarte Strömungsdurchgänge 9, 10 sind voneinander durch dünne metallische Trenner 19 getrennt. Zusätzlich sind die Strömungsdurchgänge 9 von Stangen 12 begrenzt, die sich in Kernbreitenrichtung zwischen der Einlassfläche 17 für erwärmte Luft und der Auslassfläche 18 für erwärmte Luft erstrecken. Ähnlich sind die Strömungskanäle 10 von Stangen 13 begrenzt, die sich in Kerntiefenrichtung zwischen der Kühlluft einlassfläche 7 und der Kühlluft auslassfläche 8 erstrecken. Die Kernbreitenrichtung ist typischerweise erheblich größer als die Kerntiefenrichtung, so dass die Stangen 12 und 13 üblicherweise als "lange Stangen" bzw. "kurze Stangen" bezeichnet werden.

[0018] Dünne metallische gewellte Rippenstrukturen **15** können innerhalb der Kühlluftströmungsdurchgänge **10** bereitgestellt sein, um eine zusätzliche strukturelle Unterstützung für die metallischen Trenner **19** bereitzustellen und die Wärmeübertragungsrate zwischen der erwärmten Luft und der durch den Wärmetauscher **1** hindurchtretenden Kühlluft zu erhöhen. Ähnlich können dünne metallische gewellte Rippenstrukturen **16** für den gleichen Zweck innerhalb der Strömungsdurchgänge **9** für erwärmte Luft bereitgestellt werden. Gemäß einigen besonders bevorzugten Ausführungsformen sind die Trenner **19**, die langen Stangen **12**, die kurzen Stangen **13**, die Seitenplatten **14** und die Rippen **15**, **16** alle aus Aluminiumlegierung hergestellt und aneinander hartgelötet, um den Wärmetauscherkern **2** zu definieren.

[0019] Bei der Anwendung des Luft-Luft-Wärmetauschers **1** als ein Aufladeluftkühler führen die Variationen der Strömung der erwärmten Luft durch die Durchgänge **9** zu thermischen und/oder Druckzyklen, welche erhebliche mechanische Spannungen auf den Wärmetauscher **1** ausüben. Diese Spannungen können eine schädliche Wirkung auf die Fähigkeit des Wärmetauschers **1** haben, einen leckfreien Strömungsweg für die erwärmte Luft zwischen dem Einlassstutzen **5** und dem Auslassstutzen **6** bereitzustellen. Um die Haltbarkeit des Wärmetauschers **1** zu verbessern, während er solche Spannungen erfährt, werden die kurzen Stangen **13** häufig mit verlängerten Fingern **29** konstruiert, um eine gewisse vorteilhafte Nachgiebigkeit bereitzustellen, wenn sich der Wärmetauscher **1** infolge der ausgeübten Spannungen verzieht. Dagegen wurde herausgefunden, dass es vorteilhaft ist, wenn die langen Stangen **12** entlang der Kühlluftteinlassfläche **7** und der Kühlluftauslassfläche **8** steif bleiben.

[0020] Die Erfinder haben herausgefunden, dass die immer weiter steigenden Anforderungen, die an solche Aufladeluftwärmetauscher gestellt werden, es erforderlich machen, dass die Abstände, über welche die langen Stangen **12** eine starre strukturelle Unterstützung bereitstellen müssen, ebenso zunehmen. Allerdings geht eine solche Erhöhung der Abmessung der langen Stangen **12** in Kerntiefenrichtung (d. h. von den Flächen **7**, **8**) mit einer unerwünschten Erhöhung des Druckabfalls einher, der auftritt, wenn die Aufladeluft durch die Strömungsdurchgänge **9** für erwärmte Luft strömt. Eine solche Erhöhung des Druckabfalls ist das direkte Ergebnis der entsprechenden Verringerung der Strömungsfläche der Durchgänge **9**, weil die Gesamtkerntiefe konstant gehalten wird. Während die Kerntiefe erhöht werden kann, um dem längeren Unterstützungsgebiet Rechnung zu tragen, ist eine solche Erhöhung der Größe des Wärmetauschers auch unerwünscht.

[0021] Um die vorstehend beschriebene Erhöhung des Druckabfalls zu vermindern, weisen die langen

Stangen **12** gemäß der vorliegenden Erfindung Strömungskanäle **24** auf, welche sich durch die langen Stangen **12** zwischen der Einlassfläche **17** für erwärmte Luft und der Auslassfläche **18** erstrecken. Die Strömungskanäle **24** ermöglichen es, dass ein Teil der Kerntiefenabmessung gleichzeitig als ein Teil des Strömungsdurchgangs **9** für erwärmte Luft und als eine strukturelle Unterstützung verwendet wird.

[0022] Wie am besten in **Fig. 5** ersichtlich ist, erstreckt sich ein Strömungsdurchgang **9** für erwärmte Luft, der die Kanäle **24** aufweist, über einen Abschnitt **26** der Kerntiefe des Wärmetauschers. Der Prozentsatz der Kerntiefe, der dem Abschnitt **26** entspricht, wird vorzugsweise maximiert, um den Druckabfall der erwärmten Luft durch den Wärmetauscher **1** zu minimieren. Ein strukturell verstärkter Abschnitt **27**, der durch eine der langen Stangen **12** bereitgestellt ist, erstreckt sich von der Kühlluftteinlassfläche **7** in die Kerntiefe. Ähnlich erstreckt sich ein strukturell verstärkter Abschnitt **28**, der durch eine andere der langen Stangen **12** bereitgestellt ist, von der Kühlluftauslassfläche **8** in die Kerntiefe. Der Abschnitt **26** überlappt den Abschnitt **27** und den Abschnitt **28**, so dass die Summe der Prozentsätze der den Abschnitten **26**, **27** und **28** entsprechenden Kerntiefe 100% übersteigt.

[0023] Beispielsweise beträgt die Gesamtkerntiefe des Wärmetauschers gemäß einer bestimmten Ausführungsform der Erfindung 145 mm. Strukturell verstärkte Abschnitte, die sich jeweils über einen Abstand von 20 mm in Kerntiefenrichtung erstrecken, sind sowohl an der Kühlluftteinlassfläche als auch der Kühlluftauslassfläche bereitgestellt, so dass sich jeder der beiden strukturell verstärkten Abschnitte über etwa 14% der Kerntiefe erstreckt. Die Strömungsdurchgänge für erwärmte Luft erstrecken sich über eine Breite von 135 mm oder etwa 93% der Kerntiefe. Folglich beträgt die Summe der Prozentsätze der dem Luftströmungsdurchgang und jedem der strukturell verstärkten Abschnitte entsprechenden Kerntiefe etwa 121%. Gemäß bestimmten vorteilhaften Ausführungsformen beträgt diese Gesamtsumme der Kerntiefenprozentsätze mindestens 115%, und gemäß einigen vorteilhaften Ausführungsformen erstreckt sich jeder der strukturell verstärkten Abschnitte über mindestens 12% der Kerntiefe.

[0024] Wenngleich in den anliegenden Figuren dargestellt ist, dass der Wärmetauscher **1** sowohl an der Kühlluftteinlassfläche **7** als auch an der Kühlluftauslassfläche **8** identische lange Stangen **12** aufweist, können sich die langen Stangen gemäß anderen Ausführungsformen im Prozentsatz der Kerntiefe, über welche sie sich erstrecken, unterscheiden. Zusätzlich überlappt sich der Abschnitt **26** gemäß einigen Ausführungsformen mit einem, jedoch nicht beiden der strukturell verstärkten Abschnitte **27**, **28**.

[0025] Die lange Stange **12** kann durch Extrudieren von Aluminium zu der gewünschten Form in der Kerntiefe entsprechenden Längen hergestellt werden. Gemäß einigen sehr bevorzugten Ausführungsformen weist die lange Stange **12** eine Wand **20** auf, die eine Außenfläche hat, welche entweder mit der Kühlluft einlassfläche **7** oder der Kühlluft auslassfläche **8** ausgerichtet ist. Die Wand **20** erstreckt sich zwischen der Einlassfläche **17** für erwärmte Luft und der Auslassfläche **18** für erwärmte Luft und überspannt den Abstand zwischen den beiden Trennern **19**, welche an den Strömungsdurchgang **9** für erwärmte Luft angrenzen. Eine andere Wand **21** der langen Stange **12** ist in Kerntiefenrichtung nach innen von der Wand **22** beabstandet und erstreckt sich ähnlich zwischen der Einlassfläche **17** für erwärmte Luft und der Auslassfläche **18** für erwärmte Luft und überspannt den Abstand zwischen den beiden Trennern **19**. Die Wände **21** und **20** sind durch Wände **22** und **23** verbunden. Eine Fläche der Wand **22** ist gegen einen der Trenner **19** angeordnet, und eine Fläche der Wand **23** ist gegen den anderen der Trenner **19** angeordnet. Ein oder mehrere Strömungskanäle **24** sind zwischen den Wänden **20**, **21**, **22**, **23** bereitgestellt. Eine oder mehrere Wände **25** (eine ist dargestellt) können in die lange Stange **12** aufgenommen sein. Die eine oder die mehreren Wände **25** befinden sich zwischen den Wänden **20**, **21** und erstrecken sich zwischen den Wänden **22**, **23**, um den Raum zwischen den Wänden **20**, **21**, **22**, **23** in mehrere Kanäle **24** zu unterteilen (beispielsweise die beiden Kanäle **24a** und **24b** aus Fig. 4). Eine verhältnismäßig steife Struktur kann dadurch innerhalb der Abschnitte **27**, **28** bereitgestellt werden, um diese Abschnitte strukturell zu verstärken, während darin noch ein Teil des Strömungsdurchgangs **9** bereitgestellt wird.

[0026] Ein Vorsprung **26** kann optional an der einwärts gerichteten (d. h. von der Wand **20** fort weisen) Fläche der Wand **21** bereitgestellt werden. Der Vorsprung **26** kann bewirken, einen geeigneten Abstand zwischen der langen Stange **12** und der innerhalb des Strömungsdurchgangs **9** für erwärmte Luft enthaltenen verschachtelten Rippenstruktur **16** bereitzustellen, um zu gewährleisten, dass die erwärmte Luft zwischen der Wand **21** und der äußersten Verschachtelung der verschachtelten Rippenstruktur **16** strömen kann.

[0027] Die Dicken der Wände **20**, **21**, **22**, **23** und die Anzahl und die Dicke der Wände **25** können optimiert werden, um die erforderliche strukturelle Unterstützung bereitzustellen, während gleichzeitig die Strömungsfläche der Kanäle **24** maximiert wird. Beispielsweise können die Wände **20**, **21** und **25** so bemessen werden, dass das unerwünschte Verbiegen der Wände während thermischer und/oder Drucklasten verhindert wird, die während des Betriebs auf den Wärmetauscher **1** einwirken. Gemäß einigen Ausführungsformen kann es besonders vorteilhaft sein,

wenn die äußerste Wand **20** eine Dicke aufweist, die erheblich größer ist als jene einer oder mehrerer der Wände **21**, **22**, **23**, **25**, um eine größere Verstärkung an den äußersten Flächen des Wärmetauschers **1** bereitzustellen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Dicke der Wand **20** fünf Mal so groß wie die Dicke der anderen Wände.

[0028] Verschiedene Alternativen zu den bestimmten Merkmalen und Elementen der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Mit Ausnahme von Merkmalen, Elementen und Betriebsarten, die einander ausschließen oder mit jeder vorstehend beschriebenen Ausführungsform inkonsistent sind, ist zu bemerken, dass die mit Bezug auf eine bestimmte Ausführungsform beschriebenen alternativen Merkmale, Elemente und Betriebsarten auch auf die anderen Ausführungsformen anwendbar sind.

[0029] Die vorstehend beschriebenen und in den Figuren veranschaulichten Ausführungsformen sind nur als Beispiel präsentiert und sollen die Konzepte und Grundgedanken der vorliegenden Erfindung nicht einschränken. Daher werden Durchschnittsfachleute verstehen, dass verschiedene Änderungen an den Elementen und ihrer Konfiguration und ihrer Anordnung möglich sind, ohne vom Gedanken und Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Luft-Luft-Wärmetauscher (**1**), welcher Folgendes umfasst:
erste und zweite parallel angeordnete beabstandete Kühlluftströmungsdurchgänge (**10**), die sich von einer Kühlluft einlassfläche (**7**) zu einer Kühlluft auslassfläche (**8**) erstrecken, wobei der Abstand zwischen der Kühlluft einlassfläche und der Kühlluft auslassfläche eine Wärmetauscherkerntiefe definiert,
einen Strömungsdurchgang für erwärmte Luft (**9**), der zwischen den ersten und zweiten Kühlluftströmungsdurchgängen (**10**) angeordnet ist und sich über einen ersten Prozentsatz (**26**) der Kerntiefe erstreckt, wobei sich der Strömungsdurchgang für erwärmte Luft (**9**) von einer Einlassfläche für erwärmte Luft (**17**) zu einer Auslassfläche für erwärmte Luft (**18**) in einer zur Kerntiefe senkrechten Richtung erstreckt, wobei der Abstand zwischen der Einlassfläche für erwärmte Luft und der Auslassfläche für erwärmte Luft eine Wärmetauscherkernbreite definiert,
einen ersten thermisch leitenden Trenner (**19**) zwischen dem ersten Kühlluftströmungsdurchgang und dem Strömungsdurchgang für erwärmte Luft,
einen zweiten thermisch leitenden Trenner (**19**) zwischen dem zweiten Kühlluftströmungsdurchgang und dem Strömungsdurchgang für erwärmte Luft,

einen ersten strukturell verstärkten Abschnitt **(27)**, der zwischen dem ersten und dem zweiten Trenner **(19)** angeordnet ist, sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft in Kernbreitenrichtung erstreckt und sich von der Kühlluft-einlassfläche in Kerntiefenrichtung über einen zweiten Prozentsatz der Kerntiefe erstreckt, und einen zweiten strukturell verstärkten Abschnitt **(28)**, der zwischen dem ersten und dem zweiten Trenner angeordnet ist, sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft in Kernbreitenrichtung erstreckt und sich von der Kühlluft-auslassfläche über einen dritten Prozentsatz der Kerntiefe erstreckt, wobei die Summe aus dem ersten, dem zweiten und dem dritten Prozentsatz der Kerntiefe größer als 100 Prozent ist.

2. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 1, wobei ein Abschnitt der Kerntiefe sowohl einen Teil des Strömungsdurchgangs für erwärmte Luft als auch einen Teil des ersten strukturell verstärkten Abschnitts **(27)** aufweist.

3. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 1, wobei ein Abschnitt der Kerntiefe sowohl einen Teil des Strömungsdurchgangs für erwärmte Luft als auch einen Teil des zweiten strukturell verstärkten Abschnitts **(28)** aufweist.

4. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 1, welcher ferner eine gewellte Rippenstruktur **(15, 16)** umfasst, die zwischen dem ersten und dem zweiten thermisch leitenden Trenner zumindest in einem Abschnitt des Strömungsdurchgangs für erwärmte Luft **(9)** angeordnet ist.

5. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 4, wobei die gewellte Rippenstruktur **(15, 16)** zwischen dem ersten und dem zweiten strukturell verstärkten Abschnitt angeordnet ist.

6. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 1, wobei die Summe des ersten, des zweiten und des dritten Prozentsatzes der Kerntiefe mindestens 115% ist.

7. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 6, wobei zumindest einer von dem zweiten und dem dritten Prozentsatz der Kerntiefe mindestens 12% ist.

8. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 1, wobei der erste strukturell verstärkte Abschnitt **(27)** Folgendes umfasst:
eine erste Wand **(20)**, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und sich vom ersten Trenner zum zweiten Trenner **(19)** erstreckt, wobei eine Fläche der ersten Wand mit der Kühlluft-einlassfläche ausgerichtet ist, eine zweite Wand **(21)**, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte

Luft erstreckt und sich vom ersten Trenner zum zweiten Trenner erstreckt, wobei die zweite Wand von der ersten Wand beabstandet ist,
eine dritte Wand **(22)**, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und die erste und die zweite Wand verbindet, wobei eine Fläche der dritten Wand gegen den ersten Trenner angeordnet ist,
eine vierte Wand **(23)**, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und die erste und die zweite Wand verbindet, wobei eine Fläche der vierten Wand gegen den zweiten Trenner angeordnet ist, und
einen oder mehrere Strömungskanäle **(24)**, die zwischen der ersten und der zweiten Wand und zwischen der dritten und der vierten Wand angeordnet sind, wobei der Strömungsdurchgang für erwärmte Luft den einen oder die mehreren Strömungskanäle umfasst.

9. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 8, wobei der eine oder die mehreren Strömungskanäle **(24)** einen ersten und einen zweiten Strömungskanal **(24a, 24b)** aufweisen, wobei der erste strukturell verstärkte Abschnitt **(27)** ferner eine fünfte Wand **(25)** umfasst, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und die dritte und die vierte Wand verbindet, wobei die fünfte Wand zwischen der ersten und der zweiten Wand angeordnet ist, um den ersten und den zweiten Strömungskanal zu trennen.

10. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 8, wobei die Dicke der ersten Wand **(20)** erheblich größer ist als die Dicke der zweiten, der dritten und der vierten Wand.

11. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 8, wobei die erste, die zweite, die dritte und die vierte Wand durch eine extrudierte Stange **(12)** bereitgestellt sind, die sich über die Kernbreite erstreckt.

12. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 1, wobei der zweite strukturell verstärkte Abschnitt **(28)** Folgendes umfasst:
eine erste Wand **(20)**, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und sich vom ersten Trenner zum zweiten Trenner **(19)** erstreckt, wobei eine Fläche der ersten Wand mit der Kühlluft-auslassfläche ausgerichtet ist, eine zweite Wand **(21)**, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und sich vom ersten Trenner zum zweiten Trenner erstreckt, wobei die zweite Wand von der ersten Wand beabstandet ist,
eine dritte Wand **(22)**, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und die erste und die zweite Wand verbindet, wobei eine Fläche der dritten Wand gegen den ersten Trenner angeordnet ist,

eine vierte Wand (**23**), die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und die erste und die zweite Wand verbindet, wobei eine Fläche der vierten Wand gegen den zweiten Trenner angeordnet ist, und einen oder mehrere Strömungskanäle (**24a**, **24b**), die zwischen der ersten und der zweiten Wand und zwischen der dritten und der vierten Wand angeordnet sind, wobei der Strömungsdurchgang für erwärmte Luft den einen oder die mehreren Strömungskanäle umfasst.

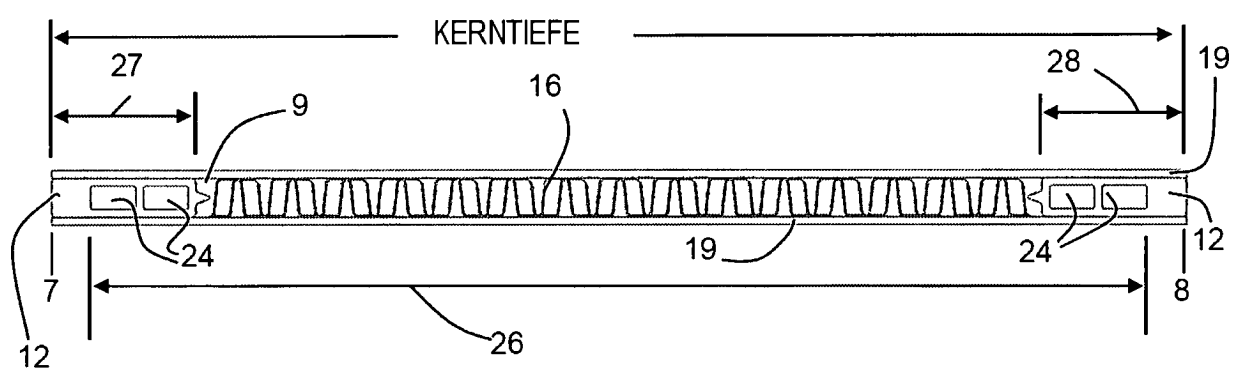
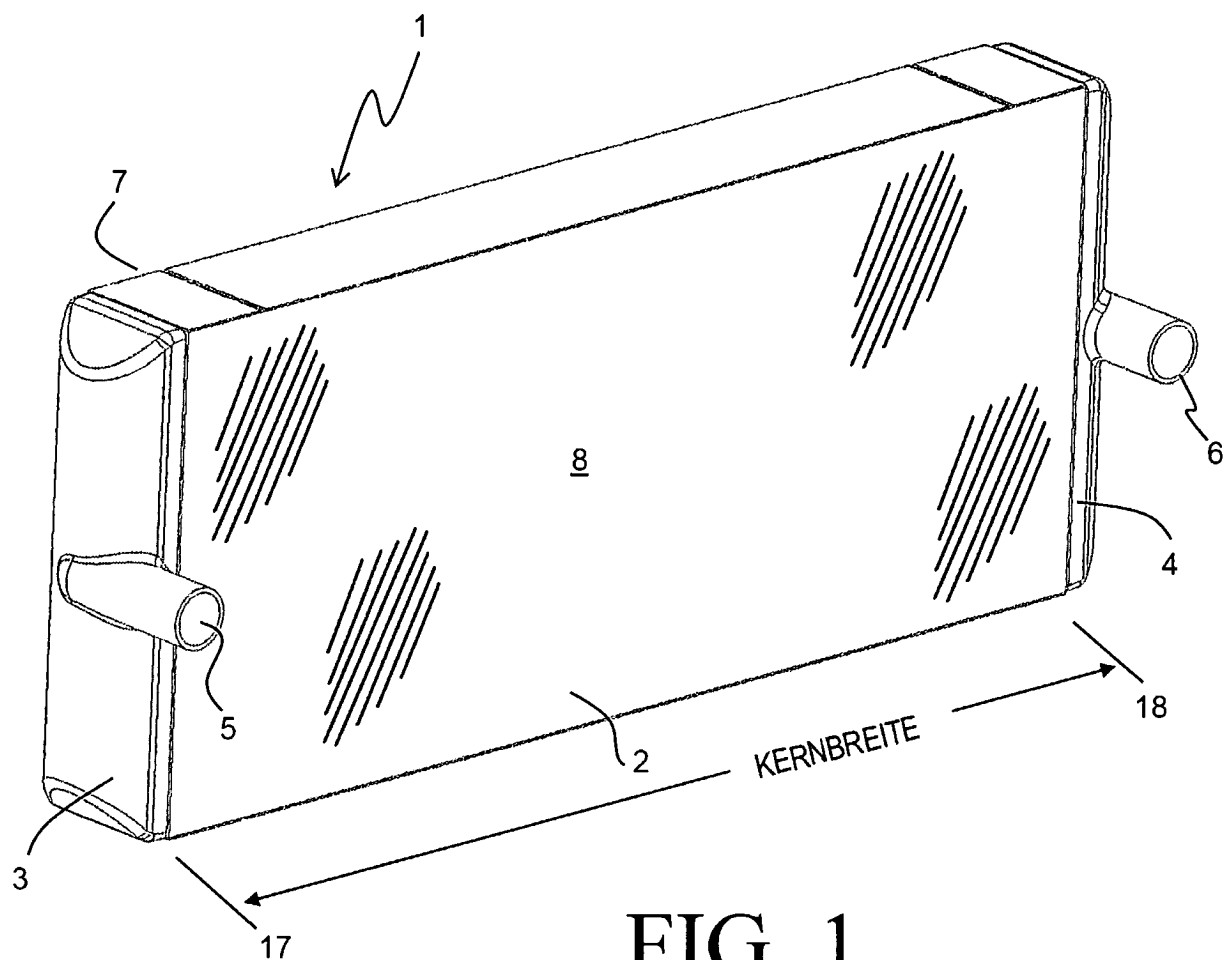
13. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 12, wobei der eine oder die mehreren Strömungskanäle (**24**) einen ersten und einen zweiten Strömungskanal (**24a**, **24b**) aufweisen, wobei der zweite strukturell verstärkte Abschnitt (**28**) ferner eine fünfte Wand (**25**) umfasst, die sich von der Einlassfläche für erwärmte Luft zur Auslassfläche für erwärmte Luft erstreckt und die dritte und die vierte Wand verbindet, wobei die fünfte Wand zwischen der ersten und der zweiten Wand angeordnet ist, um den ersten und den zweiten Strömungskanal zu trennen.

14. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 12, wobei die Dicke der ersten Wand erheblich größer ist als die Dicke der zweiten, der dritten und der vierten Wand.

15. Luft-Luft-Wärmetauscher nach Anspruch 12, wobei die erste, die zweite, die dritte und die vierte Wand durch eine extrudierte Stange (**12**) bereitgestellt sind, die sich über die Kernbreite erstreckt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



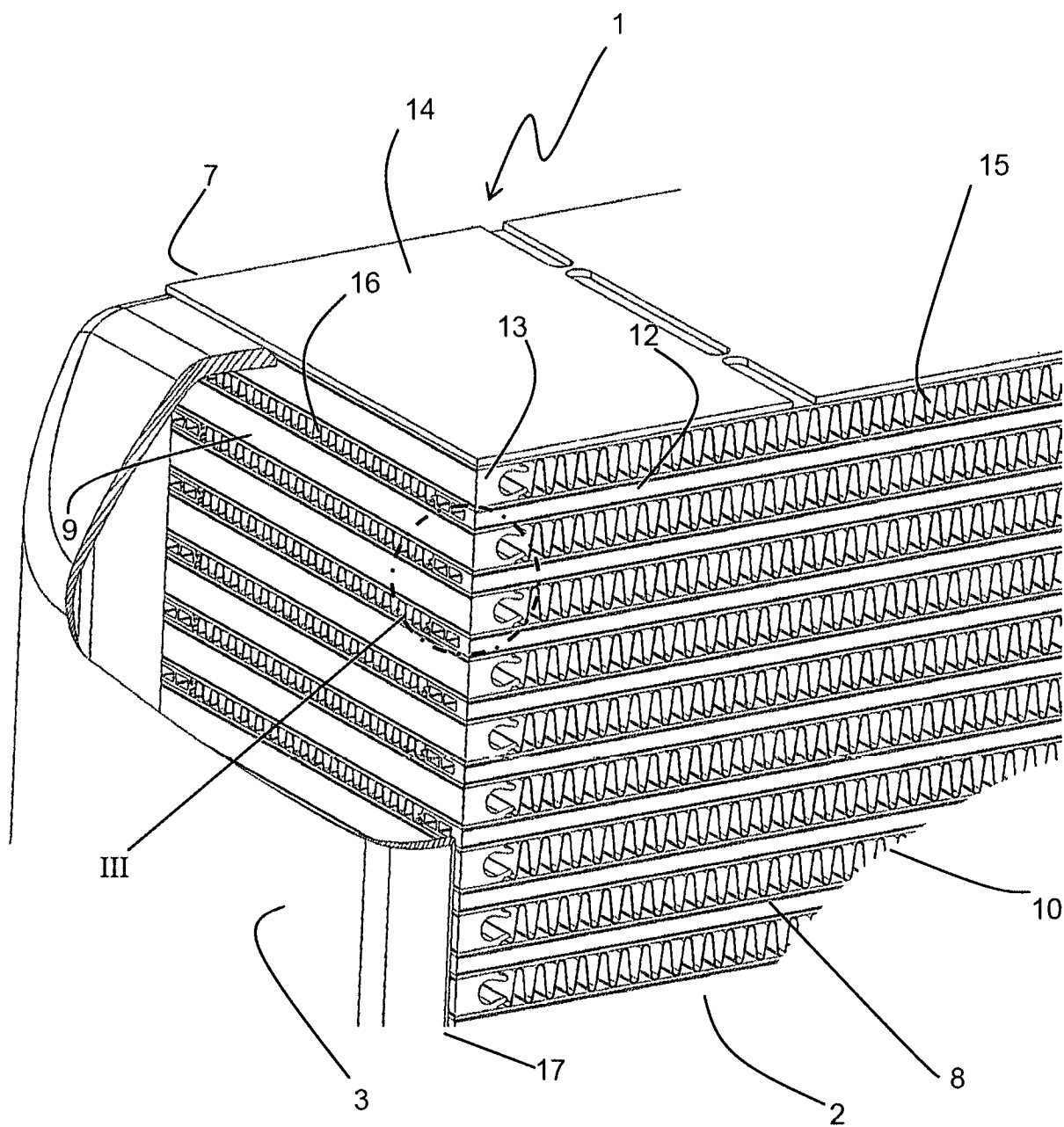


FIG. 2

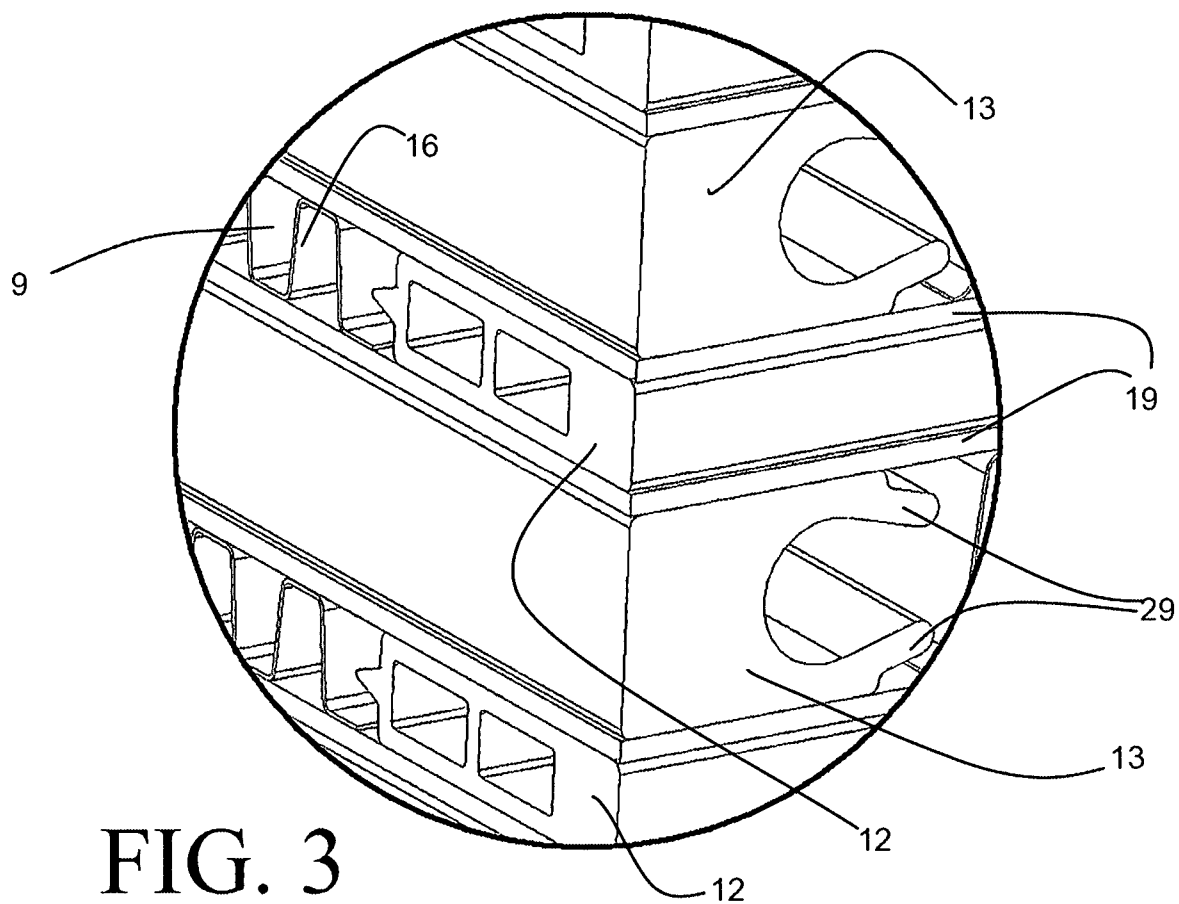


FIG. 3

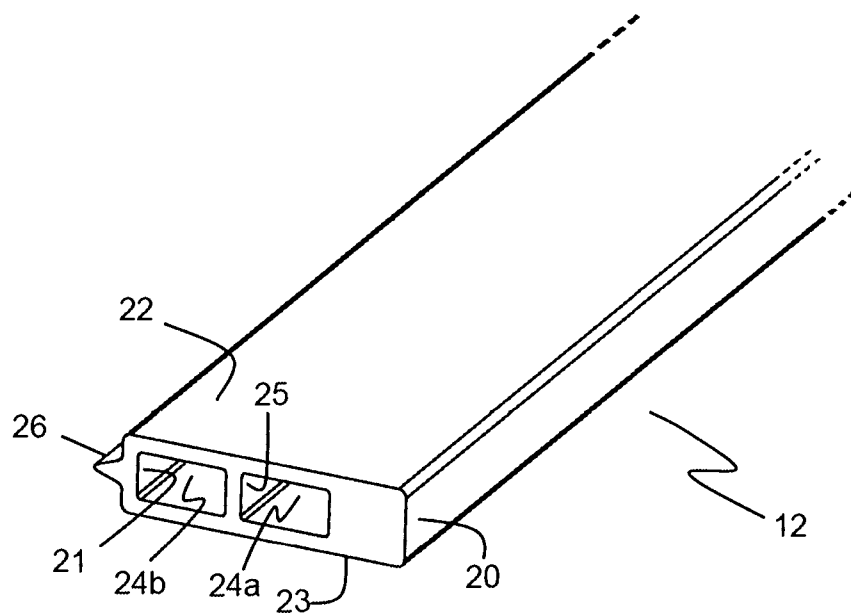


FIG. 4