



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.06.2018 Patentblatt 2018/25

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

(21) Anmeldenummer: **17202954.8**

(22) Anmeldetag: **22.11.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Burkhardt, Wolfgang**
91522 Ansbach (DE)
• **Schmidt, Christopher**
90768 Fürth (DE)

(74) Vertreter: **v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB**
Akademiestraße 7
80799 München (DE)

(30) Priorität: **15.12.2016 DE 102016014934**

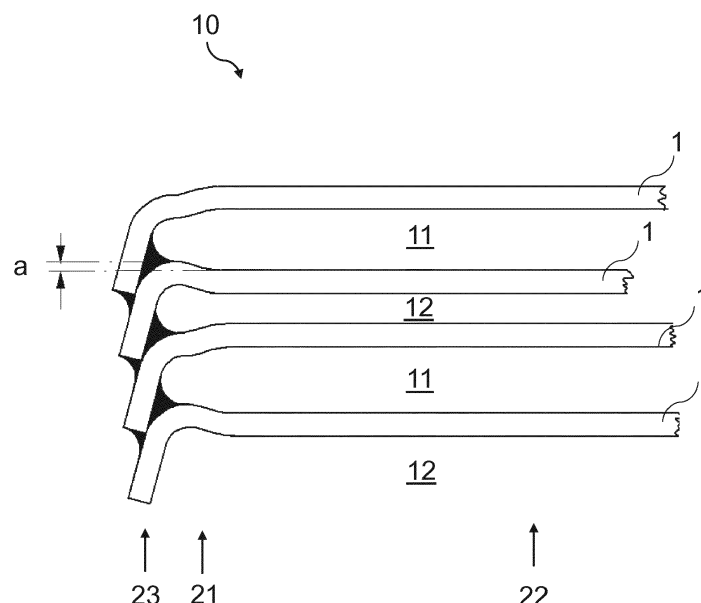
(71) Anmelder: **MAN Truck & Bus AG**
80995 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BEREITSTELLEN EINES EINE LAMELLENANORDNUNG AUFWEISENDEN KÜHLERS, KÜHLER UND KRAFTFAHRZEUG MIT EINEM KÜHLER**

(57) Die vorliegende Erfindung schlägt ein Verfahren zum Bereitstellen eines eine Lamellenanordnung aufweisenden Kühlers mit zumindest einem ersten Kanal zur Führung eines wärmeabgebenden Fluids und zumindest einem zum ersten Kanal benachbarten zweiten Kanal zur Führung eines wärmeaufnehmenden Fluids oder Ga-

ses vor, wobei der erste Kanal und der zweite Kanal jeweils durch benachbarte Lamellen der Lamellenanordnung begrenzt werden, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Primärbereich der Lamelle eine gegenüber einem Sekundärbereich der Lamelle erhöhte Druckeigen- spannung erzeugt wird

FIG. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen eine Lamellenanordnung aufweisenden Kühler mit einem ersten Kanal zur Führung eines wärmeabgebenden Fluids und einem zum ersten Kanal benachbarten zweiten Kanal zur Führung eines wärmeaufnehmenden Fluids, wobei der erste Kanal und der zweite Kanal jeweils durch benachbarte Lamellen der Lamellenanordnung begrenzt werden. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Bereitstellen eines derartigen Kühlers und ein Kraftfahrzeug mit einem derartigen Kühler. Der Begriff "Fluid" umfasst dabei Flüssigkeiten und Gase.

[0002] Kühler sind, beispielsweise als Ladeluftkühler in einem Fahrzeug, hinlänglich bekannt und nutzen dabei regelmäßig den Wärmeaustausch zwischen einem wärmeabgebenden und einem wärmeaufnehmenden Fluid. Hierzu umfassen solche Kühler typischerweise zumindest einen ersten Kanal zur Führung des wärmeabgebenden Fluids und zumindest einen zweiten Kanal zur Führung des wärmeaufnehmenden Fluids. Bei aus der Praxis bekannten Kühlern werden der erste Kanal und der zweite Kanal jeweils durch benachbarte Lamellen einer Lamellenanordnung begrenzt, wobei sich der erste Kanal und der zum ersten Kanal benachbarte zweite Kanal eine gemeinsame Lamelle teilen, die wiederum zur einen Seite mit dem wärmeabgebenden Fluid und zur anderen Seite mit dem wärmeaufnehmenden Fluid in Kontakt steht und über die der gewünschte Wärmeaustausch zwischen dem wärmeaufnehmenden und dem wärmeabgebenden Fluid erfolgt. Durch wechselnde Lastanforderungen werden im Kühler sich ständig ändernde thermische Ausdehnungen veranlasst, die auf Dauer die Lamellen derart beanspruchen, dass im Betrieb auftretende mechanische Belastungen zu einer Schädigung der Lamellen, z. B. in Form von Rissen oder Brüchen, führen können. Solch eine die Schädigung verursachende mechanische Belastung kann beispielsweise von Druckschwingungen im wärmeaufnehmenden bzw. wärmeabgebenden Fluid ausgehen.

[0003] Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren bereitzustellen, mit dem sich eine Belastbarkeit des Kühlers erhöhen lässt. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, einen Kühler mit höherer Belastbarkeit bereitzustellen.

[0004] Diese Aufgaben werden durch Vorrichtungen und Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und werden in der folgenden Beschreibung unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

[0005] Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der Erfindung wird ein Verfahren zum Bereitstellen eines eine Lamellenanordnung aufweisenden Kühlers bereitgestellt. Der Kühler weist zumindest einen ersten Kanal zur Führung eines wärmeabgebenden Fluids und zumindest einen zweiten Kanal zur Führung eines wärmeaufnehmenden

den Fluids auf. Ein erster Kanal ist hierbei benachbart zu einem zweiten Kanal angeordnet. Bei mehreren ersten und zweiten Kanälen weist der Kühler vorzugsweise eine alternierende Anordnung aus ersten und zweiten Kanälen auf. Der erste Kanal und der zweite Kanal werden jeweils durch benachbarte Lamellen der Lamellenanordnung begrenzt. Die Anordnung der Fluidkanäle ergibt sich somit durch Aufeinandererschichtung bzw. Aufeinanderstapeln der Lamellen der Lamellenanordnung.

[0006] Erfindungsgemäß wird in einem vorbestimmten Bereich der Lamellenanordnung eine Druckeigenspannung erzeugt. Insbesondere wird in einem Primärbereich zumindest einer Lamelle der Lamellenanordnung eine gegenüber einem Sekundärbereich der zumindest einen Lamelle erhöhte Druckeigenspannung erzeugt.

[0007] Der vorbestimmte Bereich der Lamellenanordnung kann ein Bereich der Lamellenanordnung sein, der eine hohe und/oder die höchste Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Schädigung aufgrund einer thermischen Belastung im Betrieb des Kühlers aufweist. Der vorbestimmte Bereich ist somit vorzugsweise eine potentielle Versagensstelle des Kühlers. Diese potentiellen Versagensstellen und damit die Lage des vorbestimmten Bereichs sind dem Fachmann in der Regel bekannt oder können durch experimentelle Belastungstests oder Berechnungen für einen Kühler ermittelt werden. Entsprechend kann der vorbestimmte Bereich ein Primärbereich der zumindest einen Lamelle sein, der eine höhere Anfälligkeit für das Auftreten einer Schädigung aufgrund einer thermischen Belastung im Betrieb des Kühlers als ein gegenüber dem Primärbereich räumlich versetzter Sekundärbereich aufweist. Nachfolgend wird für diesen vorbestimmten Bereich daher auch der Ausdruck Primärbereich verwendet.

[0008] Gegenüber dem Stand der Technik hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, dass eine Druckeigenspannung in der Lamelle gezielt im vorbestimmten Bereich bzw. Primärbereich erhöht wird. Die erzeugte Druckeigenspannung hat dann in vorteilhafter Weise zur Folge, dass die Belastbarkeit der Lamellen und damit des ganzen Kühlers erhöht wird. Grundsätzlich richtet sich die Realisierung der Druckeigenspannung im Besonderen auf den Primärbereich mit seiner höheren Anfälligkeit für eine Schädigung, d. h. mit einer gegenüber dem Sekundärbereich erhöhten Wahrscheinlichkeit, dass im Betrieb des Kühlers eine Schädigung auftritt. Beispiele für die besagte Schädigung sind insbesondere ein Riss, ein Bruch oder Vergleichbares, wobei die Schädigung auftritt, wenn eine zulässige statische und dynamische Festigkeitsbeanspruchung überschritten wird. Insbesondere wird hierbei die besagte Anfälligkeit für das Auftreten einer Schädigung durch im Betrieb wechselnde Lastanforderungen an den Kühler und damit einhergehenden thermisch induzierten Ausdehnungsänderungen verursacht, wodurch die Lamelle auf Dauer einer im Betrieb auftretenden mechanischen Belastung nicht standhalten kann. Bei der mechanischen Belastung kann es sich um eine im Betrieb auftretende Zugbelastung han-

deln. Solche mechanischen auf die Lamellen wirkenden Belastungen können dabei z. B. von Druckschwingungen in dem wärmeabgebenden und/oder dem wärmeaufnehmenden Fluid ausgehen. Grundsätzlich versteht der Fachmann unter einer Druckeigenspannung oder Eigenspannung erster Art eine mechanische Spannung, die in der Lamelle herrscht, ohne dass äußere Kräfte auf die Lamelle wirken und sich die Lamelle im thermischen Gleichgewicht befindet. Mittels der dauerhaft im Primärbereich herrschenden Druckeigenspannung lässt sich dann einer im Betrieb auf den Primärbereich wirkenden Beanspruchung, vorzugsweise Zugbeanspruchung, entgegenwirken, so dass eine resultierende maximale Beanspruchung reduziert wird.

[0009] Grundsätzlich umfasst der Begriff "Bereitstellen" sowohl ein Herstellen des Kühlers als auch eine an dem gefertigten oder teilweise gefertigten Kühler vorgenommene Modifikation mit dem Ziel, eine Belastbarkeit des Kühlers zu erhöhen. Eine höhere Belastbarkeit macht sich dabei insbesondere durch eine im Durchschnitt erhöhte Lebensdauer des Kühlers bei gleicher Betriebsbelastung bemerkbar.

[0010] Vorzugsweise bilden benachbarte Lamellen der Lamellenanordnung jeweils die Wandung für einen der ersten oder zweiten Kanäle. Insbesondere teilen sich der erste Kanal und der benachbarte zweite Kanal eine gemeinsame Lamelle in Form einer Wandung, die zwischen dem ersten Kanal und dem zweiten Kanal angeordnet ist und über die der Wärmeaustausch zwischen dem wärmeabgebenden Fluid und wärmeaufnehmenden Fluid erfolgt. Hierbei erfolgt ein Transport des wärmeabgebenden Fluids bzw. des wärmeaufnehmenden Fluids durch den ersten bzw. zweiten Kanal entlang einer Strömungsrichtung. Der Kühler kann ferner Anschlüsse umfassen, um den mindestens einen ersten Kanal fluidisch mit einem ersten Fluidkreislauf zu koppeln und um den mindestens einen zweiten Kanal fluidisch mit einem zweiten Fluidkreislauf zu koppeln. Ferner ist es vorgesehen, dass die Lamellen aus einem Material mit einer vergleichsweise hohen Wärmeleitfähigkeit gefertigt sind, z. B. Aluminium oder einem aluminiumhaltigen Material. Als wärmeabgebendes oder wärmeaufnehmendes Fluid sind gasförmige Medien, wie z. B. Luft, oder flüssige Medien, wie z. B. Wasser, vorstellbar.

[0011] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass zur Erzeugung der Druckeigenspannung die Lamellenanordnung im vorbestimmten Bereich plastisch verformt wird und/oder dass die Lamellen der Lamellenanordnung zur Erhöhung der Druckeigenspannung im Primärbereich plastisch verformt werden. Dadurch wird in vorteilhafter Weise die Druckeigenspannung gezielt im vorbestimmten Bereich bzw. Primärbereich erzeugt. Ferner ist es vorzugsweise vorgesehen, dass durch die plastische Verformung der erste Kanal oder der zweite Kanal an der Stelle des Primärbereichs geweitet wird, d. h. ein Abstand zwischen den Lamellen, die den ersten oder den zweiten Kanal begrenzen, vergrößert wird.

[0012] Vorstehend wurde bereits erwähnt, dass sich die Anordnung der Fluidkanäle durch Aufeinander-schichtung bzw. Aufeinanderstapeln der Lamellen der Lamellenanordnung ergibt. Hierbei können benachbarte Lamellen an ihren Endbereichen in einem Verbindungsbereich verbunden werden. Der Primärbereich kann an den Verbindungsbereich angrenzen und/oder benachbart hierzu angeordnet sein. Insbesondere begrenzen die Verbindungsbereiche den ersten und/oder den zweiten Kanal in einer durch die Bauform bedingten, beispielsweise senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufenden Richtung. Dabei liegt der Primärbereich vorzugsweise zwischen dem Sekundärbereich und dem Verbindungsbereich. Ferner können die Lamellen im Endbereich gekrümmt sein und/oder die Endbereiche zur Bildung des Verbindungsbereichs aneinander liegend miteinander stoffschlüssig verbunden sein. Der Primärbereich liegt weiterhin vorzugsweise außerhalb des gekrümmten Bereichs bzw. schließt sich unmittelbar an den gekrümmten Bereich in einer senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufenden Richtung an. Der Primärbereich kann insbesondere einen Übergangsbereich der Lamellen von dem gekrümmten Endbereich zu einem planen Mittelbereich der Lamellen umfassen. Es hat sich herausgestellt, dass die an den Verbindungsbereich anschließenden Bereiche besonders anfällig sind für die besagten Schädigungen.

[0013] Insbesondere beträgt eine sich senkrecht zur Strömungsrichtung erstreckende Länge des Primärbereichs weniger als 50 %, vorzugsweise weniger als 20 % und besonders bevorzugt weniger als 10 % einer sich senkrecht zur Strömungsrichtung erstreckenden Länge des Sekundärbereichs.

[0014] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass eine Druckeigenspannung bei Bauteilen mittels Rollieren, induktiven Oberflächenhärten oder Verfestigungsstrahlen erzeugbar sind. Diese Verfahren erfordern jedoch eine gute Zugänglichkeit der kritischen Bereiche, an denen die Druckeigenspannung erzeugt werden soll. Diese Verfahren sind aufgrund der schlechten Zugänglichkeit des Primärbereichs einer Lamellenanordnung des Kühlers, der Bauteildimensionen sowie der verwendeten Werkstoffe nicht vorteilhaft für die Anwendung bei Kühlern. Dagegen sind nachfolgend beschriebene Ausführungsvarianten besonders vorteilhaft, um eine Druckeigenspannung in dem Primärbereich einer Lamellenanordnung eines Kühlers zu erzeugen.

[0015] So ist gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass zur Erhöhung der Druckeigenspannung ein auf die Lamellen wirkender Druck derart eingestellt wird, dass eine Streckgrenze eines Lamellenmaterials im Primärbereich überschritten wird. Insbesondere handelt es sich bei dem Druck um den Druck, mit dem die plastische Verformung veranlasst wird. In dem Zustand, in dem die Streckgrenze des Lamellenmaterials überschritten ist, befindet sich das Lamellenmaterial in einem für die gewünschte plastische Verformung vorgesehenen Fließzustand. Hierbei

ist darauf zu achten, dass der Druck derart dosiert wird, dass im Primärbereich eine für die plastische Verformung erforderliche Fließgrenze des Lamellenmaterials überschritten wird, ohne dass der Druck einen Wert überschreitet, bei dem die Lamelle im Primärbereich zerstört wird. Weiterhin ist es vorstellbar, dass zeitlich vor der plastischen Verformung in einem ersten Vorbereitungsschritt das Verformungsverhalten der Lamelle in Hinblick auf eine Druckeinwirkung abhängig von Design und Material der Lamellenanordnung, beispielsweise durch eine Simulation, erfasst wird, und in einem zweiten Vorbereitungsschritt ein Primärbereich für die Lamellenanordnung durch eine Simulation ermittelt wird. Vorzugsweise handelt es sich bei den Simulationen im ersten und zweiten Vorbereitungsschritt um eine computergestützte Simulation. Anschließend werden in einem dritten Vorbereitungsschritt die Ergebnisse des ersten Vorbereitungsschritts mit den Ergebnissen des zweiten Vorbereitungsschritts verglichen. Sofern die im ersten Vorbereitungsschritt erfasste Verformung mit dem im zweiten Vorbereitungsschritt ermittelten Primärbereich räumlich zusammenfällt, lässt sich der entsprechende Druck, insbesondere in Hinblick auf Ausrichtung und Größe, für die plastische Verformung im Primärbereich heranziehen.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass innerhalb des mindestens einen ersten Kanals und/oder des mindestens einen zweiten Kanals jeweils ein Einbauelement integriert ist, wobei der Primärbereich an einen Bereich mit dem Einbauelement angrenzt. Beispielsweise handelt es sich bei dem Einbauelement um ein Kühlernetz oder eine Turbulenzeinlage. Solche Einbauelemente dienen in erster Linie zur Effizienzsteigerung beim Wärmeaustausch. Vorliegend erfüllen sie zudem in vorteilhafter Weise den Zweck, dass das Einbauelement eine auf die Lamelle einwirkende Druckkraft steuern und gezielt in den Primärbereich leiten kann, da das Einbauteil den außerhalb des Primärbereichs liegenden Bereich mit dem Einbauelement stabilisiert, indem es die Lamellen bereichsweise abstützt.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Lamellen zur Erzeugung der Druckeigenspannung mittels Autofrettage plastisch verformt werden. Unter einer Autofrettage versteht der Fachmann ein Verfahren, bei dem der erste und/oder der zweite Kanal temporär, d. h. während eines festgelegten Zeitintervalls, einem Innendruck ausgesetzt wird, wobei der Innendruck über dem späteren Betriebsdruck, d. h. dem Druck, der von dem wärmeabgebenden bzw. dem wärmeaufnehmenden Fluid im Betrieb ausgeht, und über der Streckgrenze des Lamellenmaterials liegt, so dass der Primärbereich lokal plastifiziert. Zeitlich nach einem sich an die Autofrettage anschließenden Innendruckabbau bleiben dann in den Primärbereichen Druckeigenspannungen erhalten, die einer Rissbildung im späteren Einsatz vorbeugen und somit die Belastbarkeit der Lamelle dauerhaft steigern. Zur Durchführung der Autofrettage ist es vorgesehen,

dass eine Flüssigkeit in den ersten Kanal oder zweiten Kanal eingelassen bzw. eingeleitet wird und anschließend mittels einer Pumpe oder mittels eines Druckübersetzers die Flüssigkeit derart unter Druck gesetzt wird, dass der gewünschte Innendruck erzeugt wird, mit dem die Streckgrenze des Lamellenmaterials überschritten wird. Alternativ ist es vorstellbar, dass der gewünschte Innendruck mit einer in den ersten oder zweiten Kanal eingelassenen Druckluft bzw. einem Druckgas hervorgerufen wird. Hierzu wird beispielsweise ein Kompressor verwendet. Weiterhin ist es vorzugsweise vorgesehen, dass der Innendruck ausschließlich im ersten Kanal oder mehreren ersten Kanälen bzw. ausschließlich im zweiten Kanal oder mehreren zweiten Kanälen erzeugt wird. Mit anderen Worten: Der gewünschte Innendruck wird nicht zeitgleich im ersten Kanal und dem zum ersten Kanal benachbarten zweiten Kanal erzeugt. Die Autofrettage erlaubt es zudem auch Primärbereiche mit einer Druckeigenspannung zu versehen, die wegen ihrer Lage innerhalb des Kühlers bzw. innerhalb der Lamellenanordnung vergleichsweise schwer zugänglich sind.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass zur Erzeugung der Druckeigenspannung im vorbestimmten Bereich ein Verformungsverhalten von zusammengesetzten Lamellen unter Kraftbeaufschlagung ermittelt wird und zur Erhöhung der Druckeigenspannung die zusammengesetzten Lamellen abhängig vom ermittelten Verformungsverhalten mit einer von außen wirkenden Kraft beaufschlagt werden. Insbesondere wird in dem besagten ersten Vorbereitungsschritt das Verformungsverhalten für eine von außen auf die Lamellenanordnung wirkende Kraft bzw. einen von außen auf die Lamellenanordnung einwirkenden Druck ermittelt und anschließend werden der zweite und der dritte Vorbereitungsschritt durchgeführt. Grundsätzlich ist es vorstellbar, dass die von außen erfolgende Kraftbeaufschlagung im Herstellungsprozess, d. h. z. B. während dem Stapeln und Verlöten der Lamellen, oder an der gefertigten Lamellenanordnung bzw. dem gefertigten Kühler vorgenommen wird.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Lamellen im Verbindungsbereich durch ein thermisches Verfahren zum stoffschlüssigen Fügen miteinander verbunden werden, wobei zur Erzeugung der Druckeigenspannung im vorbestimmten Bereich ein sich über die Lamelle erstreckender Temperaturgradient während des auf das stoffschlüssige Fügen nachfolgenden Abkühlens der Lamelle, z. B. während des Erstarrens des Lots, kontrolliert wird, um eine Verspannung der Lamelle, insbesondere im vorbestimmten Bereich, zu erzeugen. Hierbei kann beispielsweise ein erster Teilbereich der Lamelle schneller abgekühlt werden als ein räumlich zum ersten Teilbereich versetzter zweiter Teilbereich der Lamelle. Vorzugsweise werden die Lamellen im Verbindungsbereich gelötet. Insbesondere sind der erste Teilbereich und der zweite Teilbereich in einer senkrecht zur Strömungsrichtung

tung verlaufenden Richtung zueinander versetzt angeordnet. Das Abkühlverhalten lässt sich beispielsweise dadurch beeinflussen, dass der erste Teilbereich oder zweite Teilbereich mit einem Kühlelement mit einer vergleichsweise hohen Wärmeleitfähigkeit, z. B. mit einem Eisenstab, in Kontakt gebracht wird, so dass die Wärme aus dem jeweiligen Teilbereich über das Kühlelement schneller abgeleitet wird. Der erste Teilbereich und der zweite Teilbereich können hierbei im Primärbereich angeordnet sein. Alternativ ist es auch vorstellbar, dass der erste Teilbereich im Verbindungsbereich angeordnet ist, während der zweite Teilbereich im Primärbereich angeordnet ist oder umgekehrt.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass zur Erhöhung der Druckeigenspannung temporär ein Lastelement an der Lamelle im Primärbereich oder benachbart bzw. angrenzend hierzu angeordnet wird. Insbesondere wird das Lastelement während des Herstellungsprozesses der Lamellenanordnung, beispielsweise beim Stapeln bzw. Paketieren und Löten, im Primärbereich angeordnet. Im Zusammenspiel mit dem Herstellungsprozess, insbesondere zusammen mit dem Löten, wird durch das Lastelement eine plastische Verformung veranlasst, die zu einer dauerhaften Druckeigenspannung im Primärbereich führt. Vorzugsweise werden die Lastelemente hierbei zwischen zwei Lamellen, die zusammen beispielsweise den ersten Kanal oder den zweiten Kanal begrenzen, angeordnet. Hierbei legt die Ausdehnung des Lastelements vorzugsweise den späteren Abstand zwischen den Lamellen im Sekundärbereich fest. Beispielsweise ist das Lastelement eine Kugel mit einem Durchmesser, der den späteren Abstand der Lamellen im Sekundärbereich festlegt. Weiterhin ist es vorzugsweise vorgesehen, dass das Lastelement ausschließlich im ersten Kanal bzw. in ersten Kanälen oder im zweiten Kanal bzw. in zweiten Kanälen angeordnet wird.

[0021] Gemäß einer Variante dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Lastelement aus einem löslichen Material bereitgestellt wird und durch ein Auflösen zeitlich nach dem plastischen Verformen in einem Reinigungsschritt entfernt wird. Hierzu wird insbesondere ein Lösungsmittel in den das Lastelement aufweisenden ersten Kanal bzw. zweiten Kanal eingeleitet. Beispielsweise ist das Lastelement aus einem wasserlöslichen Material gefertigt und im Reinigungsschritt wird als Lösungsmittel Wasser in den ersten bzw. zweiten Kanal eingeleitet, so dass sich das Lastelement auflöst und aus dem ersten bzw. zweiten Kanal herausgespült werden kann. Dadurch lässt sich das Lastelement nach der plastischen Verformung der Lamellen aus dem Primärbereich vergleichsweise einfach wieder entfernen.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Kühler ein Fahrzeugkühler ist. Insbesondere handelt es sich um einen Ladeluftkühler, mit dem eine Ladeluft einer Brennkraftmaschine gekühlt wird. Ein solcher Kühler ist im Be-

trieb durch Vibrationen und Druckschwingungen in dem wärmeabgebenden bzw. wärmeaufnehmenden Medium vergleichsweise hohen Beanspruchungen ausgesetzt und unterliegt häufigen lastbedingten Temperaturschwankungen, so dass sich die im Primärbereich erzeugte Druckeigenspannung besonders vorteilhaft auf die Lebensdauer des Fahrzeugkühlers, insbesondere eines Ladeluftkühlers einer Brennkraftmaschine, auswirkt.

[0023] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Kühler, insbesondere Fahrzeugkühler, mit einem ersten Kanal zur Führung eines wärmeabgebenden Fluids und einem zum ersten Kanal benachbarten zweiten Kanal zur Führung eines wärmeaufnehmenden Fluids, wobei der erste Kanal und der zweite Kanal jeweils durch benachbarte Lamellen der Lamellenanordnung begrenzt sind, wobei die Lamelle in einem Primärbereich eine gegenüber einem Sekundärbereich der Lamelle erhöhte Druckeigenspannung aufweist. Insbesondere weist die Lamelle hierbei eine dauerhaft, d. h. eine sich im Wesentlichen über die restliche Lebensdauer anhaltende, erhöhte Druckeigenspannung auf.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Kühler mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird. Hierbei lässt sich die Behandlung zur Ausbildung einer Druckeigenspannung im Primärbereich dadurch nachweisen, dass eine Zerstörschwelle für einen Druck, bei dem die Lamelle zerberstet, im Falle eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelten Kühlers höher ist als bei einem ohne das erfindungsgemäße Verfahren behandelten Kühler, wenn eine Flüssigkeit oder ein Druckgas in den ersten Kanal oder den zweiten Kanal eingeleitet wird und anschließend ein über dem Betriebsdruck liegender Druck in der Flüssigkeit bzw. dem Druckgas erzeugt wird. Mit anderen Worten: Die Behandlung der Lamellenanordnung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erhöht einen Druck, bei dem die Lamellenanordnung zerbricht.

[0025] Die Erfindung betrifft ferner ein Kraftfahrzeug, insbesondere ein Nutzfahrzeug, mit dem erfindungsgemäßen Kühler.

[0026] Die zuvor beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen und Merkmale der Erfindung sind beliebig miteinander kombinierbar. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Lamellenanordnung für einen Kühler gemäß dem Stand der Technik;

Figur 2 eine Lamellenanordnung für einen Kühler bereitgestellt mit einem Verfahren gemäß einer ersten beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Figur 3 eine Lamellenanordnung für einen Kühler bereitgestellt mit einem Verfahren gemäß einer

zweiten beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Figur 4 eine Lamellenanordnung für einen Kühler während ihrer Herstellung mit einem Verfahren gemäß einer dritten beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0027] Gleiche Elemente sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Sich wiederholende Elemente sind zum Teil nicht in jeder Figur gesondert bezeichnet. Die Figuren zeigen jeweils nur einen linken Teil der Lamellenanordnung.

[0028] Die Figur 1 stellt eine Lamellenanordnung 10 für einen Kühler gemäß dem Stand der Technik in einer Schnittansicht dar. Ein solcher Kühler ist zum Wärmeaustausch zwischen einem wärmeabgebenden und einem wärmaufnehmenden Fluid vorgesehen und dient beispielsweise in einem Kraftfahrzeug zur Ladeluftkühlung. Für den Wärmeaustausch umfasst der Kühler einen ersten Kanal 11 zur Führung eines wärmeabgebenden Fluids und einen zum ersten Kanal 11 benachbart angeordneten zweiten Kanal 12 zur Führung einer wärmaufnehmenden Flüssigkeit. Im Betrieb werden das wärmeabgebende bzw. das wärmaufnehmende Fluid entlang eine Strömungsrichtung durch den ersten Kanal 11 und den zweiten Kanal 12 geführt. Vorstellbar ist es hierbei, dass die Strömungsrichtungen des wärmeabgebenden und des wärmaufnehmenden Fluids entgegengesetzt oder gleichgerichtet sind. Die hier dargestellte Schnittansicht verläuft dabei entlang einer senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufenden Richtung. Grundsätzlich werden der erste Kanal 11 und der zweite Kanal 12 hierbei jeweils durch Lamellen 1 einer Lamellenanordnung 10 gebildet, indem jeweils benachbarte Lamellen 1 den ersten Kanal 11 und den zweiten Kanal 12 als Wandung begrenzen. Insbesondere teilen sich der erste Kanal 11 und der zweite Kanal 12 eine zwischen ihnen liegende gemeinsame Lamelle 1, über die im Betrieb wiederum ein Wärmeaustausch erfolgt, da diese gemeinsame Lamelle 1 sowohl in Kontakt mit dem wärmeabgebenden Fluid des ersten Kanals 11 und dem wärmaufnehmenden Fluid des zweiten Kanals 12 steht. Um einen möglichst effektiven Wärmeaustausch zu realisieren, ist die Lamelle 1 aus einem Material mit einem vergleichsweise hohen Wärmeleitkoeffizienten, wie z.B. Aluminium, gefertigt. In der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform sind die einzelnen Lamellen 1 in ihren Endbereichen gekrümmt ausgestaltet. Insbesondere sind die Endbereiche der Lamellen 1 an den in einer senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufenden Richtung gesehenen Enden gekrümmt. Weiterhin ist es vorgesehen, dass die einzelnen Lamellen zur Bildung der Lamellenanordnung, insbesondere des ersten Kanals 11 und des zweiten Kanals 12, in ihren gekrümmten Endbereichen stoffschlüssig, beispielsweise durch eine Lötung, miteinander verbunden sind. Wird der Kühler unter wechselnden Lastanforderungen betrieben, z. B. durch ständig wechselnde

bedarfsabhängige Anforderungen an unterschiedliche Kühlleistungen, ändert sich die thermisch bedingte Ausdehnung der Lamellen 1 permanent und die Lamellen 1 werden entsprechend beansprucht, was letztendlich zu einer Schädigung, beispielsweise in Form eines Risses oder eines Bruchs, führen kann, wenn die Lamellen 1 einer mechanischen Belastung ausgesetzt sind. Es hat sich hierbei gezeigt, dass im Betrieb des Kühlers die Lamellen 1 in einem Primärbereich 21 anfälliger gegenüber einer Schädigung sind als in einem Sekundärbereich 22, d. h. eine Wahrscheinlichkeit für eine Schädigung ist im Primärbereich 21 größer als in einem Sekundärbereich 22, wenn der Kühler im Betrieb wechselnden Lastanforderungen ausgesetzt ist. In der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform grenzt der Primärbereich 21 an den Verbindungsbereich 23 an. Insbesondere ist der Primärbereich 21 in einem in einer senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufenden Richtung gesehenen Endbereich des ersten Kanals 11 oder zweiten Kanals 12 angeordnet.

[0029] Die Figur 2 stellt eine Lamellenanordnung 10 für einen Kühler dar, wobei die Lamellenanordnung 10 mit einem Verfahren gemäß einer ersten beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bereitgestellt wurde. In der dargestellten Ausführungsform wurde zur Erhöhung der Robustheit im Primärbereich 21 die Druckeigenspannung in den Lamellen 1 durch eine plastische Verformung mittels einer Autofrettage erhöht. Hierbei wird ein Innendruck innerhalb des ersten Kanals 11 oder des zweiten Kanals 12 temporär soweit erhöht, dass eine Streckgrenze eines Lamellenmaterials im Primärbereich 21 überschritten wird. Mit anderen Worten: Für ein festgelegtes Zeitintervall wird im ersten Kanal 11 und/oder im zweiten Kanal 12 mittels eines Druckfluids ein Innendruck erzeugt, bei dem das Lamellenmaterial - ohne zu zerreißen - im Primärbereich 21 in einen Fließzustand überführt wird. Folge ist eine plastische Verformung der Lamelle 1 im Primärbereich 21, bei der zeitlich nach der herbeigeführten plastischen Verformungen durch die Autofrettage eine Druckeigenspannung in der Lamelle 1 dauerhaft erhöht bleibt. Zu erkennen ist, dass sich die Lamelle 1 entlang einer senkrecht zur Haupterstreckungsebene der Lamelle 1 verlaufenden Richtung durch die Autofrettage im Sekundärbereich 22 um eine Verformungshöhe a verschoben hat.

[0030] Die Figur 3 stellt eine Lamellenanordnung 10 für einen Kühler dar, wobei die Lamellenanordnung 10 mit einem Verfahren gemäß einer zweiten beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bereitgestellt wurde. Das Verfahren entspricht dabei im Wesentlichen dem der ersten Ausführungsform. Einen Unterschied bildet das Einbauelement 15, das im ersten Kanal 11 integriert ist und insbesondere mittig im ersten Kanal 11 angeordnet ist. Ein solches Einbauelement 15 kann beispielsweise ein Kühlernetz oder eine Turbulenzanlage sein. Hierbei unterstützen die Einbauelemente 15 in vorteilhafter Weise eine zielgerichtete plastische Verformung in einem an den Bereich mit dem Einbauelement

15 angrenzenden Primärbereich 21, indem es die Lamellen 1 bereichsweise abstützt.

[0031] Die Figur 4 zeigt eine Lamellenanordnung 10 für einen Kühler während ihrer Herstellung mit einem Verfahren gemäß einer dritten beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Hierbei ist es vorgesehen, dass während der Herstellung, insbesondere beim Stapeln bzw. Paketieren der Lamellen 1, ein Lastelement 18 am Primärbereich 21 angeordnet wird. In der in Figur 4 illustrierten Ausführungsform ist das Lastelement 18 als Kugel ausgestaltet, die zwischen zwei Lamellen 1 jeweils im ersten Kanal 11 angeordnet wird. Mittels der Lastelemente 18 lässt sich in vorteilhafter Weise eine Vorspannung erzeugen, die die Druckeigenspannung im Primärbereich 21 erhöht. Die Druckeigenspannung lässt sich vorzugsweise auch dadurch erhöhen bzw. gezielt ausrichten, dass die Lastelemente 18 zeitlich vor einem die Lamellen 1 miteinander fügenden Lötprozess am Primärbereich 21 angeordnet werden. Insbesondere wird im Lötprozess Lötmaterial 8 verwendet. Unterstützt von der beim Lötprozess entstehenden Temperaturentwicklung lässt sich eine plastische, dauerhafte und durch eine Lage der Lastelemente 18 bestimmte plastische Verformung mit einer erhöhten Druckeigenspannung veranlassen. Hierbei ist es vorstellbar, dass ein beim Lötprozess aufgebauter Temperaturgradient in der Lamelle 11 gezielt abgekühlt wird, d. h. sich entlang des Temperaturgradient erstreckende Teilbereiche gezielt unterschiedlich schnell abgekühlt werden, wodurch eine weitere Erhöhung der Druckeigenspannung veranlasst werden kann. Um die Lastelemente 18 zeitlich nach der Einstellung der Druckeigenspannung wieder aus der Lamellenanordnung 10 zu entfernen, ist es vorzugsweise vorgesehen, dass das Lastelement 18 aus einem löslichen Material bereitgestellt wird und im Anschluss an die Erhöhung der Druckeigenspannung mittels des passenden Lösemittels, beispielsweise Wasser, innerhalb des ersten Kanals 11 gelöst und anschließend herausgespült wird.

[0032] Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist es für einen Fachmann ersichtlich, dass verschiedene Änderungen ausgeführt werden können und Äquivalente als Ersatz verwendet werden können, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Folglich soll die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele begrenzt sein, sondern soll alle Ausführungsbeispiele umfassen, die in den Bereich der beigefügten Patentansprüche fallen. Insbesondere beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand und die Merkmale der Unteransprüche unabhängig von den in Bezug genommenen Ansprüchen.

Bezugszeichenliste

[0033]

1 Lamelle

5 Schädigung
8 Lötmaterial
10 Lamellenanordnung
11 Erster Kanal
5 12 Zweiter Kanal
15 Einbauelement
18 Lastelement
21 Primärbereich
22 Sekundärbereich
10 23 Verbindungsbereich
a Verformungshöhe

Patentansprüche

- 15 1. Verfahren zum Bereitstellen eines eine Lamellenanordnung (10) aufweisenden Kühlers mit einem ersten Kanal (11) zur Führung eines wärmeabgebenden Fluids und einem zum ersten Kanal (11) benachbarten zweiten Kanal (12) zur Führung eines wärmeaufnehmenden Fluids, wobei der erste Kanal (11) und der zweite Kanal (12) jeweils durch benachbarte Lamellen (1) der Lamellenanordnung (10) begrenzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem vorbestimmten Bereich (21) der Lamellenanordnung eine Druckeigenspannung erzeugt wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der vorbestimmte Bereich der Lamellenanordnung ein Primärbereich zumindest einer Lamelle (1) der Lamellenanordnung ist, in dem eine gegenüber einem Sekundärbereich (22) der zumindest einen Lamelle (1) erhöhte Druckeigenspannung erzeugt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der vorbestimmte Bereich der Lamellenanordnung
 - a) ein Bereich der Lamellenanordnung ist, der die höchste Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Schädigung aufgrund einer thermischen Belastung im Betrieb des Kühlers aufweist; und/oder
 - b) ein Primärbereich der zumindest einen Lamelle ist, der eine höhere Anfälligkeit für das Auftreten einer Schädigung aufgrund einer thermischen Belastung im Betrieb des Kühlers als ein gegenüber dem Primärbereich räumlich versetzter Sekundärbereich aufweist.
- 30 4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Erzeugung der Druckeigenspannung
 - a) die Lamellenanordnung im vorbestimmten Bereich plastisch verformt wird; und/oder
 - b) ein auf die Lamellenanordnung wirkender Druck derart eingestellt wird, dass eine Streckgrenze eines Lamellenmaterials im vorbe-
- 35 40 45 50 55

stimmten Bereich (21) überschritten wird.

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 4, wobei zwei benachbarte Lamellen (1) an ihren Endbereichen unter Bildung des ersten Kanals (11) oder des zweiten Kanals (12) in einem Verbindungsbereich (23) verbunden werden, wobei der Primärbereich (21) an den Verbindungsbereich (23) angrenzt und/oder benachbart hierzu angeordnet ist. 5
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei innerhalb des ersten Kanals (11) und/oder des zweiten Kanals (12) ein Einbauelement (15), insbesondere ein Kühlnetz oder eine Turbolenzeinlage, integriert ist, wobei der vorbestimmte Bereich (21) an einen Bereich mit dem Einbauelement (15) angrenzt. 10
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lamellenanordnung zur Erzeugung der Druckeigenspannung mittels Autofrettage im vorbestimmten Bereich plastisch verformt wird. 15
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Erzeugung der Druckeigenspannung im vorbestimmten Bereich ein Verformungsverhalten der Lamellenanordnung (10) unter Kraftbeaufschlagung ermittelt wird und zur Erzeugung der Druckeigenspannung die Lamellenanordnung (10) abhängig vom ermittelten Verformungsverhalten mit einer von außen wirkenden Kraft beaufschlagt wird. 20
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lamellen (1) an einem Verbindungsbereich (23) durch ein thermisches Verfahren zum stoffschlüssigen Fügen, insbesondere durch Löten, miteinander verbunden werden, wobei zur Erzeugung der Druckeigenspannung im vorbestimmten Bereich ein sich über die Lamelle (1) erstreckender Temperaturgradient während des auf das stoffschlüssige Fügen nachfolgenden Abkühlens der Lamelle (1) kontrolliert wird, um eine Verspannung der Lamelle, insbesondere im vorbestimmten Bereich zu erzeugen, wobei vorzugsweise ein erster Teilbereich der Lamelle (1) schneller abgekühlt wird als ein räumlich zum ersten Teilbereich versetzten zweiter Teilbereich der Lamelle (1). 25
10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Erzeugung der Druckeigenspannung beim Herstellungsprozess der Lamellenanordnung, insbesondere während eines Paketierens oder eines thermischen Verfahrens zum stoffschlüssigen Fügen der Lamellen, temporär ein Lastelement (18) an der Lamellenanordnung im oder benachbart zum vorbestimmten Bereich (21) angeordnet wird. 30

net wird.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei
 - a) das Lastelement (18) zwischen zwei Lamellen (1) angeordnet ist; und/oder
 - b) wobei das Lastelement (18) aus einem löslichen Material bereitgestellt wird und durch ein Auflösen mittels eines Lösungsmittels zeitlich nach Erzeugen der Druckeigenspannung in einem Reinigungsschritt entfernt wird. 35
12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kühler ein Fahrzeugkühler ist. 40
13. Kühler, insbesondere Fahrzeugkühler, mit einem ersten Kanal (11) zur Führung eines wärmeabgebenden Fluids und einem zum ersten Kanal (11) benachbarten zweiten Kanal (12) zur Führung eines wärmeaufnehmenden Fluids, wobei der erste Kanal (11) und der zweite Kanal (12) jeweils durch benachbarte Lamellen (11) einer Lamellenanordnung (10) begrenzt sind, wobei zumindest eine Lamelle (1) in einem Primärbereich (21) eine gegenüber einem Sekundärbereich (22) der Lamelle (1) erhöhte Druckeigenspannung aufweist. 45
14. Kühler gemäß Anspruch 13 bereitgestellt mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 50
15. Kraftfahrzeug, insbesondere ein Nutzfahrzeug, mit einem Kühler gemäß einem der Ansprüche 13 oder 14. 55

FIG. 1

Stand der Technik

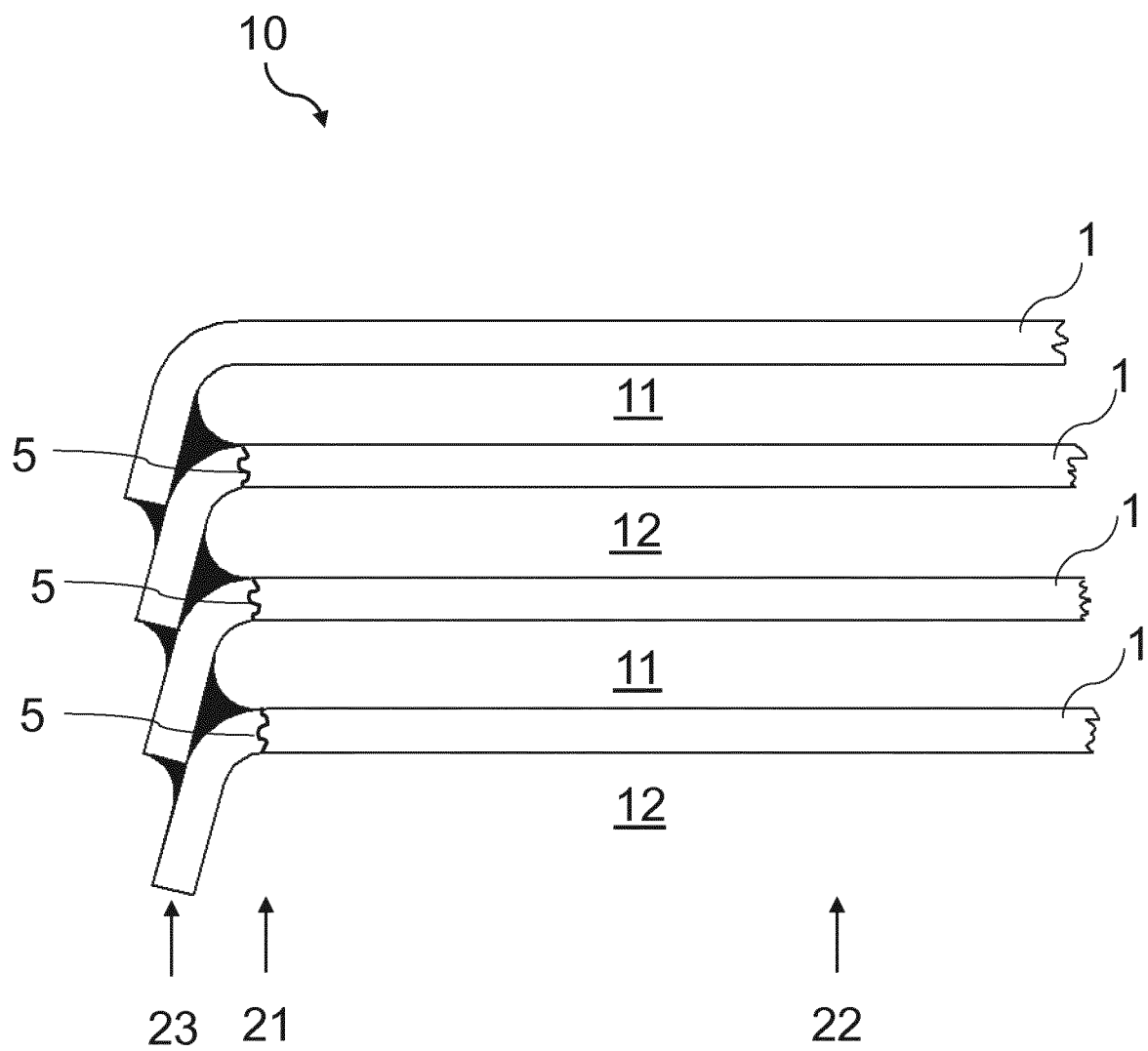


FIG. 2

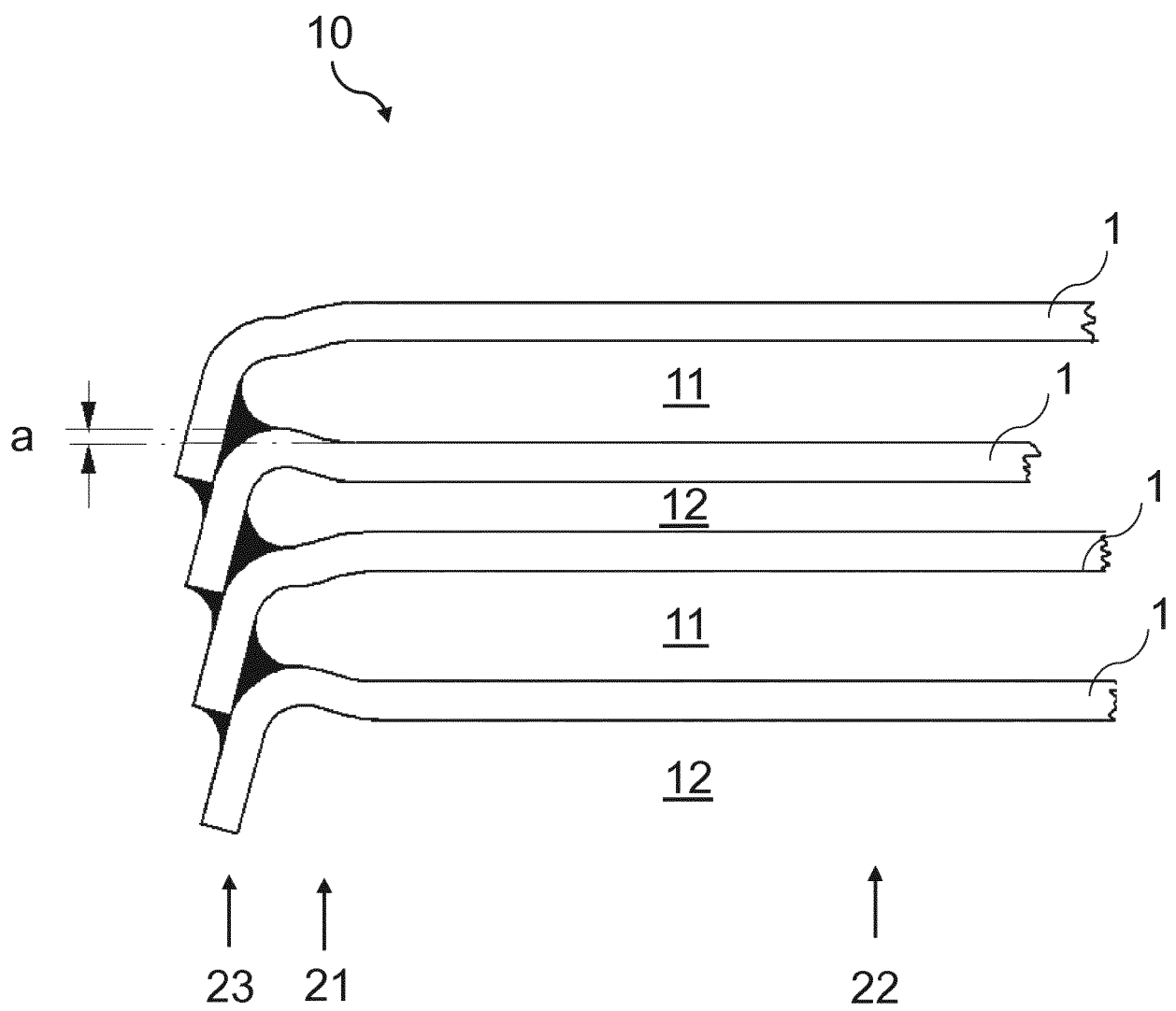


FIG. 3

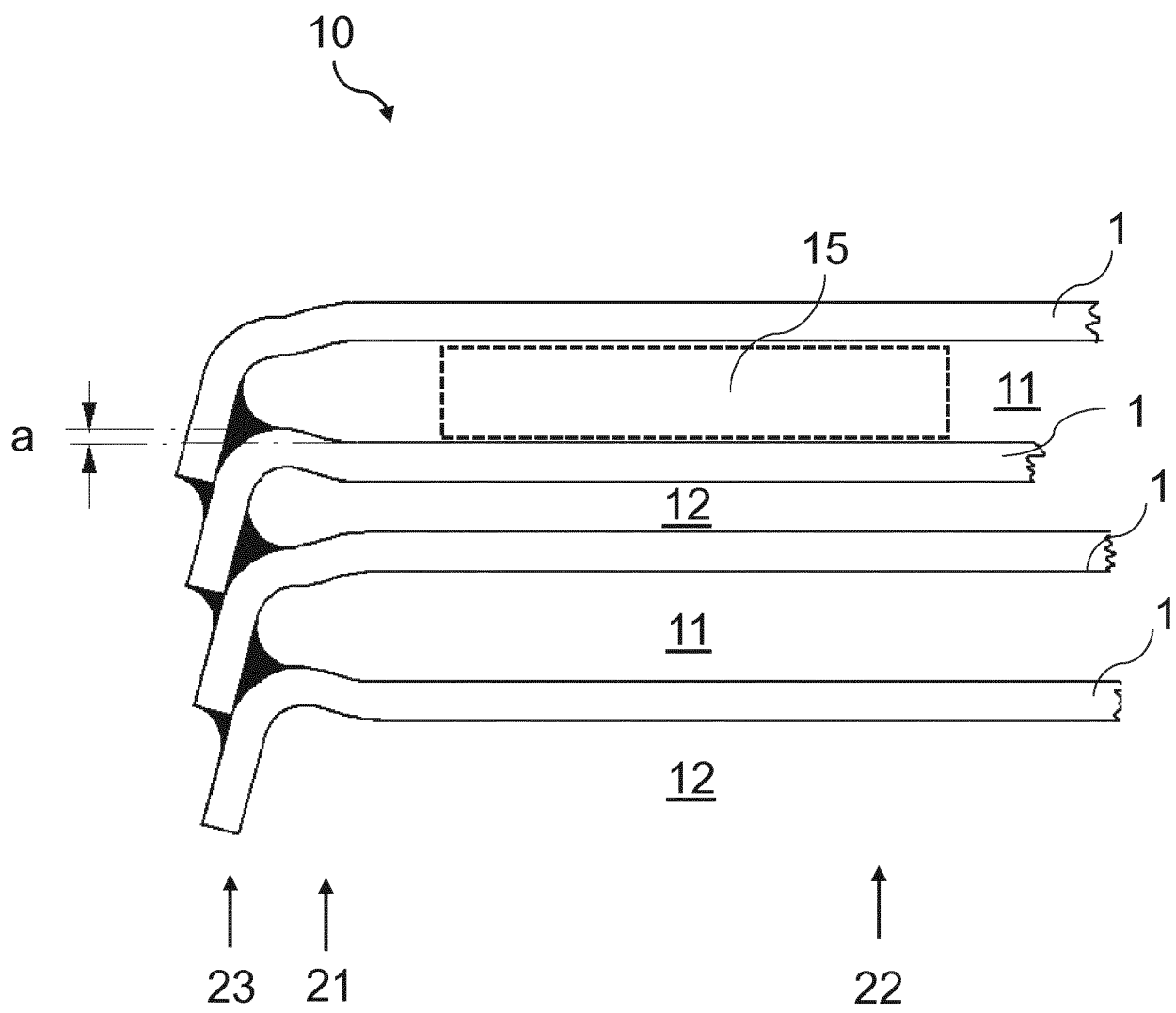
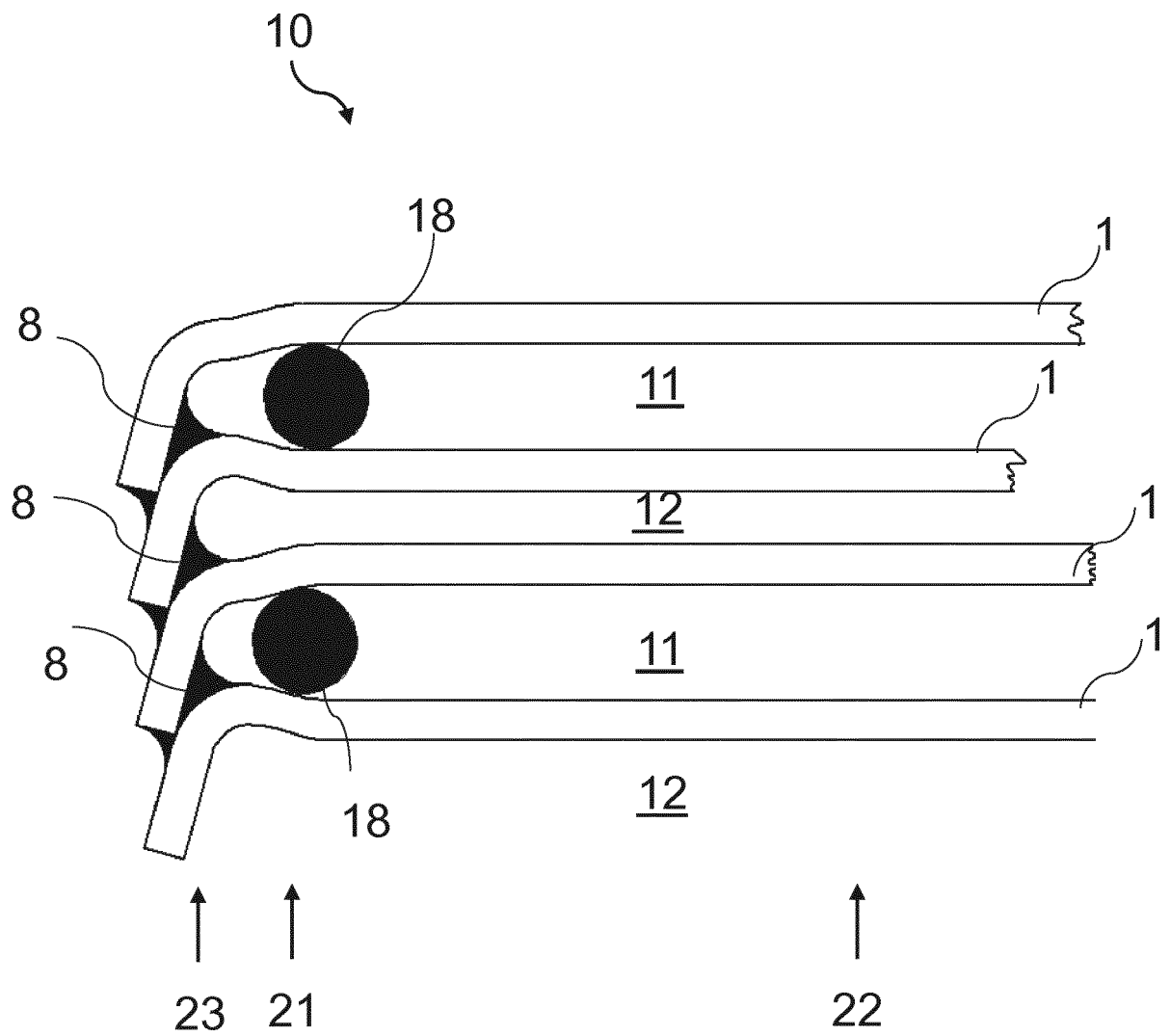


FIG. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 20 2954

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2016/012161 A2 (AIRBUS HELICOPTERS [FR]) 28. Januar 2016 (2016-01-28)	1-14	INV. F28D9/00
Y	* Seite 18, Absatz 3 - Seite 18, Absatz 3; Abbildungen *	15	

X	FR 2 980 837 A1 (VALEO SYSTEMES THERMIQUES [FR]) 5. April 2013 (2013-04-05)	1-3	
Y	* Abbildungen *	15	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28D F28F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. April 2018	Prüfer Mellado Ramirez, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 20 2954

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-04-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2016012161	A2	28-01-2016	EP 3172517	A2	31-05-2017
				FR 3024224	A1	29-01-2016
				US 2017131035	A1	11-05-2017
15				WO 2016012161	A2	28-01-2016

	FR 2980837	A1	05-04-2013	CN 103988041	A	13-08-2014
				EP 2764313	A1	13-08-2014
				FR 2980837	A1	05-04-2013
20				KR 20140088122	A	09-07-2014
				US 2014246185	A1	04-09-2014
				WO 2013050394	A1	11-04-2013

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82