(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 896 866**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **06 10545**

(51) Int Cl[8] : **F 28 F 304/00** (2006.01)

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 01.12.06.

(30) **Priorité :** 01.12.05 US 60741537.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 03.08.07 Bulletin 07/31.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *MODINE MANUFACTURING COMPANY* — US.

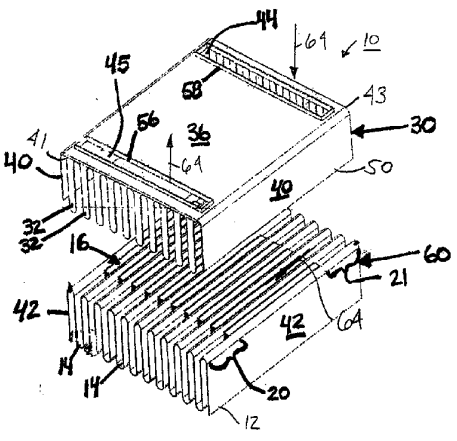
(72) **Inventeur(s) :** VALENSA JEROEN et VOSS MARK G.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** CABINET ORES.

(54) ECHANGEUR DE CHALEUR COMPACT A HAUTE TEMPERATURE,TEL QU'UN RECUPERATEUR.

(57) La présente invention concerne un échangeur thermique (10) pouvant transférer de l'énergie thermique entre un premier fluide de travail et un second fluide de travail. L'échangeur thermique (10) peut comprendre une première feuille (12) profilée pour définir une pluralité de premières ailettes et ayant une extrémité supérieure et une extrémité inférieure, une deuxième feuille (16) profilée pour définir une pluralité de secondes ailettes et étant positionnée entre l'extrémité supérieure de la première feuille (12) et l'extrémité inférieure de la première feuille (12), et un boîtier (50) formé à partir d'une troisième feuille (30) et enfermant au moins partiellement la première feuille (12) et la deuxième feuille (16).



FR 2 896 866 - A1

ÉCHANGEUR THERMIQUE À HAUTE TEMPÉRATURE COMPACT TEL QU'UN RÉCUPÉRATEUR

La présente invention concerne des échangeurs thermiques et plus spécifiquement des échangeurs thermiques (par exemple, des récupérateurs, des systèmes de récupération de chaleur de gaz d'échappement résiduaire, et similaires) qui peuvent être compacts et/ou fonctionner à des hautes températures.

Les récupérateurs compacts peuvent être utilisés dans un certain nombre d'applications, telles que, par exemple, dans des microturbines et des piles à combustible à haute température. Dans ces applications et dans d'autres, l'efficacité du système peut être optimisée en chauffant un courant d'air entrant à basse température à une température plus proche d'une température de fonctionnement de processus souhaitée via le transfert d'énergie thermique depuis un courant résiduaire à haute température de gaz ou d'air d'échappement. Le récupérateur peut être un échangeur thermique qui permet le transfert efficace d'énergie thermique depuis le courant chaud vers le courant froid tout en maintenant l'isolation des deux courants.

En fonctionnement, les récupérateurs compacts peuvent être exposés à des températures de fonctionnement au-dessus de 750 °C au niveau d'une extrémité chaude, et à des températures presque ambiantes (c'est-à-dire, inférieures à 100 °C) au niveau d'une extrémité froide. La combinaison de hautes températures et d'importants gradients de température

avec des matériaux à section mince a conduit à l'utilisation de matériaux qui présentent une résistance aux hautes températures et une résistance à la corrosion à des températures élevées, tels que des alliages avec un contenu élevé en nickel. De tels matériaux sont relativement coûteux, ce qui augmente la demande de conceptions de récupérateur qui minimisent la quantité de matériau nécessaire pour atteindre la capacité de transfert de chaleur souhaitée. En même temps, les conceptions de récupérateur minimisent souvent la contrainte thermique induite par les gradients de température dans tout le dispositif.

Dans certains modes de réalisation, l'invention fournit un échangeur thermique pour transférer de l'énergie thermique entre un premier fluide de travail et un second fluide de travail. L'échangeur thermique peut comprendre une paire de premières ailettes formées à partir d'une seule feuille et définissant au moins partiellement une voie d'écoulement pour le premier fluide de travail et une seconde ailette positionnée entre la paire de premières ailettes et définissant au moins partiellement une voie d'écoulement pour le second fluide de travail. La voie d'écoulement du premier fluide de travail peut être séparée de la voie d'écoulement du second fluide de travail.

Dans d'autres modes de réalisation, la présente invention fournit un échangeur thermique comprenant une première feuille ondulée ayant une paire de sommets et séparant une voie d'écoulement pour le premier fluide de travail d'une voie d'écoulement pour le second fluide de travail, et une deuxième feuille ondulée

positionnée entre la paire de sommets de la première feuille ondulée.

Dans toujours d'autres modes de réalisation, l'invention fournit un échangeur thermique comprenant une première feuille profilée pour définir une pluralité de premières ailettes et ayant une extrémité supérieure et une extrémité inférieure, une deuxième feuille profilée pour définir une pluralité de secondes ailettes et étant positionnée entre l'extrémité supérieure de la première feuille et l'extrémité inférieure de la première feuille, et un boîtier formé à partir d'une troisième feuille et enfermant au moins partiellement la première feuille et la deuxième feuille.

La présente invention fournit également un procédé d'assemblage d'un échangeur thermique, comprenant les actes d'onduler une première feuille pour définir une paire de sommets et pour définir au moins partiellement une voie d'écoulement pour un premier fluide de travail et une voie d'écoulement pour un second fluide de travail, d'onduler une deuxième feuille, et d'emboîter la deuxième feuille dans la première feuille entre la paire de sommets et le long de la voie d'écoulement pour le second fluide de travail.

D'autres aspects de l'invention deviendront apparents en considérant la description détaillée et les dessins d'accompagnement.

La figure 1 est une vue en perspective partiellement en éclaté d'une partie d'un échangeur thermique selon certains modes de réalisation de la présente invention ;

la figure 2 est une vue en perspective, partiellement brisée de l'échangeur thermique montré sur la figure 1 ;

la figure 3 est une vue en perspective, partiellement en éclaté de l'échangeur thermique montré sur les figures 1 et 2 et comprenant un boîtier ;

la figure 4 est une vue en perspective de l'échangeur thermique montré sur les figures 1 à 3 ; et

la figure 5 est une vue en bout de l'échangeur thermique montré sur les figures 1 à 4.

Avant que tout mode de réalisation de l'invention soit expliqué en détail, il doit être compris que l'invention n'est pas limitée dans son application aux détails de construction et à l'agencement de composants présentés dans la description suivante ou illustrés dans les dessins suivants. L'invention est capable de supporter d'autres modes de réalisation et d'être mise en pratique ou d'être réalisée de différentes façons.

Sauf spécifié ou limité autrement, les termes « monté », « raccordé », « supporté », et « couplé » et les variations de ceux-ci sont largement utilisés et englobent à la fois les montages, raccordements, supports, et couplages directs et indirects.

Il doit également être compris que la phraséologie et la terminologie utilisées ci-après en référence à l'orientation d'un dispositif ou d'un élément (tel que, par exemple, des termes tels que « central », « supérieur », « inférieur », « avant », « arrière », et similaires) sont uniquement utilisés pour simplifier la description de la présente invention, et n'indiquent ou ne suggèrent pas uniquement que le dispositif ou

l'élément auquel il est fait référence doit avoir une orientation particulière. De plus, des termes tels que « premier », « deuxième », et « troisième » sont utilisés ci-après à des fins de description et ne sont pas conçus pour indiquer ou suggérer une importance ou une signification relative.

Les figures 1 à 5 illustrent un échangeur thermique 10 (par exemple, un récupérateur) pour une utilisation dans une microturbine, et/ou une pile à combustible à haute température. Dans d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut être compris dans un véhicule ayant un moteur à combustion interne et peut fonctionner comme un système de récupération de chaleur de gaz d'échappement résiduaire, ou en variante, comme une partie d'un système de récupération de chaleur de gaz d'échappement résiduaire. Dans encore d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut être compris et/ou utilisé avec des unités d'alimentation auxiliaires basées sur des piles à combustible installées dans des véhicules (par exemple, des véhicules de camping, des véhicules utilitaires ou industriels, et similaires). Dans toujours d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut être utilisé dans d'autres applications (par exemple, des applications non véhiculaires), telles que, par exemple, le refroidissement de composants électroniques, l'équipement industriel, le chauffage de bâtiments et la climatisation, et similaires.

Dans certains modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut fournir une efficacité de transfert de chaleur élevée avec une taille et un poids minimaux,

une construction à faible coût en raison d'une minimisation des déchets, de liaisons et de points de raccordement facilement accessibles pour la réparation et la localisation simplifiées des fuites et des autres défauts pendant ou après la fabrication, et/ou d'une conception non thermiquement contrainte. Dans d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut comprendre un(e) ou plusieurs caractéristiques ou avantages supplémentaires non spécifié(e)s ci-après.

Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, l'échangeur thermique 10 transfert de l'énergie thermique depuis un premier fluide de travail à haute température (par exemple, un gaz d'échappement, de l'eau, du CO_2, un réfrigérant organique, du R12, du R245fa, de l'air, et similaire) vers un second fluide de travail à une température inférieure (par exemple, un gaz d'échappement, de l'eau, du CO_2, un réfrigérant organique, du R12, du R245fa, de l'air, et similaire).

Tel que cela est montré sur les figures 1 à 5, l'échangeur thermique 10 peut comprendre un noyau 60 ayant une première feuille ou une feuille de séparation 12 et un certain nombre de deuxièmes feuilles 16. Dans le mode de réalisation illustré de la figure 2, le noyau 60 comprend vingt et une deuxièmes feuilles 16 et une seule première feuille 12. Dans d'autres modes de réalisation, le noyau 60 peut comprendre deux premières feuilles 12 ou plus et une, deux, trois deuxièmes feuilles 16 ou plus.

Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, la première feuille 12 est profilée et comprend un certain nombre d'ailettes, de sommets, ou d'ondulations

22 et un certain nombre de canaux 14 positionnés entre les sommets 22. De plus, chacune des deuxièmes feuilles 16 est profilée et comprend un certain nombre d'ailettes, de sommets ou d'ondulations 26 et un certain nombre de canaux 28.

Dans le mode de réalisation illustré, chacun des sommets 22 de la première feuille 12 et chacun des sommets 26 des deuxièmes feuilles 16 a une extrémité sensiblement arrondie, et chacun des canaux 14 de la première feuille 12 et chacun des canaux 28 des deuxièmes feuilles 16 a une coupe transversale arrondie de la même manière. Dans d'autres modes de réalisation, les sommets 22 et/ou les canaux 14 de la première feuille 12 et/ou les sommets 26 et les canaux 28 des deuxièmes feuilles 16 peuvent être pointus, carrés ou de forme irrégulière. Dans encore d'autres modes de réalisation, la première feuille 12 et/ou les deuxièmes feuilles 16 peuvent avoir une forme sensiblement en dents-de-scie. Dans toujours d'autres modes de réalisation, les sommets adjacents 22 et/ou les canaux 14 de la première feuille 12 et/ou les sommets adjacents 26 et/ou les canaux 28 des deuxièmes feuilles 16 peuvent avoir différentes formes.

Dans certains modes de réalisation, les sommets 22 et les canaux 14 peuvent être formés en pliant ou en ondulant la première feuille 12, et les sommets 26 et les canaux 28 peuvent être formés en pliant ou en ondulant les deuxièmes feuilles 16. Dans d'autres modes de réalisation, la première feuille 12 et/ou les deuxièmes feuilles 16 peuvent être coulées ou moulées dans une forme souhaitée.

La première feuille 12 et/ou les deuxièmes feuilles 16 peuvent être fabriquées à partir d'un ou plusieurs matériaux adaptés pour un fonctionnement dans un échangeur thermique à haute température. Dans certains modes de réalisation, la première feuille 12 et les deuxièmes feuilles 16 peuvent être fabriquées à partir d'un alliage avec un contenu élevé en nickel. Dans certains modes de réalisation, la première feuille 12 et les deuxièmes feuilles 16 peuvent être fabriquées à partir de matériaux ayant sensiblement les mêmes coefficients d'expansion thermique ou des coefficients d'expansion thermique sensiblement similaires. Dans d'autres modes de réalisation, la première feuille 12 et/ou les deuxièmes feuilles 16 peuvent être fabriquées à partir de certains autres matériaux (par exemple, l'aluminium, le fer, et d'autres métaux, un matériau composite, et similaires).

Tel que cela est montré sur les figures 1 à 5, les deuxièmes feuilles 16 peuvent être positionnées dans des canaux 14 de la première feuille 12 entre les extrémités supérieure et inférieure des sommets 22 de la première feuille 12. Dans certains modes de réalisation, les deuxièmes feuilles 16 peuvent être positionnées dans les canaux 14 entre des paires de sommets alternées 22 de la première feuille 12. Dans d'autres modes de réalisation, les deuxièmes feuilles 16 peuvent être positionnées à des intervalles réguliers ou irréguliers entre des paires de sommets 22 de la première feuille 12.

Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, les deuxièmes feuilles 16 sont plus minces que la

première feuille 12. Dans d'autres modes de réalisation, chacune des deuxièmes feuilles 16 peut avoir une épaisseur différente. En variante ou en plus, une ou plusieurs des deuxièmes feuilles 16 peuvent avoir une épaisseur qui est supérieure à ou sensiblement égale à l'épaisseur de la première feuille 12, selon les caractéristiques de l'écoulement (par exemple, débit, température, pression, etc.) du premier fluide de travail et/ou du second fluide de travail, le premier fluide de travail particulier sélectionné, le débit massique du premier fluide de travail à travers l'échangeur thermique 10, le second fluide de travail particulier sélectionné, le débit massique du second fluide de travail à travers l'échangeur thermique 10, et similaire.

Dans certains modes de réalisation, des convolutions de surface peuvent être formées le long de la surface interne ou externe d'une ou plusieurs des deuxièmes feuilles 16. Dans certains modes de réalisation de ce type, les convolutions de surface peuvent comprendre des aérateurs, de crevés décalés, des bosses, de canaux, des évidements, des nervures, etc. Dans d'autres modes de réalisation, des convolutions de surface peuvent être formées le long des surfaces interne et externe de la première feuille 12. Dans ces modes de réalisation, les convolutions de surface peuvent augmenter la rigidité ou la résistance du noyau 60, améliorer le taux de transfert de chaleur entre le premier fluide de travail et le second fluide de travail, et/ou améliorer l'efficacité de l'échangeur thermique 10. En améliorant l'efficacité de l'échangeur

thermique 10, l'inclusion de telles convolutions de surface peuvent également ou en variante garantir le fonctionnement efficace de l'échangeur thermique 10 tout en minimisant la quantité de matériau nécessaire pour fabriquer l'échangeur thermique 10.

Tel que cela est montré sur les figures 1 et 2, la première feuille 12 et les deuxièmes feuilles 16 peuvent être dimensionnées de façon à ce que la hauteur d'ondulation *h* des deuxièmes feuilles 16 soit sensiblement similaire à l'espace *d* entre les sommets adjacents 22 de la première feuille 12 (c'est-à-dire, la largeur des canaux 14 de la première feuille 12). De cette manière, les deuxièmes feuilles 16 peuvent être emboîtées de manière sûre entre les sommets adjacents 22 de la première feuille 12.

Dans certains modes de réalisation, tels que les modes de réalisation illustrés des figures 1 à 5, la largeur *W* de la première feuille 12 peut être supérieure à la largeur *w* des deuxièmes feuilles 16 de façon à ce qu'une section sans lamelles 20, 21 soit située sur n'importe quel côté de chaque deuxième feuille 16 à l'intérieur de chaque canal 14 de la première feuille 12. Dans d'autres modes de réalisation, la largeur *W* de la première feuille 12 peut être inférieure ou sensiblement égale à la largeur *w* d'une ou plusieurs des deuxièmes feuilles 16 de façon à ce qu'aucune section sans lamelles ne soit située le long d'un ou plusieurs des canaux 14 de la première feuille 12. Dans ces modes de réalisation, les deuxièmes feuilles 16 peuvent fournir un support structurel et une rigidité au noyau 60. Dans des modes de réalisation

dans lesquels la pression d'un du premier fluide de travail et du second fluide de travail est significativement supérieure à la pression de l'autre du premier fluide de travail et du second fluide de travail, le support structurel et la rigidité supplémentaires fournis par les deuxièmes feuilles 16 peuvent empêcher ou réduire l'usure ou les dommages du noyau 60. Dans d'autres modes de réalisation, des sections sans lamelles 20, 21 sont situées au niveau de seulement une extrémité d'un ou plusieurs des canaux 14 de la première feuille 12.

Dans certains modes de réalisation, une ou plusieurs des deuxièmes feuilles 16 peuvent être fixées à la première feuille 12 entre les sommets adjacents 22 de la première feuille 12. Dans certains modes de réalisation de ce type, les sommets 26 des deuxièmes feuilles 16 sont raccordés (par exemple, soudées, brasées tendre, brasées fort, etc.) à la première feuille 12. Dans d'autres modes de réalisation, les deuxièmes feuilles 16 peuvent être supportées dans les canaux 14 pour le mouvement relatif vers la première feuille 12, ou en variante, les deuxièmes feuilles 16 peuvent être raccordées à la première feuille 12 d'une autre manière, telle que, par exemple, par un ajustement serré, un matériau adhésif ou de liaison cohésif, des éléments de fixation, etc.

Tel que cela est montré sur les figures 1 à 5, l'échange de chaleur 10 peut également ou en variante comprendre un boîtier ou une enveloppe 50. Dans certains modes de réalisation, le boîtier 50 peut être formé à partir d'une troisième feuille 30, qui peut

être enroulée autour de deux ou trois côtés du noyau 60. En variante ou en plus, la troisième feuille 30 peut comprendre des volets 32, qui peuvent être pliés ou formés pour s'étendre à travers un ou plusieurs des canaux 14 (par exemple, les canaux s'ouvrant vers le haut 14 montrés sur la figure 5) de la première feuille 12. Tel que cela est montré sur les figures 1 à 5, les volets 32 peuvent s'étendre à travers les extrémités opposées des canaux alternés 14 de la première feuille 12. Dans d'autres modes de réalisation, les volets 32 peuvent s'étendre à travers une ou les deux extrémités des canaux adjacents 14. Dans certains modes de réalisation ayant des volets 32, les volets 32 peuvent être fixés (par exemple, soudés, brasés tendre, brasés fort, etc.) à la première feuille 12 pour sceller hermétiquement ou sensiblement sceller hermétiquement les extrémités des canaux 14. Dans d'autres modes de réalisation, les volets 32 peuvent être raccordés à la première feuille 12 d'une autre manière, telle que, par exemple, par un ajustement serré, un matériau de liaison cohésif ou adhésif, des éléments de fixation, etc.

Dans certains modes de réalisation, tel que le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, une surface 36 de la troisième feuille 30 peut être fixée aux sommets 22 de la première feuille 12. En variante ou en plus, les extrémités de la troisième feuille 30 peuvent définir des rebords 40, qui peuvent s'étendre vers l'extérieur à travers les parois latérales 42 du noyau 60. Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, les rebords 40 s'étendent à travers les

sommets avant et arrière 22 de la première feuille 12 de façon à ce que la troisième feuille 30 enferme au moins partiellement le noyau 60.

Dans certains modes de réalisation, tel que dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, l'échangeur thermique 10 peut comprendre une première voie d'écoulement (représentée par les flèches 62 sur la figure 4) pour le premier fluide de travail et une seconde voie d'écoulement (représentée par les flèches 64 sur la figure 3) pour le second fluide de travail. Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, l'échangeur thermique 10 est configuré comme un échangeur thermique à simple passage avec le premier fluide de travail se déplaçant le long de la première voie d'écoulement 62 à travers au moins un d'un certain nombre de canaux 14 (c'est-à-dire, les canaux s'ouvrant vers le bas 14 montrés sur les figures 1 à 5) définis par la première feuille 12 et avec le second fluide de travail se déplaçant le long de la seconde voie d'écoulement 64 à travers au moins un d'un certain nombre d'autres canaux 14 (c'est-à-dire, les canaux s'ouvrant vers le haut 14 montrés sur les figures 1 à 5) définis par la première feuille 12. Dans ces modes de réalisation, la première feuille 12 peut séparer les premier et second passages d'écoulement 62, 64 et peut empêcher le mélange des premier et second fluides de travail.

Dans d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut être configuré comme un échangeur thermique à passages multiples avec le premier fluide de travail se déplaçant dans un premier passage à

travers un ou plusieurs des canaux 14 et se déplaçant ensuite dans un second passage à travers un ou plusieurs canaux différents 14 dans une direction opposée à la direction d'écoulement du premier fluide de travail dans le premier passage. Dans ces modes de réalisation, le second fluide de travail peut se déplacer le long de la seconde voie d'écoulement 64 à travers au moins un d'un certain nombre d'autres canaux 14.

Dans encore d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut être configuré comme un échangeur thermique à passages multiples avec le second fluide de travail se déplaçant dans un premier passage à travers un ou plusieurs des canaux 14 et se déplaçant ensuite dans un deuxième passage à travers un ou plusieurs canaux différents 14 dans une direction opposée à la direction d'écoulement du second fluide de travail dans le premier passage. Dans ces modes de réalisation, le premier fluide de travail peut se déplacer le long de la première voie d'écoulement 62 à travers au moins un d'un certain nombre d'autres canaux 14.

Toujours dans d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut être configuré comme un échangeur thermique à passages multiples dans lequel le premier fluide de travail effectue plus de deux passages consécutifs à travers l'échangeur thermique 10. Dans d'autres modes de réalisation, l'échangeur thermique 10 peut être configuré comme un échangeur thermique à passages multiples dans lequel le second

fluide de travail effectue plus de deux passages consécutifs à travers l'échangeur thermique 10.

Tel que cela est montré sur les figures 1 à 5, les premier et second passages d'écoulement 62, 64 peuvent être contre directionnels. Dans d'autres modes de réalisation, les premier et second passages d'écoulement 62, 64 peuvent être sensiblement parallèles.

Dans des modes de réalisation tels que le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5 ayant une première voie d'écoulement 62 et une seconde voie d'écoulement 64, le boîtier 50 peut définir une première entrée 41 et une première sortie 43 pour la première voie d'écoulement 62. Tel que cela est montré sur les figures 1 à 5, le boîtier 50 peut également ou en variante définir une seconde entrée 44 pour la seconde voie d'écoulement 64 et une seconde sortie 45 pour la seconde voie d'écoulement 64.

Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, les connecteurs 56, 58 sont fixés au boîtier 50 autour de la seconde entrée 44 et de la seconde sortie 45, respectivement. Dans certains modes de réalisation, le boîtier 50 peut également comprendre des connecteurs situés de manière adjacente à la première entrée 41 et/ou la première sortie 43 pour empêcher les premier ou second fluides de travail de contourner le noyau 60 ou une partie du noyau 60. Dans certains modes de réalisation, les connecteurs 56, 58 fournissent les seuls points de contact entre le noyau 60 et le boîtier 50, minimisant ou empêchant ainsi un transfert de chaleur non souhaité et garantissant que le noyau 60

reste thermiquement non contraint. De plus, dans certains modes de réalisation, le boîtier 50 et/ou le noyau 60 peuvent comprendre un matériau isolant et/ou réfractaire pour minimiser et/ou empêcher davantage un transfert de chaleur non souhaité.

Tel que cela est montré sur les figures 1 à 5, pendant le fonctionnement de l'échangeur thermique 10, le premier fluide de travail peut se déplacer le long de la première voie d'écoulement 62 à travers la première entrée 41 à l'intérieur d'une entrée d'un ou plusieurs des canaux 14 (c'est-à-dire, un ou plusieurs des canaux s'ouvrant vers le bas 14 montrés sur les figures 1 à 5) adjacents au premier côté 52 de la première feuille 12, à travers la seconde feuille 16 positionnée dans le ou les canaux 14, et sort à travers la première sortie 43 adjacente au second côté 54 de la première feuille 12.

Tel que cela est également montré sur les figures 1 à 5, le second fluide de travail peut se déplacer le long de la seconde voie d'écoulement 64 à travers la seconde entrée 44 à l'intérieur d'un ou plusieurs des canaux 14 (c'est-à-dire, un ou plusieurs des canaux s'ouvrant vers le haut 14 montrés sur les figures 1 à 5), une première section sans lamelles 20 du ou des canaux 14, la seconde feuille 16 positionnée dans le ou les canaux 14, la seconde section sans lamelles 21 du ou des canaux 14, et en dehors de la seconde sortie 45.

Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, la température du premier fluide de travail au niveau de la première entrée 41 est supérieure à la température du second fluide de travail au niveau de la

seconde entrée 44, et l'énergie thermique est transférée depuis le premier fluide de travail vers le second fluide de travail. Étant donné que la première voie d'écoulement 62 est sensiblement linéaire, l'impact de l'écoulement du premier fluide de travail à travers le noyau 60 peut être minimisé.

Pendant l'assemblage, la première feuille 12 et une ou plusieurs deuxièmes feuilles 16 sont profilées. Les deuxièmes feuilles 16 sont ensuite insérées à l'intérieur des canaux 14 définis entre les sommets 22 formés par la première feuille 12. La troisième feuille 30 est ensuite placée autour de la première feuille 12 pour enfermer au moins partiellement la première feuille 12 et les deuxièmes feuilles 16. Dans certains modes de réalisation, les deuxièmes feuilles 16 et la troisième feuille 30 peuvent être fixées à la première feuille 12 en une seule opération (par exemple, soudées, brasées tendre, brasées fort, etc.). Dans certains modes de réalisation de ce type, les volets 32 peuvent également ou en variante être fixés aux extrémités 52, 54 de la première feuille 12 pendant la même opération.

Dans des modes de réalisation, tels que le mode de réalisation illustré, dans lequel le noyau 60 est formé à partir d'une seule première feuille 12 et d'une ou plusieurs deuxièmes feuilles 16 et dans lequel le boîtier 50 est formé à partir d'une troisième feuille 30, l'usage de matériau peut être minimisé. Dans certains modes de réalisation de ce type, peu ou pas de déchets sont générés pendant la fabrication de l'échangeur thermique 10.

Dans le mode de réalisation illustré des figures 1 à 5, les seuls points de raccordement nécessaires pour empêcher la fuite croisée entre la première voie d'écoulement 62 et la seconde voie d'écoulement 64 sont situés entre les rebords des volets 32 et la surface profilée de la première feuille 12. Dans certains modes de réalisation de ce type, ces points de raccordement sont facilement accessibles pendant la fabrication de l'échangeur thermique 10, simplifiant ainsi l'identification et la maintenance des fuites dans l'échangeur thermique 10.

Différents avantages et caractéristiques de l'invention sont exposés dans les revendications suivantes.

REVENDICATIONS

1. Échangeur thermique (10) pour transférer de l'énergie thermique entre un premier fluide de travail et un second fluide de travail, l'échangeur thermique (10) étant caractérisé en ce qu'il comprend :

une paire de premières ailettes (22) formées à partir d'une seule feuille (12) et définissant au moins partiellement une voie d'écoulement (64) pour le second fluide de travail ; et

une deuxième ailette (16) positionnée entre la paire de premières ailettes (22) et définissant au moins partiellement une voie d'écoulement (64) pour le second fluide de travail, une voie d'écoulement (62) du premier fluide de travail étant séparée de la voie d'écoulement (64) du second fluide de travail.

2. Échangeur thermique (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une direction d'écoulement (62) du premier fluide de travail à travers l'échangeur thermique est sensiblement contraire à une direction d'écoulement (64) du second fluide de travail.

3. Échangeur thermique (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la deuxième ailette (16) est formée à partir d'une feuille ondulée.

4. Échangeur thermique (10) selon la revendication 3, caractérisé en ce que les premières ailettes (22) sont formées d'ondulations le long de la feuille (12).

5. Échangeur thermique (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une extrémité de la deuxième ailette (16) est fixée à une ailette (22) de la paire de premières ailettes et une autre extrémité de la

deuxième ailette (16) est fixée à une autre ailette (22) de la paire de premières ailettes.

6. Échangeur thermique (10) selon la revendication 1, caractérisé par une paire de deuxièmes ailettes (10) positionnées le long de la voie d'écoulement (64) du second fluide de travail, la deuxième ailette étant une ailette de la paire de deuxièmes ailettes.

7. Échangeur thermique (10) selon la revendication 6, caractérisé en ce que les deuxièmes ailettes sont formées à partir d'une seule feuille (16).

8. Échangeur thermique (10) selon la revendication 7, caractérisé en ce que les deuxièmes ailettes sont formées d' ondulations le long de la feuille (16).

9. Échangeur thermique (10) selon la revendication 7, caractérisé en ce que les premières ailettes ont une extrémité supérieure et une extrémité inférieure (22), et dans lequel la deuxième feuille (16) est positionnée entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la paire de premières ailettes.

10. Échangeur thermique (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les premières ailettes sont formées à partir d'une première feuille ondulée (12), la deuxième ailette étant formée à partir d'une deuxième feuille ondulée (16), et en ce q'un boîtier (50) est formé à partir d'une troisième feuille (30), le boîtier (50) enfermant au moins partiellement la première feuille (12) et la deuxième feuille (16).

11. Échangeur thermique (10) selon la revendication 10, caractérisé en ce que la première feuille (12) et la troisième feuille (30) enferment sensiblement la voie d'écoulement (62) pour le premier

fluide de travail, et dans lequel la première feuille (12), la deuxième feuille (16), et la troisième feuille (30) ensemble enferment au moins partiellement la voie d'écoulement (64) pour le second fluide de travail.

12. Échangeur thermique (10) selon la revendication 10, caractérisé en ce que la deuxième feuille (16) est emboîtée dans la première feuille (12) entre la paire de premières ailettes.

13. Échangeur thermique (10) pour transférer de l'énergie thermique entre un premier fluide de travail et un second fluide de travail, caractérisé en ce qu'il comprend:

une première feuille ondulée (12) ayant une paire de sommets (22) et séparant une voie d'écoulement (62) pour le premier fluide de travail d'une voie d'écoulement (64) pour le second fluide de travail ; et

une deuxième feuille ondulée (16) positionnée entre la paire de sommets (22) de la première feuille ondulée (12).

14. Échangeur thermique (10) selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'une direction d'écoulement (62) du premier fluide de travail le long de la voie d'écoulement est sensiblement contraire à une direction d'écoulement (64) du second fluide de travail le long de la voie d'écoulement.

15. Échangeur thermique (10) selon la revendication 13, caractérisé en ce que la deuxième feuille (16) a une paire de sommets (26), et en ce que la paire de sommets (26) de la deuxième feuille (16) sont fixés à un sommet de la paire de sommets (22) de la première feuille (12).

16. Échangeur thermique (10) selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'un côté de la deuxième feuille (16) est fixé à un sommet de la paire de sommets (22) de la première feuille (12) et un autre côté de la deuxième feuille (16) est fixé à un autre sommet de la paire de sommets (22) de la première feuille (12).

17. Échangeur thermique (10) selon la revendication 13, caractérisé en ce que la première feuille (12) a une extrémité inférieure, en ce que la paire de sommets (22) de la première feuille (12) forme une extrémité supérieure, et dans lequel la deuxième feuille (16) est positionnée entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la première feuille (12).

18. Échangeur thermique (10) selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'un boîtier (50) est formé à partir d'une troisième feuille (30), le boîtier (50) enfermant au moins partiellement la première feuille (12) et la deuxième feuille (16).

19. Échangeur thermique (10) selon la revendication 18, caractérisé en ce que la première feuille (12) et la troisième feuille (30) enferment sensiblement la voie d'écoulement (62) pour le premier fluide de travail, et dans lequel la première feuille (12), la deuxième feuille (16), et la troisième feuille (30) ensemble enferment au moins partiellement la voie d'écoulement (64) pour le second fluide de travail.

20. Échangeur thermique (10) selon la revendication 13, caractérisé en ce que la deuxième feuille (16) est emboîtée dans la première feuille (12)

entre la paire de sommets (22) de la première feuille (12).

21. Procédé d'assemblage d'un échangeur thermique (10), caractérisé en ce que ledit procédé comprend les étapes suivantes :

onduler une première feuille (12) pour définir une paire de sommets (22) et pour définir au moins partiellement une voie d'écoulement (62) pour un premier fluide de travail et une voie d'écoulement (64) pour un second fluide de travail ;

onduler une deuxième feuille (16) ; et

emboîter la deuxième feuille (16) dans la première feuille (12) entre la paire de sommets (22) et le long de la voie d'écoulement pour le second fluide de travail.

22. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que l'emboîtement de la deuxième feuille (16) entre la paire de sommets (22) comprend la fixation d'une extrémité de la deuxième feuille (16) à un sommet de la paire de sommets (22) de la première feuille (12) et la fixation d'une autre extrémité de la deuxième feuille (16) à un autre sommet de la paire de sommets (22) de la première feuille (12).

23. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la fixation d'une troisième feuille (30) aux sommets (22) de la première feuille (12) pour enfermer au moins partiellement la première voie d'écoulement (62).

24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce que la fixation de la troisième feuille (30) aux sommets (22) de la première feuille (12) comprend

l'enfermement au moins partiellement de la seconde voie d'écoulement (64) entre les sommets (22) de la première feuille (12) et de la troisième feuille (30).

25. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que l'ondulation de la première feuille (12) définit une deuxième paire de sommets (22), et comprend en outre l'ondulation d'une troisième feuille (30) et l'emboîtement de la troisième feuille (30) dans la première feuille (12) entre la deuxième paire de sommets (22).

26. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que l'emboîtement de la deuxième feuille (16) entre la paire de sommets (22) comprend le positionnement de la deuxième feuille (16) entre une extrémité supérieure de la première feuille (12) et une extrémité inférieure de la première feuille (12).

27. Échangeur thermique (10) pour transférer de l'énergie thermique entre un premier fluide de travail et un second fluide de travail, ledit échangeur thermique (10) étant caractérisé en ce qu'il comprend ;

une première feuille (12) profilée pour définir une pluralité de premières ailettes (22) et ayant une extrémité supérieure et une extrémité inférieure ;

une deuxième feuille (16) profilée pour définir une pluralité de deuxièmes ailettes (26) et positionnée entre l'extrémité supérieure de la première feuille (12) et l'extrémité inférieure de la première feuille ; et

un boîtier (50) formé à partir de la troisième feuille (30) et enfermant au moins partiellement la première feuille (12) et la deuxième feuille (16).

28. Échangeur thermique (10) selon la revendication 27, caractérisé en ce que le boîtier (50) définit une entrée et une sortie pour une voie d'écoulement (62) pour le premier fluide de travail et définit une entrée et une sortie pour une voie d'écoulement (64) pour le second fluide de travail.

29. Échangeur thermique (10) selon la revendication 28, caractérisé en ce que la deuxième feuille (16) est positionnée le long de la voie d'écoulement (64) du second fluide de travail.

30. Échangeur thermique (10) selon la revendication 28, caractérisé en ce qu'une direction d'écoulement (62) du premier fluide de travail est sensiblement contraire à une direction d'écoulement (64) du second fluide de travail.

31. Échangeur thermique (10) selon la revendication 27, caractérisé en ce que la deuxième feuille (16) est emboîtée dans la première feuille (12) entre deux ailettes de la pluralité de premières ailettes.

32. Échangeur thermique (10) selon la revendication 27, caractérisé en ce que la pluralité de premières ailettes (22) sont des ondulations formées le long de la première feuille (12).

33. Échangeur thermique (10) selon la revendication 27, caractérisé en ce qu'un côté de la première feuille (12) est fixé à une ailette de la pluralité de premières ailettes et un autre côté de la deuxième feuille (16) est fixé à une autre ailette de la pluralité de premières ailettes.

34. Échangeur thermique (10) selon la revendication 27, caractérisé en ce que la pluralité de deuxièmes ailettes sont des ondulations (26) formées le long de la deuxième feuille (16).

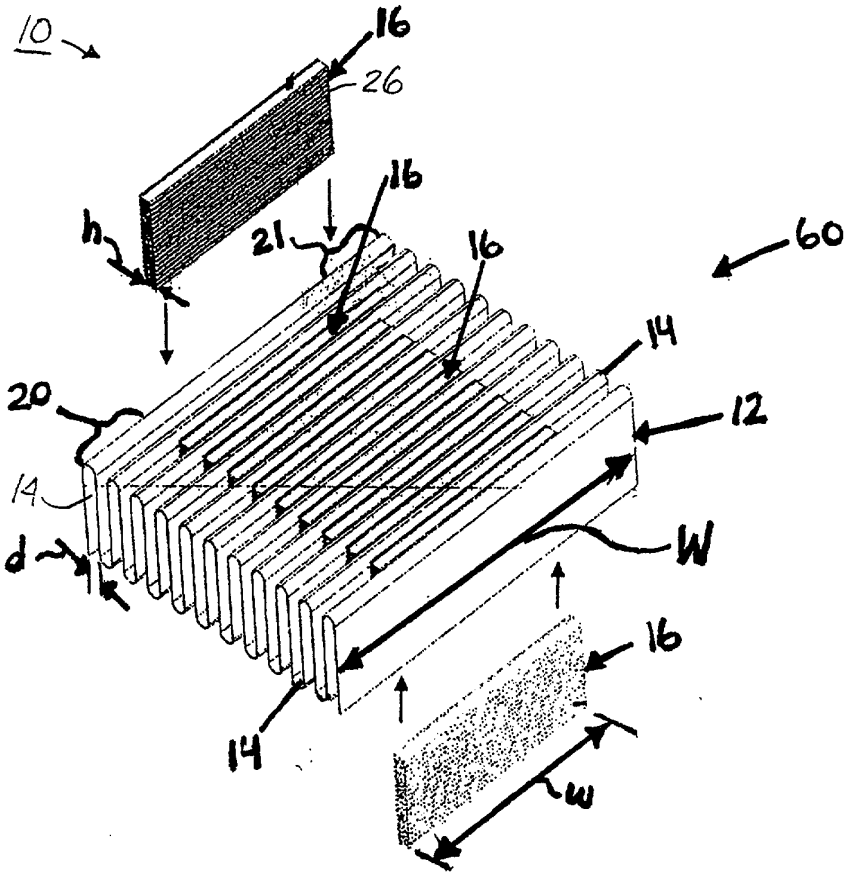


Fig. 1

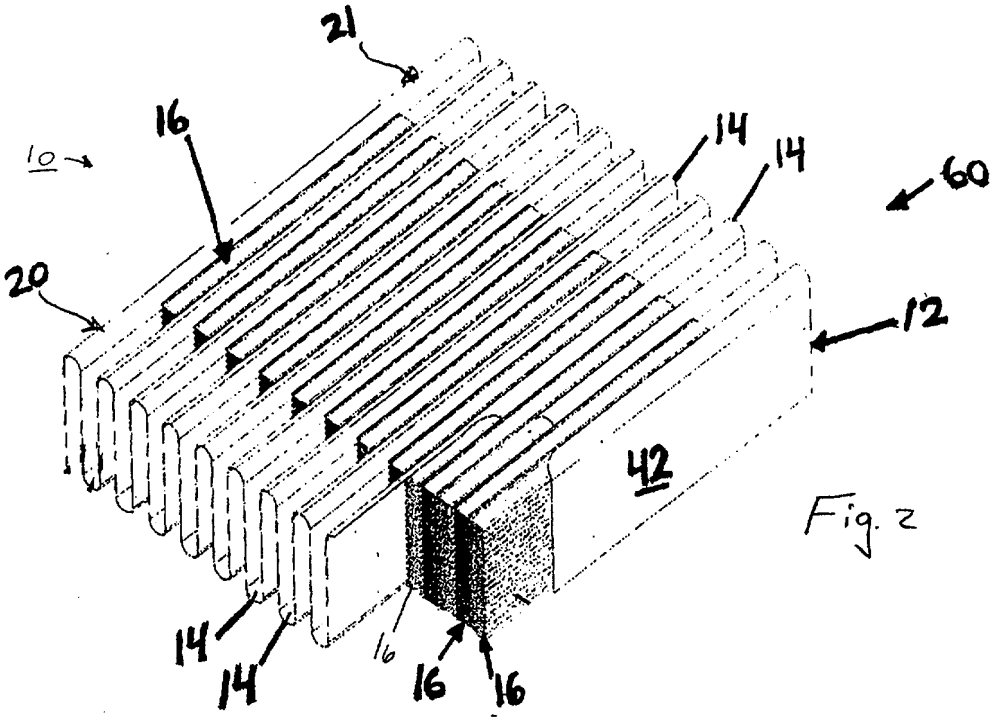

21
16
10
14
14
60
20
12
42
14
14
16
16
16

Fig. 2

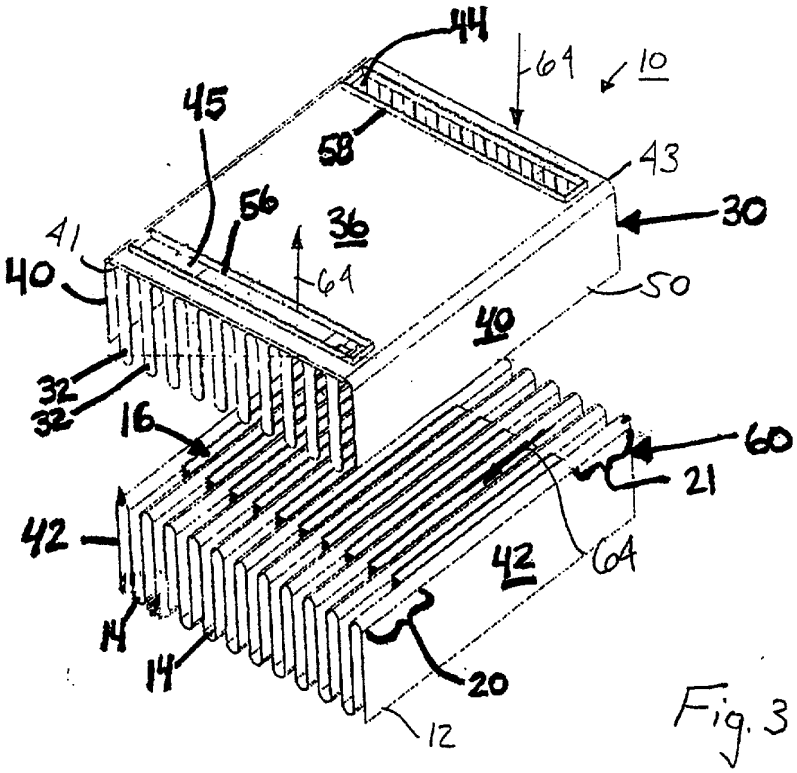

44
64
10
45
58
43
56
36
30
41
40
64
50
40
32
32
16
60
21
42
64
42
14
14
20
12

Fig. 3

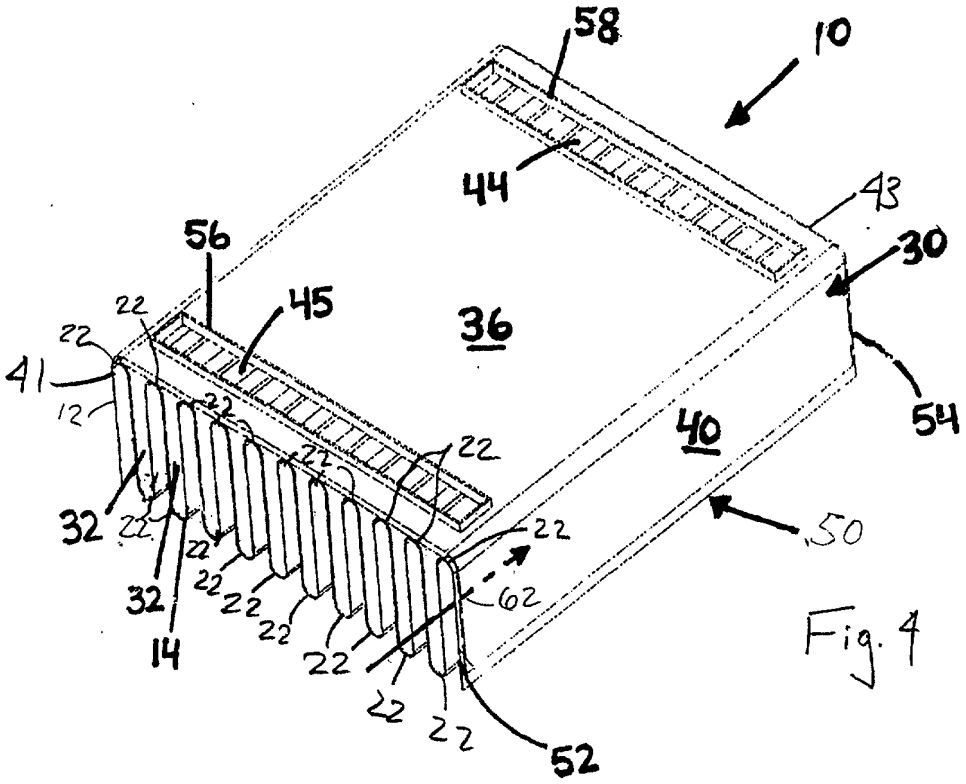

58
10
44
43
30
56
45
36
22
41
12
54
40
32
14
50
62
52

Fig. 4

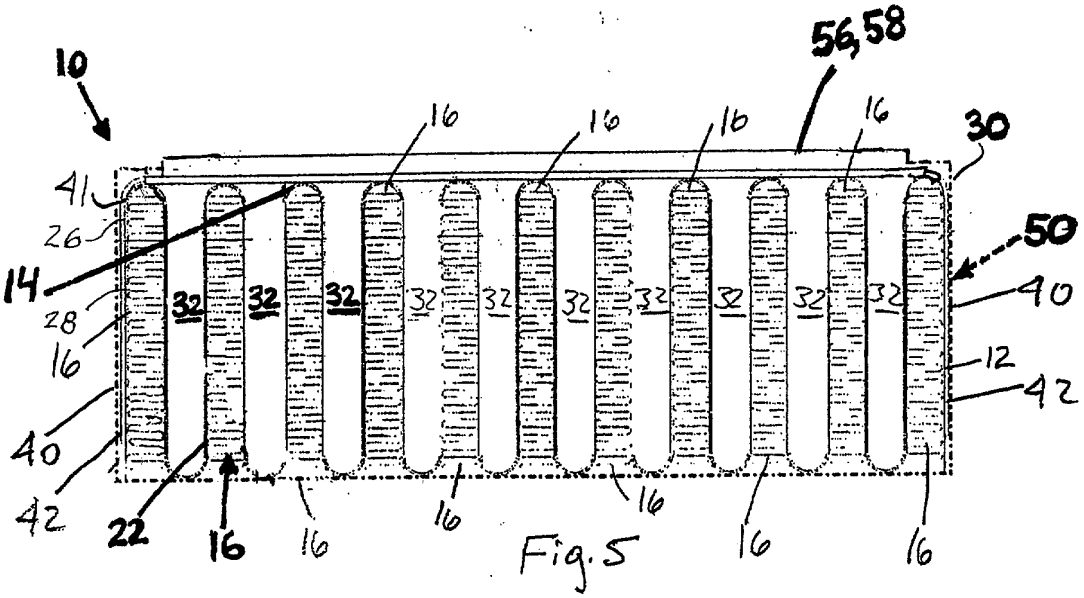

10
56,58
16
30
41
26
14
28
32
50
40
12
42
22

Fig. 5