



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

① Numéro de publication :

**0 174 254
B1**

⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
09.11.88

⑤① Int. Cl. : **F 28 F 13/12, F 28 F 19/00,**
F 28 G 3/08

②① Numéro de dépôt : 85401696.1

②② Date de dépôt : 29.08.85

⑤④ **Dispositif mécanique destinés à améliorer les transferts thermiques et à prévenir l'encrassement des échangeurs de chaleur.**

③⑩ Priorité : 31.08.84 FR 8413518

④③ Date de publication de la demande :
12.03.86 Bulletin 86/11

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
09.11.88 Bulletin 88/45

⑥④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL

⑤⑥ Documents cités :
DE-A- 3 303 019
FR-A- 2 244 149
GB-A- 347 904
GB-A- 2 030 672
GB-A- 2 073 357
US-A- 3 648 754
US-A- 4 174 750
BETRIEBSTECHNIK, vol. 23, no. 6, juin 1983, page 6,
Gräfeling, DE; "Denkbar einfache Lösung"

⑦③ Titulaire : **COMPAGNIE DE RAFFINAGE ET DE DISTRI-
BUTION TOTAL FRANCE**
84, rue de Villiers
F-92300 Levallois Perret (FR)

⑦② Inventeur : **Freychet, David**
265, Avenue du 8 Mai 1945
F-76610 Le Havre (FR)
Inventeur : **Loutaty, Roben**
29 rue de Séry
F-76600 Le Havre (FR)

⑦④ Mandataire : **Jolly, Jean-Pierre et al**
Cabinet BROT et JOLLY 83, rue d'Amsterdam
F-75008 Paris (FR)

EP 0 174 254 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne des perfectionnements apportés aux échangeurs de chaleur, en vue d'améliorer les transferts thermiques et de prévenir leur encrassement rapide.

Il est connu, dans l'industrie, que les transferts thermiques diminuent au cours du temps, car les tubes d'échangeurs s'encrassent, leurs parois internes se recouvrant progressivement d'une substance solide, ou dépôt, agissant comme isolant thermique à faible conductivité thermique. Ce dépôt provient généralement de la surchauffe du fluide sur les parois internes des tubes qu'il traverse, mais aussi des effets de la corrosion. Les industriels de la chimie, de la pétrochimie et du pétrole observent de tels dépôts, provenant de la décomposition de produits organiques du type des polymères ou des hydrocarbures et de produits minéraux à l'état liquide.

Par ailleurs, l'industrie agro-alimentaire provoque également de tels dépôts et s'intéresse à ces problèmes.

Dans l'industrie pétrolière, les techniciens se sont appliqués, ces dernières années, à mieux intégrer leurs unités, en vue de récupérer le maximum d'énergie, par exemple en préchauffant un pétrole brut par le résidu atmosphérique sortant chaud de l'unité de distillation atmosphérique. Or ce type de récupération d'énergie nécessite l'emploi d'échangeurs, dans lesquels les transferts thermiques doivent être très bons. Les pétroles bruts traités dans une raffinerie sont souvent d'origine très diverse et, parmi eux, de nombreux pétroles bruts, dits lourds, sont riches en sédiments, en sels et en acides naphthéniques, donc très corrosifs et sujets à former des dépôts sur les parois internes des tubes d'échangeurs à l'intérieur desquels ils circulent généralement. Certains résidus atmosphériques, en mélange dans les pétroles bruts, ont tendance à former des dépôts en se condensant sur les parois des tubes d'échangeurs. L'emploi de ces hydrocarbures lourds, difficiles à traiter, tend donc à accroître la vitesse d'encrassement des tubes d'échangeurs, à augmenter plus rapidement la résistance au transfert thermique et, par suite, à diminuer l'efficacité des transferts thermiques.

Plusieurs solutions à ce problème ont été envisagées. Une première solution, notamment décrite dans le brevet US-A-4 174 750, consiste à introduire un ruban hélicoïdal qui gratte la paroi du tube échangeur en tournant sur lui-même et met le fluide circulant en totale turbulence. L'utilisation d'un tel ruban n'est pas favorable, car il use la paroi et, surtout, sa présence dans le tube augmente la perte de charge.

Un dispositif analogue, dans son principe, est décrit dans *Betriebstechnik*, vol. 23, Juin 1983, n° 1, page 6, « Denkbar einfache Lösung. »

Une deuxième solution consiste à introduire dans chaque tube d'échangeur un ressort élastique, généralement hélicoïdal, tendu entre deux

points ou maintenu à l'une de ses extrémités à l'aide d'une liaison rigide, comme dans les brevets français FR-A-2 435 292 et FR-A-2 479 964.

5 Selon ces deux brevets, le ressort hélicoïdal, d'élasticité judicieusement choisie, est animé d'un mouvement vibratoire et/ou de rotation, provoqué par un dispositif mécanique d'entraînement non continu suivant un mouvement de va-et-vient, ou simplement par l'action du flux de fluide circulant dans ces tubes.

10 Le ressort élastique peut se mouvoir à la façon d'une onde propagatrice soit sous l'action du mouvement de va-et-vient dû au dispositif d'entraînement, soit sous l'action des à-coups de fluide circulant, lorsque le débit du flux n'est pas constant, ou encore à la façon d'une onde stationnaire, sous l'action d'un flux à débit constant. Dans les deux cas, le ressort élastique présente des nœuds et des ventres sur une portion de la longueur du tube d'échangeur. Au niveau d'amplitude maximale des ventres, le ressort peut venir toucher la paroi du tube d'échangeur en un mouvement rotatoire autour de l'axe du tube d'échangeur. La paroi est ainsi raclée aux points de contact avec les ventres du ressort et n'est nettoyée qu'à ces points, notamment dans le cas du brevet FR-A-2 479 964.

15 20 25 30 35 Selon les deux brevets précités, le mouvement rotatoire n'est pas une rotation réelle du ressort, mais une torsion de celui-ci sur lui-même, à partir d'un système d'accrochage rigide. En effet, le système d'accrochage du ressort ne permet pas à celui-ci de tourner librement, quel que soit le sens de rotation, et indépendamment du point d'accrochage.

L'utilisation de ces dispositifs améliore de façon certaine les transferts thermiques et repousse la limite tolérable de l'encrassement des tubes, mais des problèmes subsistent.

40 45 50 55 Ainsi, dans des tubes d'échangeur équipés de tels dispositifs, on observe qu'à l'extrémité située en aval du flux du ressort élastique, celui-ci se comprime, n'est plus animé de mouvement vibratoire et/ou de rotation, ne vient pas toucher la paroi du tube et donc est inefficace sur cette portion de tube. La fraction du tube non soumise aux vibrations est encore plus grande, si le ressort est fixé à ses deux extrémités.

De plus, lorsque le fluide circulant présente des à-coups de débit ou de viscosité, les ressorts peuvent se casser et se trouver entraînés par le fluide, en bouchant ainsi la sortie et en créant une augmentation anormale de la perte de charge.

De plus, comme ces ressorts élastiques sont soumis à une déformation permanente, ils se détendent et perdent leur élasticité, ce qui les rend inefficaces après un certain temps d'utilisation et par conséquent irrécupérables.

60 L'inefficacité à long terme de ces dispositifs étant liée notamment à la perte d'élasticité des ressorts et à leur manque de robustesse, l'invention vise à proposer un dispositif rigide et robuste,

pouvant être réutilisé, qui soit peu sensible aux à-coups du débit et de la viscosité du fluide circulant, et qui ne crée pas ou peu de pertes de charge.

La présente invention a pour objet un échangeur thermique comprenant une pluralité de tubes dans lesquels circule un fluide et dans l'un au moins desquels est logé un élément mobile constitué par un enroulement métallique en forme de solénoïde, dont l'une au moins des extrémités est maintenue en position par un système d'accrochage tel que ledit élément mobile puisse être entraîné en rotation par le fluide, en vue de prévenir l'encrassement dudit tube et d'améliorer les transferts thermiques, cet échangeur étant caractérisé en ce que ledit élément mobile en forme de solénoïde est indéformable et rigide, de manière à pouvoir être entraîné en rotation sans entrer en contact avec la paroi interne dudit tube au cours de son mouvement, tandis que ledit système d'accrochage comprend un moyen de fixation extérieur audit tube échangeur et une liaison mécanique permettant la libre rotation dudit élément mobile sur lui-même, autour de l'axe dudit tube d'échangeur.

Dans la présente description, on entend par élément mobile, indéformable et rigide, un mobile qui ne peut pas être déformé sous l'action du fluide, dans les conditions normales de marche des tubes d'échangeur. En particulier, le mobile n'est pas déformé lorsque le fluide circulant présente des variations de vitesse, de viscosité et/ou de température. Comme le mobile est rigide, il ne touche à aucun moment la paroi du tube en tournant sur lui-même, ce qui évite l'usure de celle-ci. En outre, l'encombrement réduit du mobile permet de limiter au mieux la perte de charge, et ainsi d'améliorer l'économie du procédé.

Pour disposer d'un mobile indéformable, l'homme de l'art peut le fabriquer à partir d'un matériau résistant à la température et aux chocs thermiques, de préférence en un métal tel que le titane, l'aluminium, l'acier ou un alliage, ce matériau métallique pouvant avoir été non traité thermiquement afin d'améliorer ses propriétés physico-chimiques.

L'homme de l'art peut également rendre le mobile indéformable, en fixant sur celui-ci des tiges rigides, selon un mode connu en soi. Cette façon de rigidifier le mobile permet l'emploi de matériaux légers et souples lors de sa fabrication.

Dans la présente description, on entend, par système d'accrochage du mobile, un système comprenant un moyen de fixation du dispositif et une liaison mécanique comprenant une articulation mécanique permettant la rotation du mobile sur lui-même.

Pour l'homme de l'art, cette articulation mécanique peut être réalisée selon différents modes connus en eux-mêmes.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'articulation mécanique permettant la rotation du mobile peut être constituée d'une rotule articulée, dont, par exemple, une partie correspond à

l'extrémité libre d'une tige rigide reliée au moyen de fixation du dispositif par un moyen connu en soi, et dont l'autre partie correspond à une des extrémités du mobile.

Une autre forme de réalisation de l'articulation mécanique comprend une olive creuse trouée aux deux extrémités de son axe de révolution le plus grand. Les trous permettent, d'une part, le maintien des extrémités, de façon connue en soi, du mobile et de la tige rigide reliée au moyen de fixation, d'autre part, les rotations indépendantes de l'olive par rapport à la tige et du mobile par rapport à l'olive.

Selon l'invention, l'articulation mécanique peut être également constituée par un étrier relié de façon rigide, par exemple, au moyen de fixation à l'aide d'une tige rigide, dont une partie réunissant les branches de l'étrier et qui sert de support lors d'une utilisation normale de celui-ci est percée d'un trou dans lequel l'extrémité du mobile, terminée par une excroissance de section supérieure à celle du trou, peut tourner librement indépendamment du moyen de fixation.

Deux autres formes de réalisation de l'invention sont possibles. Pour la première, le moyen de fixation est percé d'une lumière traversée par une tige métallique pouvant tourner librement dans celle-ci, et comprenant à une extrémité une tête ronde de diamètre supérieur à celui du trou et dont la deuxième extrémité peut être raccordée au mobile. Dans la seconde forme, la sonde terminant une même tige métallique est enchâssée dans le moyen de fixation.

Toute articulation de type cardan connue en soi peut être utilisée dans le cadre de l'invention.

Pour mettre en œuvre l'invention, le moyen de fixation du dispositif sera disposé généralement suivant l'axe du tube d'échangeur, de manière que la rotation de l'élément mobile sur lui-même s'effectue autour de cet axe. Il peut être propre à chaque tube ou commun à tous les tubes d'un même côté de l'échangeur. Il peut être matérialisé par exemple par le point d'ancrage d'une tige rigide, selon un mode connu en soi, sur un fil ou à l'intersection de deux fils, ces fils pouvant être fixés le long des diamètres d'une couronne circulaire ou d'une bague positionnée coaxialement sur le tube d'échangeur ou pouvant avantageusement faire partie d'une grille placée sur toute la section de l'échangeur. Dans un autre mode de réalisation de l'invention, la grille peut être judicieusement remplacée par une succession de profilés parallèles entre eux, distribués devant les orifices des tubes, la fixation du mobile via la liaison mécanique se faisant, par exemple, par fixation selon un mode connu en soi de la tige rigide issue de la liaison mécanique, ou par enchâssage d'une partie de la liaison mécanique dans le profilé, en particulier par enchâssage de l'olive, de l'étrier, du cardan ou de la partie femelle de la rotule. Pour l'homme de l'art, ces profilés constituant le moyen de fixation du dispositif peuvent présenter des dimensions et une forme appropriées pour minimiser l'encombrement de la section de l'échangeur et permettre

une libre circulation du fluide.

L'utilisation d'un dispositif selon l'invention dans un tube d'échangeur est particulièrement avantageuse, car le mobile en rotation a pour effet d'augmenter la turbulence du fluide circulant principalement à la périphérie du tube, d'homogénéiser sa température sur toute la section du tube, donc d'éviter la création de points chauds sur la paroi du tube et par conséquent de diminuer considérablement les risques de formation d'un dépôt. Selon une caractéristique de l'invention, le mobile en rotation peut s'inscrire dans un cylindre fictif de diamètre d_f inférieur au diamètre d , du tube d'échangeur dans lequel il est placé. Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, afin de mettre en turbulence le fluide jusque sur la paroi interne du tube d'échangeur et ainsi éviter les points chauds, les diamètres d_f et d_t seront tels que le rapport d_f/d_t soit compris entre 0,1 et 0,9 et, de préférence, entre 0,5 et 0,9.

Ainsi, le mobile ne touche à aucun moment la paroi du tube, et il ne la raye pas, et donc il ne crée pas d'aspérités parasites sur celle-ci, favorisant tout phénomène de corrosion. Le dispositif selon l'invention est avantageux en ce qu'il a un rôle préventif, car son utilisation minimise la formation de dépôt et n'accroît pas les phénomènes parasites tels que la corrosion, et qu'il résiste aux variations brutales du débit et de la viscosité du fluide circulant, le mobile tournant plus ou moins rapidement sans se casser. Un autre avantage de l'invention est que le mobile du dispositif peut être relié, en amont ou en aval du flux de fluide circulant ou encore par ses deux extrémités, à un ou deux moyens de fixation à l'aide de liaisons mécaniques permettant la rotation.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le mobile peut être entièrement réalisé à partir d'une tige métallique rigide qui, après usinage, peut se présenter sous la forme d'un enroulement hélicoïdal rigide, tel qu'un solénoïde de pas régulier ou non. Plus le pas de l'enroulement est faible, par exemple entre 0,1 et 10 fois le diamètre d_t du tube d'échangeur, et de préférence entre 0,5 et 2 fois d_t , plus la vitesse de rotation du mobile est grande, et plus l'efficacité de l'échangeur thermique est élevée.

Dans ce cas, le mobile tourne dans le sens inverse du pas, avec une vitesse qui dépend de son poids, du débit et de la viscosité du fluide circulant. Ainsi, la forme du mobile peut varier d'un échangeur à l'autre en fonction de la nature du fluide. Pour un mobile donné, il existe une vitesse minimale du fluide circulant, permettant la mise en rotation du mobile.

Le dispositif selon l'invention peut être introduit dans tout tube parcouru par un fluide, quelle que soit sa pression, ce fluide pouvant être un liquide organique ou minéral, mais aussi un gaz. La température du tube peut être aussi élevée que 400-500 °C, si la nature du matériau constituant le mobile le permet.

A titre d'exemples non limitatifs, ces dispositifs peuvent être installés dans les tubes d'échangeurs thermiques, dans les tubes de pyrolyse.

Les dessins schématiques annexés illustrent des formes de mise en œuvre de l'invention. Sur ces dessins :

La figure 1 est une vue en coupe d'un tube d'échangeur équipé d'un mode de réalisation du dispositif selon l'invention ;

Les figures 2a, 2b, 2c, 2d et 2e, représentent différents moyens de réaliser la liaison mécanique du dispositif selon l'invention ;

La figure 3 illustre un moyen de fixation commun des dispositifs selon l'invention dans un échangeur et des mobiles rendus indéformables et rigides par l'ajout de tiges rigides.

La figure 1 représente une forme de réalisation du dispositif selon l'invention, logée dans un tube 1 d'échangeur thermique. Ce dispositif comprend un mobile 2, relié par l'intermédiaire d'une articulation mécanique 4 à une tige rigide 5, fixée sur un organe 3. La liaison entre le mobile 2 et l'articulation mécanique 4 est telle que le mobile 2 peut tourner librement sur lui-même, par rapport à l'articulation 4. Cette articulation 4 peut, dans certains cas, pivoter librement par rapport à la tige 5.

Dans le cas de la figure 1, le mobile 2 est constitué par une tige métallique rigide enroulée en forme de solénoïde, ce qui lui permet de tourner sous la sollicitation du fluide circulant dans le tube 1.

On va maintenant décrire diverses formes de réalisation de l'articulation mécanique du dispositif conforme à l'invention en se référant aux figures 2a, 2b, 2c, 2d et 2e.

L'articulation représentée sur la figure 2a comprend une rotule dont une partie sphérique pleine 13, solidaire d'une tige 12, est logée dans un évidement sphérique de forme complémentaire, 11, solidaire d'une tige 14. Les tiges 12 et 14 peuvent indifféremment être solidaires de, ou constituées par, la tige 5 et l'extrémité du mobile 2 de la figure 1.

Dans le cas de la figure 2b, l'articulation comprend une olive creuse 15, percée suivant son grand axe de révolution, de deux orifices dans lesquels sont engagées deux tiges 16a, 16b, maintenues solidaires de l'olive 15 par deux têtes 17a, 17b, logées à l'intérieur de celle-ci. Ici encore, les tiges 16a et 16b peuvent indifféremment être solidaires de ou constituées par la tige 5 et l'extrémité du mobile 2 de la figure 1.

Sur la figure 2c est représentée une autre forme de réalisation de l'articulation du dispositif selon l'invention, comprenant un étrier 18 rigidement solidaire d'une tige 19. La partie rectiligne 20 réunissant les branches de l'étrier est percée d'une lumière dans laquelle est engagée une tige 21, qu'une tête 22 maintient solidaire de l'étrier. Ici encore, les tiges 19 et 21 peuvent être rendues solidaires indifféremment de la tige 5 ou de l'extrémité du mobile 2 de la figure 1 ou être constituées par celles-ci.

Sur la figure 2d, une tige métallique 24 traverse le moyen de fixation 25 et se termine par une tête ronde 23 de diamètre supérieur au trou de passage de la tige, l'autre extrémité de la tige 24 est

reliée au mobile 2.

Sur la figure 2e, la tête ronde 26 de la tige métallique 27 est enchâssée dans la cavité 28 du moyen de fixation 29.

La figure 3 représente une partie d'échangeur dont les tubes 1₁ et 1₂, parallèles et situés sur une même ligne, sont équipés de dispositifs objets de l'invention, dont les éléments mobiles 2₁ et 2₂ sont rigidifiés par ajout de tiges rigides à la périphérie du solénoïde. Ils possèdent un même moyen de fixation 3, constitué d'un même profilé métallique, dans lequel sont enchâssées les olives creuses 4₁ et 4₂ des liaisons mécaniques. Ces olives sont fixes, mais elles permettent la rotation libre et permanente des mobiles 2₁ et 2₂.

Revendications

1. Echangeur thermique comprenant une pluralité de tubes (1) dans lesquels circule un fluide et dans l'un au moins desquels est logé un élément mobile constitué par un enroulement métallique en forme de solénoïde, dont l'une au moins des extrémités est maintenue en position par un système d'accrochage tel que ledit élément mobile puisse être entraîné en rotation par le fluide, en vue de prévenir l'encrassement dudit tube et d'améliorer les transferts thermiques, cet échangeur étant caractérisé en ce que ledit élément mobile (2) en forme de solénoïde est indéformable et rigide, de manière à pouvoir être entraîné en rotation sans entrer en contact avec la paroi interne dudit tube (1) au cours de son mouvement, tandis que ledit système d'accrochage comprend un moyen de fixation extérieur audit tube échangeur et une liaison mécanique (4) permettant la libre rotation dudit élément mobile sur lui-même, autour de l'axe dudit tube d'échangeur.

2. Echangeur thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément mobile indéformable et rigide (2) en rotation permanente s'inscrit dans un cylindre fictif de diamètre d_1 tel que le rapport d_1/d_2 , d_1 désignant le diamètre du tube d'échangeur (1), est compris entre 0,1 et 0,9 et de préférence entre 0,5 et 0,9.

3. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'élément mobile (2) est réalisé à partir d'une tige métallique qui, après usinage, se présente sous la forme d'un enroulement hélicoïdal rigide, de pas régulier ou non, compris entre 0,1 et 10 fois le diamètre d_1 du tube d'échangeur et, de préférence, entre 0,5 et 2 fois ce diamètre.

4. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit élément mobile (2) est réalisé en un matériau résistant à la température et aux chocs thermiques, choisi dans le groupe constitué par le titane, l'aluminium, l'acier ou certains alliages, ayant été ou non traité thermiquement pour augmenter sa rigidité.

5. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'à la périphérie de l'enroulement métallique de l'élément

mobile sont fixées des tiges rigides.

6. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la liaison mécanique du système d'accrochage comprend une articulation mécanique choisie dans le groupe de moyens connus constitué par : des rotules (11, 13) ; des olives creuses (15) percées suivant leur plus grand axe de révolution et renfermant des têtes (17a, 17b) des extrémités libres (16a, 16b) dudit élément mobile et dudit moyen de fixation se mouvant indépendamment ; des étriers (18) dont la partie (20) réunissant leurs branches est traversée par l'extrémité (21) dudit élément mobile ou dudit moyen de fixation se mouvant librement ; des tiges métalliques (24, 27) dont une extrémité est une tête ronde (23, 26) retenue par ou dans le moyen de fixation, l'autre extrémité étant reliée au mobile ; et tous les types de cardan.

Claims

1. A heat exchanger comprising a plurality of tubes (1) in which a fluid circulates and in at least one of which is disposed a movable element formed by a metal coil in the form of a solenoid, at least one end of which is held in position by a coupling system such that said movable element can be caused to rotate by the fluid so as to prevent said tube from becoming clogged and to improve heat transfer, said exchanger being characterised in that said movable element (2) in the form of a solenoid is rigid and non-deformable so that it can be caused to rotate without coming into contact with the inner wall of said tube (1) during its movement, while said coupling system comprises an outer fastening means to said exchanger tube and a mechanical connection (4) enabling said movable element to rotate freely on its own axis, about the axis of said exchanger tube.

2. A heat exchanger according to claim 1, characterised in that said rigid and non-deformable, permanently rotating movable element (2) fits into an imaginary cylinder of diameter d_1 such that the ratio d_1/d_2 , in which d_1 denotes the diameter of the exchanger tube (1), is between 0.1 and 0.9 and, preferably, between 0.5 and 0.9.

3. A heat exchanger according to either of claims 1 and 2, characterised in that the movable element (2) is formed from a metal rod which, after manufacture, takes the form of a rigid helical coil, the pitch of which may or may not be regular and is between 0.1 and 10 times the diameter d_1 of the exchanger tube and, preferably, between 0.5 and 2 times said diameter.

4. A heat exchanger according to any of claims 1 to 3, characterised in that said movable element (2) consists of a material which is heat resistant and can withstand thermal shocks, chosen from the group comprising titanium, aluminium, steel or certain alloys, and which has or has not been heat-treated so as to increase its rigidity.

5. A heat exchanger according to any of claims

1 to 4, characterised in that rigid rods are secured to the periphery of the metal coil of the movable element (2).

6. A heat exchanger according to any of claims 1 to 5, characterised in that the mechanical connection of the coupling system comprises a mechanical articulation chosen from the group of known means comprising: ball joints (11, 13); hollow olives (15) perforated along their major axis of revolution and enclosing heads (17a, 17b) of the free ends (16a, 16b) of said movable element and of said securing means moving independently; stirrups (18), of which a part (20) connecting their arms is traversed by one end (21) of said movable element or said securing means, in freely movable manner; metal rods (24, 27), one end of which is a round head (23, 26) retained by or in the securing means, the other end being connected to the movable element; and all types of universal joint.

Patentansprüche

1. Wärmetauscher mit einer Mehrzahl von Röhren (1), in welchen ein Fluid zirkuliert, wobei in wenigstens einer der Röhren ein von einer in Form eines Solenoids ausgebildeten metallischen Spule gebildetes bewegbares Element angeordnet ist, wobei wenigstens ein Ende desselben durch ein Befestigungssystem derart an seiner Position gehalten ist, daß das bewegbare Element durch das Fluid zu einer Rotation antreibbar ist, um eine Verschmutzung des Rohres zu verhindern und den Wärmeaustausch zu verbessern, dadurch gekennzeichnet, daß das in Form eines Solenoids ausgebildete bewegbare Element (2) undeformierbar und starr ausgebildet ist, so daß es zu einer Rotation antreibbar ist, ohne mit der Innenwand des Rohres (1) während der Bewegung in Kontakt zu gelangen, und daß das Befestigungssystem ein außerhalb des Wärmetauscherrohres angeordnetes Befestigungsmittel und eine mechanische Verbindung (4) umfaßt, welche eine freie Rotation des bewegbaren Elementes um sich und um die Achse des Wärmetauscherrohres ermöglicht.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, daß das undeformierbare, starre bewegbare Element (2) bei permanenter Rotation einen fiktiven Zylinder mit einem Durchmesser d_1 beschreibt und daß das Verhältnis d_1/d_2 zwischen 0,1 und 0,9, vorzugsweise zwischen 0,5 und 0,9 liegt, wobei d_2 der Durchmesser des Wärmetauscherrohres (1) ist.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegbare Element (2) ausgehend von einem Metallteil ausgebildet ist, welcher nach der Bearbeitung die Form einer starren, schraubenförmigen Spule mit gleichmäßiger oder ungleichmäßiger Ganghöhe aufweist, welche das 0,1 bis 10-fache, vorzugsweise das 0,5 bis 2-fache des Durchmessers d_1 des Wärmetauscherrohres beträgt.

4. Wärmetauscher nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegbare Element (2) aus einem temperatur- und temperaturschockbeständigen Material gebildet ist, welches aus der Gruppe Titan, Aluminium, Stahl oder bestimmter Legierungen gewählt ist und welches zur Vergrößerung der Starrheit thermisch behandelt ist oder nicht.

5. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß am Umfang der metallischen Spule des bewegbaren Elementes starre Teile befestigt sind.

6. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Verbindung des Befestigungssystems ein mechanisches Gelenk umfaßt, welches aus der Gruppe folgender bekannter Mittel gewählt ist: Kugelgelenke (11, 13); hohle Oliven (15) mit Durchbrechungen längs ihrer größten Rotationssachse, welche Köpfe (17a, 17b) der freien Enden (16a, 16b) des bewegbaren Elementes und des sich unabhängig bewegenden Befestigungsmittels umgreifen; Bügel (18), deren die Äste verbindender Abschnitt (20) vom Ende (21) des bewegbaren Elementes oder des sich unabhängig bewegenden Befestigungsmittels durchdrungen wird; metallische Schafte (24, 27), deren eines Ende von einem von oder in einem Befestigungsmittel gehaltenen runden Kopf (23, 26) gebildet ist und deren anderes Ende mit dem beweglichen Element verbunden ist; und sämtliche Arten von Kardangelenken.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

6

