

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

⑪ N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 490 317

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑪ N° 81 17342

④ Echangeur de chaleur et procédé d'enlèvement d'un dépôt de coke dans cet échangeur.

⑤ Classification internationale (Int. Cl. 3). F 22 B 1/18; F 28 D 7/10; F 28 G 13/00 // C 10 G 9/00.

⑥ Date de dépôt 14 septembre 1981.

⑦ Priorité revendiquée : Japon, 12 septembre 1980, n° 126075/1980; 30 septembre 1980,
n° 135119/1980.

⑧ Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 11 du 19-3-1982.

⑨ Déposant : Société dite : MITSUBISHI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA et Société dite :
MITSUBISHI PETROCHEMICAL COMPANY LTD, résidant au Japon.

⑩ Invention de : Takao Onuki, Shigeru Kezobo, Ritsuo Hashimoto, Toshiro Okamoto, Kazumichi
Hiramatsu, Nobuhiro Sakaguchi et Takeshi Watanabe.

⑪ Titulaire : *Idem* ⑨

⑫ Mandataire : Cabinet Claude Rodhain, conseils en brevets d'invention,
30, rue La Boétie, 75008 Paris.

" Echangeur de chaleur et procédé d'enlèvement d'un dépôt de coke dans cet échangeur "

La présente invention concerne un échangeur de chaleur et elle porte plus particulièrement sur une

5 structure d'un échangeur de chaleur du type à tubes doubles destiné à refroidir rapidement un gaz à haute température passant à travers d'autres dispositifs, avec un réfrigérant tel que de l'eau, et à récupérer de la vapeur à haute pression ou un corps analogue, grâce à la chaleur qui est 10 cédée à ce moment par le gaz à haute température.

Dans l'art antérieur, on a largement utilisé en tant qu'échangeur de chaleur pour des fluides à haute température (y compris le cas dans lequel un seul des fluides est à une température élevée) et à haute pression

15 (y compris le cas dans lequel un seul des fluides est à une pression élevée) des échangeurs de chaleur du type multtube à plaque tubulaire fixe. Ces échangeurs ont été utilisés en tant qu'échangeurs de chaleur à refroidissement rapide pour refroidir rapidement un gaz à haute température 20 soumis à une opération de craquage qui est évacué d'un four de craquage dans un processus de fabrication d'oléfines en phase gazeuse.

Ces types d'échangeur de chaleur comprennent par exemple de façon générale un échangeur de chaleur du type 25 à plaque tubulaire fixe, représenté sur la figure 1 des dessins annexés, un échangeur de chaleur du type à plaque tubulaire fixe à paroi mince, représenté sur la figure 2, et un échangeur de chaleur du type à doublestubes ayant des collecteurs elliptiques, représenté sur la figure 3.

30 On décrira brièvement ci-après ces types d'échangeur de chaleur.

(1) Echangeur de chaleur du type à plaque tubulaire fixe représenté sur la figure 1 :

Ce type d'échangeur de chaleur est largement 35 utilisé de façon générale en tant que chaudière à récupération de chaleur du type à tubes de fumée. Une plaque tubulaire d'entrée 01 de la chaudière est renforcée au moyen de tubes de transfert de chaleur 04 ayant une

épaisseur de paroi suffisante pour faire fonction de tubes-tirants. Une chambre 05 qui permet le passage d'un fluide à haute température 02 est protégée au moyen d'une matière isolante réfractaire 03.

5 (2) Echangeur de chaleur du type à plaque tubulaire fixe à paroi mince, représenté sur la figure 2 :

Ce type est similaire à l'échangeur de chaleur du type à plaque tubulaire fixe mentionné ci-dessus, et il comporte des tubes de transfert de chaleur 13 montés sur 10 une plaque tubulaire d'entrée de gaz 11 qui est renforcée par des tirants 12, ou d'autres moyens disposés sur le côté d'un corps cylindrique de la plaque tubulaire 11 (soit, en d'autres termes, du côté par lequel est introduit un fluide à basse température).

15 (3) Echangeur de chaleur du type à doubles tubes comportant des collecteurs elliptiques, représenté sur la figure 3 (a).

Ce type d'échangeur de chaleur comprend une chambre d'entrée de gaz inférieure 21, des collecteurs inférieurs 22, une chambre de sortie de gaz supérieure 23, des collecteurs supérieurs 24 et un groupe de tubes doubles 25 fixés à ces collecteurs et s'étendant entre les collecteurs supérieurs et inférieurs. La figure 3 (b) est une représentation agrandie d'un exemple d'un tube double fixé à un collecteur. 25 Comme le montre la figure, le collecteur 29 présente une forme elliptique, le tube double est composé d'un tube intérieur 25 et d'un tube extérieur 26, et ces tubes 25 et 26 sont fixés au collecteur 29 de façon que les tubes intérieur et extérieur puissent respectivement définir des 30 passages pour un gaz en circulation et pour un fluide à basse température s'écoulant à l'extérieur du tube intérieur. En considérant maintenant la figure 3 (a), on voit que le gaz à haute température introduit par un orifice d'entrée 27 établi sur la chambre d'entrée de gaz 21 est refroidi 35 rapidement par le fluide à basse température qui s'écoule dans l'espace annulaire défini entre les tubes intérieurs et extérieurs, au cours de son passage dans les tubes intérieurs 25, et il est évacué par un orifice de sortie 28

qui est établi sur la chambre de sortie de gaz 23.

Les inconvénients des types d'échangeur de chaleur mentionnés ci-dessus sont les suivants :

(1) Lorsqu'un gaz à haute température circule le long du 5 côté chauffant d'un élément faisant partie d'un échangeur de chaleur et qu'un fluide tel que de l'eau de chaudière dont la température est très inférieure à celle du fluide chauffant circule le long du côté chauffé de l'élément, ce dernier est naturellement soumis à des contraintes thermiques 10 à cause de la différence de température qui est induite entre ces côtés, et, de ce fait, il est susceptible de manifester certaines détériorations sous l'effet d'une température élevée.

De façon générale, la pièce qui atteint la 15 température la plus élevée est une plaque tubulaire située du côté d'une entrée de gaz, et la manière la plus efficace de diminuer la température de cette pièce consiste à donner une valeur faible à la paroi de la plaque tubulaire. Cependant, dans le cas de l'échangeur de chaleur du type à plaque 20 tubulaire fixe, il est impossible de donner à l'épaisseur de paroi de la plaque tubulaire 01 de cet échangeur une valeur inférieure à celle des autres types, du fait que la plaque tubulaire doit avoir une résistance suffisante pour faire fonction de support pour les tubes de transfert de 25 chaleur, alors que la plaque tubulaire 01 n'est renforcée que par les tubes de transfert de chaleur 04.

Dans le cas de l'échangeur de chaleur du type à plaque tubulaire fixe à paroi mince qui est représenté sur la figure 2, le renforcement de la plaque tubulaire 30 11 au moyen des renforts de plaque tubulaire 12 permet de réduire l'épaisseur de paroi de la plaque tubulaire. Cependant, cette structure nécessite un certain nombre de renforts de plaque tubulaire, relativement grands, ce qui augmente le poids total de l'appareil.

(2) Lorsqu'un gaz soumis au craquage est refroidi rapidement 35 dans les échangeurs de chaleur mentionnés ci-dessus, du coke ou d'autres produits de décomposition précipitent sur la surface de paroi d'un tube qui est en contact avec le gaz

qui est en circulation, et le dépôt précipité crée certains inconvenients. En d'autres termes, un tel dépôt diminue le transfert thermique à travers la paroi du tube et, au fur et à mesure de la croissance du dépôt, la section de

5 passage dans le tube devient de plus en plus faible, ce qui augmente la perte de charge du gaz dans le tube. Il est donc nécessaire d'arrêter l'opération de fabrication d'oléfines et d'enlever le dépôt avant que ce dernier croisse au point de créer des problèmes appréciables. Cet enlèvement du

10 dépôt peut être effectué par un procédé d'enlèvement mécanique et un procédé d'enlèvement par combustion. Lorsqu'on met en oeuvre le procédé d'enlèvement mécanique, il est nécessaire d'arrêter complètement l'appareil et de démonter l'échangeur de chaleur qui en fait partie, de

15 façon à rendre possible l'enlèvement mécanique. Le fonctionnement de l'appareil doit alors être arrêté pendant plusieurs jours, ce qui a pour effet de réduire le temps de fonctionnement effectif d'une installation. Le procédé d'enlèvement par combustion a été proposé pour supprimer cet inconveniant.

20 Conformément à ce procédé, on vide le passage qui permet la circulation d'un fluide à basse température, ou on l'emplit de vapeur surchauffée, et on introduit dans le passage pour un gaz de l'air à haute température ou un corps analogue susceptible de donner lieu à une combustion,

25 afin de brûler et d'enlever le dépôt. En ce qui concerne l'échangeur de chaleur du type à plaque tubulaire fixe, qui tend à donner lieu à une différence de température élevée entre les tubes de transfert de chaleur et d'autres éléments constitutifs dans le procédé d'enlèvement par combustion

30 mentionné ci-dessus, on a considéré jusqu'à présent qu'il était difficile de limiter une telle différence de température. Les échangeurs de chaleur qui sont représentés sur les figures 1 à 3 (b) ne font pas exception et ces types d'échangeur de chaleur ne peuvent pas, par construction,

35 empêcher l'apparition d'une différence de température élevée entre les tubes de transfert de chaleur et d'autres éléments, au cours de la mise en oeuvre du procédé d'enlèvement par combustion.

De façon générale, pour éviter l'apparition dans une structure d'appareil de défauts dûs à une différence de dilatation thermique résultant d'une différence de température existante, on a tenté d'adjoindre 5 un dispositif tel qu'un joint de dilatation, destiné à absorber la différence de dilatation, mais l'installation d'un tel dispositif dans les types d'échangeur de chaleur mentionnés ci-dessus est pratiquement impossible. Par conséquent, les échangeurs de chaleur mentionnés ci-dessus 10 présentent un inconvénient presque inévitable qui consiste en ce que des contraintes thermiques sont induites par la différence de température et, de ce fait, les contraintes induites déclenchent des pannes de l'appareil.

Les inventeurs ont consacré une attention spéciale 15 aux points indiqués ci-après pour supprimer l'inconvénient précité des échangeurs de chaleur classiques, et l'invention à laquelle ils sont finalement parvenus constitue le résultat de leurs recherches intensives.

- (1) Diminution de l'épaisseur de la paroi d'une plaque 20 tubulaire d'une chambre d'ébullition, afin d'éviter que la température de la plaque tubulaire augmente fortement sous l'effet de l'introduction d'un gaz à haute température ;
- (2) Mesures permettant la mise en oeuvre pratique du 25 procédé d'enlèvement d'un dépôt par combustion, ces mesures consistant à établir un corps d'isolation thermique et à isoler ainsi mutuellement un groupe de tubes et l'atmosphère, de façon à permettre une diminution de la différence de température entre chaque 30 tube intérieur et chaque tube extérieur du groupe ; et
- (3) Allègement d'un appareil, diminution de sa durée de fabrication et réduction de son coût de fabrication en simplifiant encore davantage l'ensemble de la structure de l'appareil, par rapport aux appareils classiques, et 35 en réduisant l'épaisseur de paroi de la plaque tubulaire de cet appareil.

Ainsi, l'essence de l'invention réside dans un échangeur de chaleur à refroidissement rapide comprenant

des chambres d'ébullition en forme de tambour à paroi mince disposées du côté de l'entrée de gaz inférieure et du côté de la sortie de gaz supérieure, ces chambres étant renforcées par accouplement au moyen de tirants reliés aux plaques

5 tubulaires opposées respectives présentes dans les chambres ; un groupe de tubes doubles placés entre les chambres d'ébullition du côté inférieur et du côté supérieur ; et un corps d'isolation thermique disposé autour du groupe de tubes doubles.

10 L'échangeur de chaleur de l'invention peut être appliqué par exemple aux échangeurs de chaleur pour diverses industries, aux chaudières à récupération de chaleur, et en particulier aux échangeurs de chaleur à refroidissement rapide d'un gaz de reformage et d'un gaz de craquage à

15 haute température qui sort d'un four de reformage d'une installation de fabrication d'ammoniac, de méthanol, etc, et d'un four de craquage d'une installation de fabrication d'oléfines, comme de l'éthylène et des substances analogues.

Un autre aspect de l'invention porte sur un

20 procédé d'enlèvement du coke dans un échangeur de chaleur à refroidissement rapide du type à tubes doubles, constitué par un groupe de tubes doubles consistant en tubes intérieurs et extérieurs rectilignes, et par un corps d'isolation thermique entourant ce groupe de tubes doubles, l'échangeur

25 de chaleur étant combiné avec un four de craquage, caractérisé en ce que, dans des conditions dans lesquelles l'échangeur de chaleur et le four de craquage sont laissés mutuellement combinés et on fait passer de la vapeur ou un gaz mélangé comprenant de l'air et de la vapeur à une température

30 inférieure à 700°C à travers le four de craquage, en direction de l'échangeur de chaleur, on fait sortir un réfrigérant par des espaces annulaires dans l'échangeur de chaleur, et on élève la température de la vapeur ou du gaz mélangé de façon à accomplir l'opération d'enlèvement

35 du coke à une température inférieure à 750°C.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes de réalisation de l'invention et en se référant à la figure 4 des dessins

annexés sur lesquels :

Les figures 1, 2, 3 (a) et 3 (b) sont des coupes représentant divers types classiques d'échangeur de chaleur ;

La figure 4 est une coupe montrant un mode de 5 réalisation d'un échangeur de chaleur correspondant à l'invention ; et

La figure 5 est un schéma illustrant un exemple d'un procédé d'enlèvement du coke pour l'échangeur de chaleur.

10 Un échangeur de chaleur à refroidissement rapide correspondant à l'invention, dont la figure 4 montre un mode de réalisation, comprend une chambre d'entrée de gaz 31, une chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz, 32, une chambre de sortie de gaz 33, une chambre d'ébullition 15 du côté de la sortie de gaz, 34, des tubes doubles 35, un corps d'isolation thermique 36, des plaques de support de tubes 37, des bras 38, etc.

La chambre d'entrée de gaz 31 est constituée par 20 une plaque de type miroir en forme de cuvette, 39, un conduit d'entrée de gaz 40 monté au milieu de la plaque de type miroir 39, et une bride 41 qui est placée autour du bord de la plaque de type miroir 39. La chambre de sortie de gaz 33 a presque la même structure que la chambre d'entrée de gaz qu'on vient de décrire et elle est constituée par 25 une plaque de type miroir 42, un conduit de sortie de gaz 43 et une bride 44.

On donne la forme d'un tambour à la chambre d'ébullition 32 qui se trouve du côté de l'entrée de gaz, en reliant mutuellement deux plaques tubulaires à paroi 30 mince 45 et 45'. Ces plaques sont arrondies au voisinage de leurs bords et la plaque 45 comporte un corps cylindrique à paroi mince, 46, dont le bord est entouré par une bride 47. Les brides 41 et 47 qu'on vient de mentionner sont accouplées au moyen de boulons de façon à définir la 35 chambre d'entrée de gaz.

Les plaques tubulaires 45, 45' de la chambre d'ébullition 32 sont renforcées par le fait qu'elles sont reliées par un tirant, 48, et la chambre 32 comporte en

outre un orifice d'entrée d'eau d'alimentation 49 et une buse d'évacuation 50.

La chambre d'ébullition 34 qui se trouve du côté de la sortie de gaz a une structure similaire à celle de la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz et elle comporte des plaques tubulaires 51, 51', un corps 52, une bride 53, un tirant 54 et un orifice de sortie 55 pour l'eau ainsi que pour la vapeur, et les brides 44 et 53 sont accouplées au moyen de boulons afin de définir la chambre de sortie de gaz 33. Il peut y avoir autant de tirants 54 qu'il est nécessaire.

Chaque tube double 35 consiste en un tube intérieur 56 et en un tube extérieur 57. Le tube intérieur 56 traverse la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz, 32, et la chambre d'ébullition du côté de la sortie de gaz, 34, et il est fixé à la plaque tubulaire inférieure 45 de la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz, 32, et à la plaque tubulaire supérieure 51 de la chambre d'ébullition du côté de la sortie de gaz, 34. En outre, le tube extérieur 57 est fixé à la plaque tubulaire supérieure 45' de la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz, 32, et à la plaque tubulaire inférieure 51' de la chambre d'ébullition du côté de la sortie de gaz, 34, de façon à relier ainsi l'une à l'autre les deux chambres d'ébullition 32, 34.

Le corps d'isolation thermique 36 est constitué par une matière isolante et il est placé entre les deux chambres d'ébullition 32, 34, en entourant le groupe de tubes doubles 35, de façon que ce groupe de tubes doubles soit isolé de l'air extérieur. Selon une variante, le corps d'isolation thermique 36 peut être réalisé en utilisant une matière métallique cylindrique à paroi mince et en revêtant d'une matière isolante les surfaces intérieure et extérieure de la matière métallique. Dans ce cas, l'extrémité inférieure du corps d'isolation thermique 36 est montée sur la plaque tubulaire supérieure 45' de la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz ; et son extrémité supérieure est amenée de préférence à

proximité de la plaque tubulaire inférieure 51' de la chambre d'ébullition du côté de la sortie de gaz, 34, en étant maintenue dans l'état d'une extrémité libre.

L'intérieur du corps d'isolation thermique 36 5 est équipé de la plaque de support de tubes 37 destiné à supporter le groupe de tubes doubles 35, et la plaque 37 est supportée par une barre de support 58. Les bras 38 peuvent être montés dans des positions arbitraires mais le dessin montre le cas dans lequel ils sont fixés 10 autour de la circonférence extérieure du corps d'isolation thermique 36 dans le but de supporter l'ensemble de 15 l'échangeur de chaleur.

Lorsque l'échangeur de chaleur considéré ci-dessus est utilisé en tant qu'échangeur de chaleur 15 pour refroidir rapidement un gaz soumis à une opération de craquage, un gaz à haute température 59 est introduit, au cours du fonctionnement, dans la chambre d'entrée de gaz 31, par l'orifice d'entrée de gaz 40, et il est refroidi rapidement par l'eau qui traverse l'espace 20 annulaire défini entre chaque tube intérieur 56 et le tube extérieur 57 correspondant, pendant son passage à travers chaque tube intérieur 56 du groupe de tubes doubles. Le gaz est dirigé vers la chambre de sortie de gaz 33 et il est évacué par l'orifice de sortie de gaz 25 43. D'autre part, de l'eau d'alimentation 61 est introduite dans la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz, 32, par l'intermédiaire de l'orifice d'entrée d'eau d'alimentation 49 et cette eau est dirigée vers le haut en traversant l'espace annulaire dans chaque tube double, 30 puis elle est introduite dans la chambre d'ébullition du côté de la sortie de gaz, 34, dans laquelle elle est transformée en un mélange 62 d'eau et de vapeur résultante, le mélange étant finalement évacué par l'orifice de sortie 35. 35 On suit la procédure suivante pour enlever par combustion le dépôt qui s'est accumulé sur les tubes intérieurs 56 du groupe de tubes doubles 35, après une certaine période de fonctionnement continu : on arrête

l'introduction de l'eau de refroidissement 61 et on évacue l'eau présente dans la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz, 32, et dans la chambre d'ébullition du côté de la sortie de gaz, 34, afin de vider ces chambres, 5 ou bien on continue à introduire dans les chambres une quantité appropriée de vapeur surchauffée, puis on fait passer dans les chambres de l'air à 600°C à 750°C, avec de la vapeur si nécessaire, afin de brûler et d'enlever le dépôt qui adhère sur le tube intérieur 56.

10 Comme il ressort de l'explication précédente, l'invention produit les effets fonctionnels suivants :

(1) Les plaques tubulaires 45, 45' et 51, 51' de la chambre d'ébullition du côté de l'entrée de gaz, 32, et de la chambre d'ébullition du côté de la sortie de gaz, 34, 15 sont renforcées au moyen du tirant 48 dans les parties planes et elles ont la forme d'une structure en tambour avec des bords arrondis, afin que la structure soit continue sur toute son étendue, grâce à quoi il est possible de réduire l'épaisseur de paroi des plaques 20 tubulaires. La structure continue résultante ayant une faible épaisseur de paroi permet non seulement d'éviter que la température des plaques tubulaires ne s'élève fortement sous l'action du gaz à haute température lorsque l'échangeur de chaleur de l'invention est 25 utilisé en tant qu'échangeur de chaleur à refroidissement rapide dans des conditions de fonctionnement en régime permanent, mais également de limiter à un niveau faible la contrainte qui résulte de la différence de température apparaissant dans certaines parties des chambres 30 d'ébullition dans des conditions de fonctionnement transitoires, pour l'enlèvement du dépôt sur les tubes intérieurs par le procédé d'enlèvement par combustion. Ces conditions de fonctionnement transitoires apparaissent au moment de l'évacuation de l'eau contenue dans les 35 chambres d'ébullition, de l'élévation et de la chute de température d'un gaz entretenant la combustion, et du remplissage des chambres d'ébullition vides avec de l'eau.

(2) Le corps d'isolation thermique 36 qui est utilisé isole

de l'atmosphère le groupe de tubes doubles 35, de façon à empêcher la communication entre l'air ambiant qui se trouve autour des tubes 35 situés à l'intérieur du corps isolant, et l'air libre à l'extérieur de l'échangeur de chaleur. Par conséquent, lorsque les tubes intérieurs 56 des tubes doubles sont chauffés par le gaz à haute température au cours de l'opération d'enlèvement des dépôts par combustion, la convection et le rayonnement de la chaleur à partir du gaz se manifestent de façon limitée à l'intérieur du corps d'isolation thermique 36, si bien que la température des tubes extérieurs 57 s'approche de celle des tubes intérieurs 56 et, par conséquent, la différence de température entre les tubes intérieurs et extérieurs 56 et 57 des tubes doubles 15 devient très faible. Par exemple, les valeurs de la différence de température envisagée ci-dessus sont inférieures à environ 150°C au début de l'opération d'enlèvement par combustion et inférieures à environ 30°C pendant les conditions de régime établi du 20 traitement d'enlèvement par combustion. Ainsi, il n'y a plus de risque de rupture des tubes doubles 35 sous l'effet des contraintes thermiques.

(3) Du fait que l'échangeur de chaleur de l'invention a une structure d'ensemble plus simple et une plus faible 25 épaisseur de paroi des plaques tubulaires que les échangeurs de type classique, il permet de réduire le temps de main d'œuvre pour la maintenance comme pour la fabrication, ainsi que le coût de l'appareil lui-même, et ce dernier est plus léger. .

30 On peut utiliser l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide du type considéré ci-dessus en association avec un four de craquage 74, comme le montre la figure 5. Lorsqu'un dépôt s'est accumulé sur les tubes intérieurs 56 du groupe de tubes doubles 35, après une 35 certaine durée de fonctionnement en régime permanent, on doit soumettre ce dépôt au traitement d'enlèvement par combustion. Les inventeurs ont accompli des recherches intensives portant sur un mode opératoire capable

d'accomplir simultanément l'opération d'enlèvement du coke dans l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide et dans les tubes de réaction d'un four de craquage (ceci constitue ce qu'on appelle ci-après l'enlèvement combiné du coke).

L'opération d'enlèvement combiné du coke qui est envisagée ici comprend non seulement le fonctionnement en régime établi au cours duquel le traitement d'enlèvement du coke est accompli avec un gaz à haute température 10 capable d'entretenir la combustion dans les tubes de réaction de craquage ainsi que dans l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide, mais également le fonctionnement en régime transitoire correspondant au passage d'une opération de craquage normale à une opération d'enlèvement 15 du coke et inversement. Dans toutes les opérations mentionnées ci-dessus, lorsque le corps de l'échangeur de chaleur ne contient pas de réfrigérant, on observe l'apparition d'une différence de température entre les tubes intérieurs et extérieurs des tubes doubles, et 20 cette différence de température se remarque en particulier juste après l'évacuation du réfrigérant, dans le fonctionnement en régime transitoire. Si les contraintes thermiques qui sont créées par la différence de température dépassent un certain niveau de résistance 25 mécanique de l'appareil, celui-ci sera gravement endommagé.

Les inventeurs ont porté attention à l'existence d'une transmission de chaleur par rayonnement des tubes intérieurs vers les tubes extérieurs et ils ont découvert le fait suivant : si l'évacuation d'un réfrigérant est 30 effectuée lorsque la température (à la sortie du four de craquage) d'un gaz introduit (de la vapeur ou un gaz entretenant la combustion) qui circule vers l'échangeur de chaleur est inférieure à 700°C, et de préférence inférieure à 600°C, et encore plus préférablement inférieure 35 à 550°C, et si l'élévation de température du gaz introduit, à partir de sa température déterminée, est effectuée avec une vitesse d'élévation telle qu'il n'y ait pas d'augmentation de la différence de température

entre les tubes intérieurs et extérieurs, comme par exemple avec une vitesse d'élévation inférieure à environ 200°C/heure, les contraintes thermiques résultant de la différence de température entre ces tubes deviennent suffisamment faibles. Par conséquent, on a trouvé qu'en suivant la procédure ci-dessus, on peut accomplir une opération effective d'enlèvement combiné du coke, même dans un échangeur de chaleur du type à doubles tubes, sans aucune modification particulière de structure.

10 On va maintenant décrire un mode de mise en oeuvre de la procédure d'enlèvement combiné du coke, en se référant concrètement à la figure 5 des dessins annexés.

Tout d'abord, on fait tomber la température à une sortie 80 d'un four de craquage 74 d'une température de craquage habituelle de 800-880°C à une température de 750-700°C, avec un gradient de température d'environ 20 à 100°C/heure. Pendant ce temps, on réduit l'alimentation en hydrocarbure 71, comme par exemple du naphta, et lorsque la température à la sortie 80 a atteint environ 750 à 200°C, on arrête l'alimentation en hydrocarbure et on introduit de la vapeur 72 seule dans le système de craquage 76. D'autre part, un gaz à haute température résultant du craquage et un réfrigérant d'échange de chaleur, par exemple de l'eau à haute pression, produisent de la vapeur dans un échangeur thermique à refroidissement rapide 81. Un système de récupération de vapeur destiné à récupérer la vapeur résultante est constitué par un récupérateur de vapeur à haute pression et par un récupérateur de vapeur à basse pression. Le passage d'une conduite de récupération de vapeur à haute pression 93' vers une conduite de récupération de vapeur à basse pression 94' est accompli au moyen de vannes 93 et 94. La pression du réfrigérant dans le système d'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 81 est régulée automatiquement dans la plage de 35 pression manométrique de 40 à 130 bars.

Sous l'effet de la réduction du débit d'alimentation de l'hydrocarbure 71 mentionnée précédemment et de la chute de température à la sortie 80 du four de craquage, la

pression du réfrigérant dans l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 81 tombe progressivement, ce qui entraîne une diminution d'une quantité évacuée de l'échangeur de chaleur.

5 Le gaz de craquage qui a traversé l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 81 est dirigé vers une section de refroidissement rapide direct 83. L'alimentation de la section 83 en huiles de refroidissement 101 est arrêtée immédiatement après l'arrêt de

10 l'alimentation en hydrocarbure 71. Ensuite, de l'eau de refroidissement 102 est introduite manuellement ou automatiquement dans la section de refroidissement rapide direct 83 par une vanne 84 de façon que la température à une sortie 85 de cette section ne puisse pas dépasser

15 une température admissible prédéterminée.

Pour séparer le système de craquage 76 d'un système de raffinage suivant A, on ferme ensuite une vanne 86 et on ouvre une vanne 87, et on dirige vers un système d'évacuation B, par la vanne 87, un gaz comprenant

20 essentiellement de la vapeur 72. On fait alors tomber manuellement ou automatiquement la température à la sortie 80 du four de craquage d'environ 750-700°C, à moins de 700°C, de préférence moins de 600°C et encore plus préférablement moins de 550°C, avec un gradient de

25 température inférieur à environ 200°C/heure.

A un instant approprié, on introduit de l'air 73 avec la vapeur 72, avec un rapport de poids vapeur/air dans la plage 1/0,1 à 1/0,6. L'opération d'introduction de l'air 73 peut être effectuée lorsqu'elle est nécessaire.

30 En d'autres termes, l'opération d'introduction d'air peut être effectuée pendant ou après l'une des opérations suivantes : arrêt de l'alimentation en eau 103, opération de vidage, et opération d'élévation de température d'un gaz introduit, si son élévation de température est nécessaire

35 pour l'enlèvement du coke.

Après la chute de température mentionnée ci-dessus, on ferme une vanne 88 pour arrêter l'alimentation en eau 103. On ouvre ensuite les vannes 97, 98 et 99 et on effectue

le vidage du système d'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 81 et l'eau qui a été vidée est dirigée vers le système de récupération C par la vanne 99. Sous l'effet de la progression continue de l'opération de vidage, la 5 pression dans un tambour 82 tombe à cause de la diminution de la quantité d'évaporation dans celui-ci, mais elle est maintenue à une valeur inférieure à une pression manométrique d'environ 20 bars par l'action d'une vanne 94.

On détermine l'achèvement de l'opération de vidage 10 par l'élévation de la température d'un thermocouple 81, depuis une valeur inférieure à environ 250°C jusqu'à une valeur inférieure à environ 650°C, le thermocouple 81 étant monté sur la plaque tubulaire du côté de l'entrée de gaz de l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 15 81. Le temps nécessaire pour l'opération de vidage est généralement compris entre 30 et 60 minutes environ.

Bien qu'à ce moment l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 81 soit vide, si les opérations indiquées ci-dessus sont effectuées de façon que la température à la sortie 80 20 du four de craquage 74 ne dépasse pas 700°C, et de préférence 600°C, et encore plus préférablement 550°C, ce qui constitue la plus importante caractéristique de l'invention, les contraintes thermiques résultant de la différence de température entre les tubes intérieurs 25 (référence 56 sur la figure 4) et les tubes extérieurs (référence 57 sur la figure 4) des tubes doubles (référence 35 sur la figure 4) ne sont pas suffisantes pour produire des détériorations dans le corps de l'échangeur de température.

30 Pour diminuer les différences de température entre les plaques tubulaires, les tubes intérieurs et les tubes extérieurs, on peut introduire de la vapeur de refroidissement 104, en fonction des besoins. L'introduction de la vapeur de refroidissement 104 dans l'échangeur de 35 chaleur à refroidissement rapide est effectuée de préférence immédiatement après l'achèvement du vidage, ou moins d'une heure après, avec un débit d'environ 1 à 2 tonnes/heure, en fermant les vannes 94, 99 et en ouvrant la vanne 96.

La vapeur 104 qui traverse la vanne 96 passe par l'intermédiaire des vannes 97, 98 dans les espaces annulaires à l'intérieur des tubes doubles de l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 81, où elle échange 5 de la chaleur avec le gaz d'enlèvement du coke qui circule dans les tubes intérieurs, et la vapeur 104 est dirigée vers un système de récupération D par l'intermédiaire d'un tube vertical, du tambour 82 et d'une vanne 95.

D'autre part, pour éviter un échauffement excessif 10 du tube chauffant d'une section de récupération de chaleur perdue 77 dans le four de craquage, de la vapeur 105 est dirigée vers un système de récupération E par une vanne 89, un thermocouple 90 et une vanne 92. Dans ce but, on ferme une vanne 91 et on ouvre la vanne 92 de façon à obtenir 15 le débit qui a été réglé, afin que la température du thermocouple 90 soit inférieure à une température admissible prédéterminée.

Si l'élévation de température de l'air 73 est nécessaire pour l'enlèvement du coke après l'achèvement 20 des opérations mentionnées ci-dessus, on élève la température à la sortie 80 du four de craquage, depuis une certaine température jusqu'à un niveau de température nécessaire pour l'enlèvement du coke, c'est-à-dire jusqu'à environ 750 à 600°C et de préférence jusqu'à environ 25 700°C, avec une vitesse d'élévation de température pour laquelle il n'y a pas d'augmentation de la différence de température entre les tubes intérieurs et extérieurs, par exemple avec une vitesse inférieure à environ 200°C./heure. Une fois que la température à la sortie 80 a atteint 30 environ 750 à 600°C, et de préférence environ 700°C, l'introduction de l'air 73 est poursuivie pendant environ 6 à 20 heures, après quoi elle est arrêtée afin de terminer l'enlèvement du coke dans le tube de four de craquage 78 et l'échangeur de chaleur à refroidissement 35 rapide 81. On accomplit successivement les opérations suivantes pour rétablir les conditions normales de craquage :

On fait tomber la température à la sortie 80

du four de craquage d'une certaine température à moins de 500°C avec une vitesse inférieure à 200°C/heure et de préférence inférieure à 150°C/heure. Lorsque la température à la sortie 80 a atteint une valeur inférieure à 500°C, on ferme les vannes 95, 96 ; 92, 89 ; et 99, et on ouvre les vannes 91, 88 pour rétablir l'alimentation en eau. On élève de façon continue la température à la sortie 80 du four de craquage d'une valeur inférieure à 500°C jusqu'à environ 700 à 750°C, avec un gradient de température d'environ 50 à 200°C/heure.

D'autre part, la pression du réfrigérant dans l'échangeur de chaleur à refroidissement rapide 81 est automatiquement commandée par l'ouverture de la vanne 94, du fait que la quantité accrue de réfrigérant ayant subi l'échange de chaleur conduit à l'augmentation de son évaporation. Une fois que l'élévation de température a été effectuée, on ferme la vanne 87 et on ouvre la vanne 86 et on reprend immédiatement l'introduction de l'hydrocarbure 71. On élève à nouveau la température à la sortie 80 jusqu'à environ 880 à 800°C avec un gradient de température d'environ 20 à 100°C/heure, et on augmente également l'alimentation en hydrocarbure 71, grâce à quoi le four de craquage retourne aux conditions normales de craquage qui existaient avant l'opération d'enlèvement combiné du coke. Un cycle d'enlèvement combiné du coke, comprenant le fonctionnement en régime transitoire, est ainsi achevé.

Le temps nécessaire depuis le travail de craquage normal précédent jusqu'au travail normal suivant, en passant par l'opération d'enlèvement combiné du coke, est de 20 à 40 heures, et de façon caractéristique de 20 à 30 heures.

Bien entendu, le procédé d'enlèvement du coke décrit ci-dessus ne s'applique pas seulement à la structure représentée d'échangeur de chaleur à refroidissement rapide, mais également de façon générale à un échangeur de chaleur à refroidissement rapide du type multitube ayant des tubes rectilignes doubles isolés de l'atmosphère.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif et au procédé décrits et représentés, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Echangeur de chaleur à refroidissement rapide, caractérisé en ce qu'il comprend des chambres d'ébullition (32, 34) en forme de tambour, formées par des plaques (45, 45', 51, 51') ayant une épaisseur de paroi faible et disposées du côté de l'entrée de gaz à la partie inférieure et du côté de la sortie de gaz à la partie supérieure, un groupe de tubes doubles (35) placés entre les chambres d'ébullition inférieure et supérieure, et 10 un corps d'isolation thermique (36) placé autour du groupe de tubes doubles.

2. Echangeur de chaleur à refroidissement rapide selon la revendication 1, caractérisé en ce que les chambres d'ébullition (32, 34) sont renforcées par des 15 tirants (48).

3. Procédé d'enlèvement du coke pour un échangeur de chaleur à refroidissement rapide (81) du type à tubes doubles, composé d'un groupe de tubes doubles (35) consistant en tubes rectilignes intérieurs (56) et 20 extérieurs (57), et en un corps d'isolation thermique (36) qui entoure le groupe de tubes doubles, cet échangeur de chaleur étant combiné avec un four de craquage (74), caractérisé en ce que dans des conditions dans lesquelles l'échangeur de chaleur et le four de craquage sont laissés 25 combinés l'un à l'autre, et dans lesquelles on introduit dans le four de craquage, en direction de l'échangeur de chaleur, de la vapeur ou un gaz mélangé formé par de la vapeur et de l'air, à une température inférieure à 700°C, on évacue un réfrigérant présent dans les espaces annulaires 30 formés dans l'échangeur de chaleur, et on élève la température de la vapeur ou du gaz mélangé pour effectuer l'opération d'enlèvement du coke à une température inférieure à 750°C.

4. Procédé d'enlèvement du coke pour un échangeur de chaleur à refroidissement rapide selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on élève la température avec une vitesse d'élévation de la température inférieure à 200°C/heure.

FIG. 1

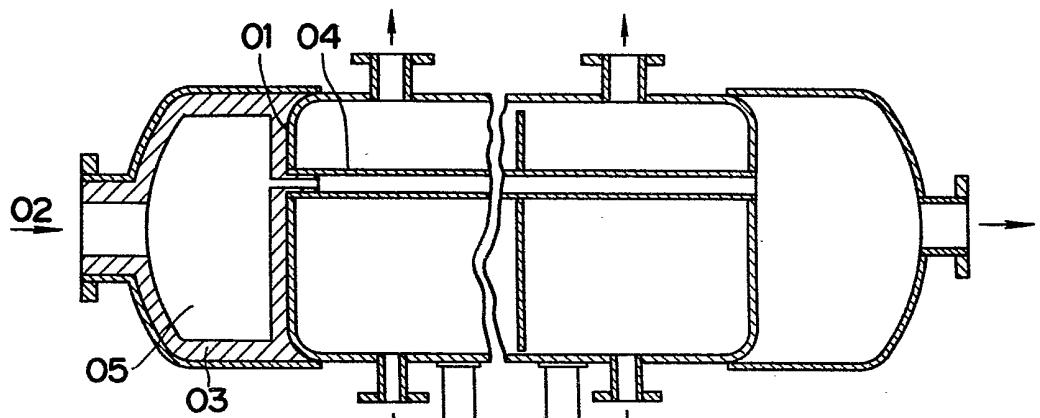


FIG. 2

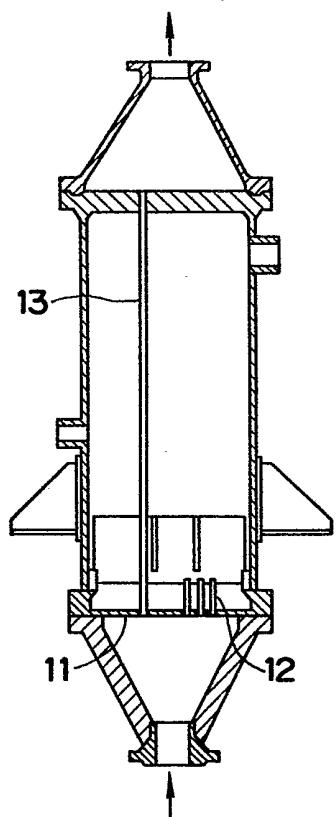


FIG. 3

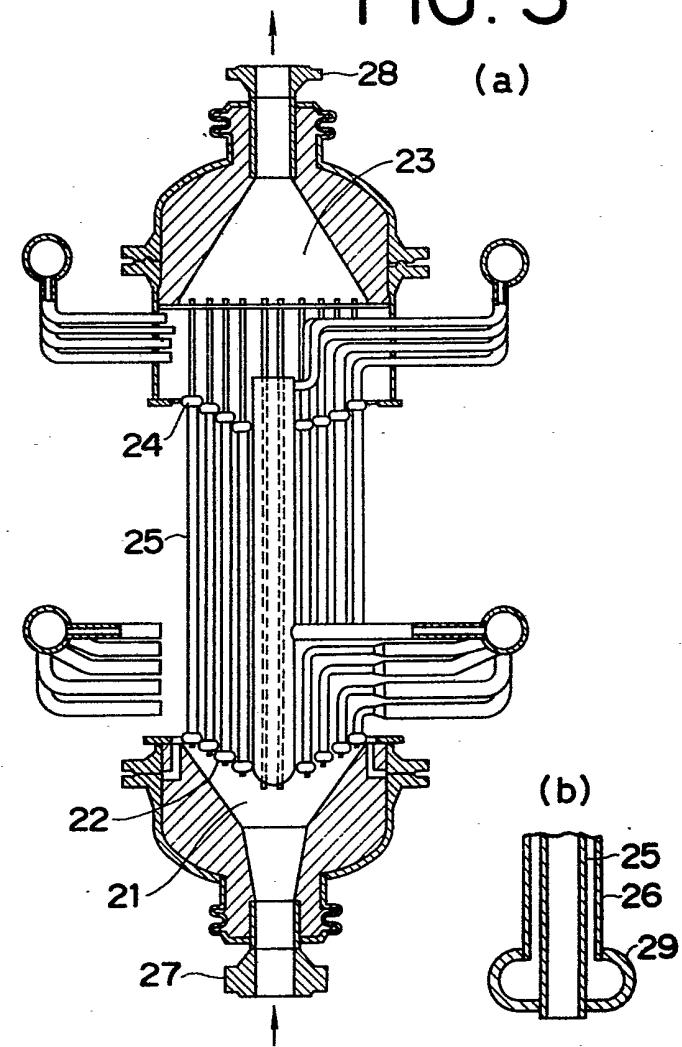


FIG. 4

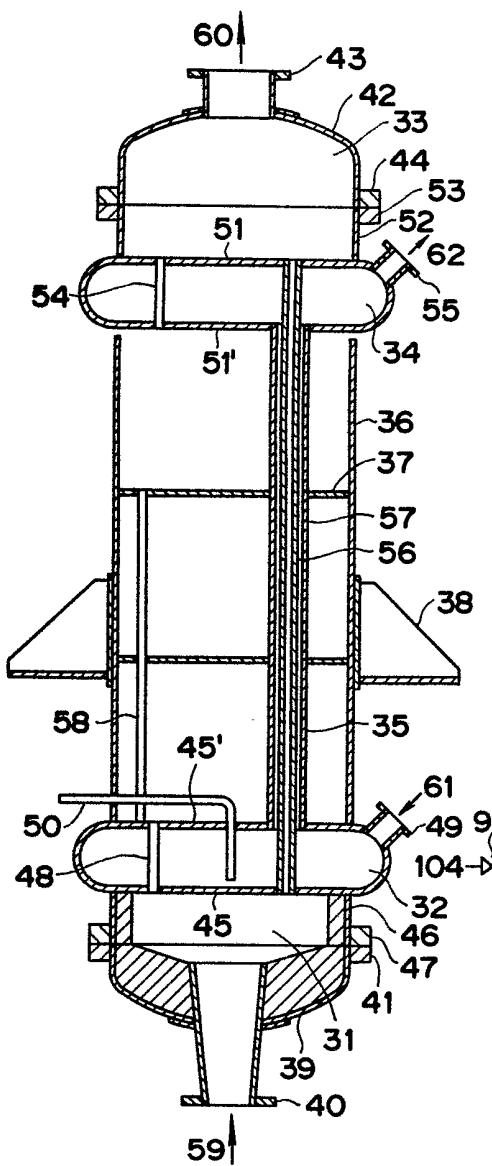


FIG. 5

