



(11) **EP 1 528 318 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
30.05.2007 Bulletin 2007/22

(51) Int Cl.:
F23J 3/00 ^(2006.01) **C10L 10/06** ^(2006.01)
F27D 23/02 ^(2006.01) **F28G 1/12** ^(2006.01)
F28G 1/16 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **03292721.2**

(22) Date de dépôt: **30.10.2003**

(54) **Procédé de nettoyage en marche des surfaces d'échange thermique de fours**

Verfahren zur Reinigung der Wärmeaustauschflächen im Betrieb befindlicher Öfen

Method of cleaning heat exchange surfaces in operating furnaces

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(43) Date de publication de la demande:
04.05.2005 Bulletin 2005/18

(73) Titulaire: **CTP ENVIRONNEMENT
F-75018 Paris 18 (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Ballereau, Henri
78230 Le Pecq (FR)**

• **Barre, Philippe
92500 Rueil-Malmaison (FR)**

(74) Mandataire: **Robert, Jean-Pierre
Cabinet Boettcher
22, rue du Général Foy
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A- 0 410 867 GB-A- 1 250 357
US-B1- 6 186 869

EP 1 528 318 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

[0001] L'invention concerne un procédé de nettoyage en marche des surfaces de fours, en particulier des surfaces métalliques d'échange thermique côté fumées de fours industriels, tels que des fours de raffinage pétrolier et de pétrochimie, ainsi que de chaudières industrielles.

[0002] De tels fours utilisent souvent le fioul lourd comme combustible pour des raisons économiques. Or, la combustion du fioul lourd étant incomplète, il se forme des dépôts sur les surfaces d'échanges thermiques. Ces dépôts sont notamment constitués de fractions lourdes d'hydrocarbures, de silice, de métaux lourds et de composants stables conservant un état solide à l'intérieur du four, même à haute température. Des problèmes similaires peuvent également être constatés avec d'autres combustibles liquides ou gazeux.

[0003] Ces dépôts réduisent considérablement les échanges thermiques entre les gaz de combustion et le fluide à chauffer, ce qui génère une perte de rendement du four.

[0004] On connaît déjà diverses techniques permettant de nettoyer les surfaces d'échanges thermiques du four, tout en maintenant le four en activité. En particulier, EP-A-0 410 867 divulgue de réaliser les étapes suivantes :

- générer un jet de gaz que l'on dirige vers les surfaces à nettoyer,
- intégrer des particules à l'état solide au jet de fluide, projeter les particules à une vitesse telle que les particules se désintègrent en venant au contact desdites surfaces à nettoyer,
- déplacer le jet de fluide et de particules le long des surfaces à nettoyer.

[0005] Les particules éliminent le dépôt par un effet chimique oxydant et par un effet mécanique dû à la vitesse des particules qui ne se subliment qu'après être entrées en contact avec les surfaces à nettoyer.

[0006] Toutefois, ce procédé pose de gros problèmes de sécurité pour l'approvisionnement en agent oxydant dans la mesure où le plus satisfaisant est constitué par du nitrate d'ammonium, lequel peut constituer avec d'autres produits un puissant explosif. Un procédé similaire qui utilise des particules solides de formaldéhyde d'urée est connu du document US 6 186 869 B.

[0007] L'invention vise par conséquent à proposer une solution résolvant ces problèmes, tout en étant bon marché et en conservant une bonne efficacité pour éliminer le dépôt.

[0008] Pour ce faire, conformément à l'invention, on utilise des particules à dont la formulation est constituée majoritairement (plus de 50% en poids) de carbamide.

[0009] La carbamide (urée) est bon marché et s'obtient sans difficulté majeure sous forme de billes solides. En outre, bien que la carbamide ne soit pas un oxydant, elle s'est révélée plus efficace pour éliminer les dépôts que

les produits précédemment utilisés et globalement moins polluante. Enfin, la présence en majeure quantité de la carbamide dans la formulation permet d'obtenir une température de fusion de la formulation suffisamment élevée pour que les particules ne soient pas sublimées avant d'entrer au contact des surfaces à nettoyer, mais également suffisamment basse pour neutraliser les composés acides du dépôt, pour fragiliser par action chimique la structure physique du dépôt, puis pour se sublimer ou se vaporiser entièrement sous la chaleur des gaz de combustion.

[0010] Compte tenu des avantages procurés par la carbamide, conformément à l'invention, on introduit au moins 95% de carbamide (en poids) dans la formulation des particules.

[0011] Seuls quelques additifs seront ainsi ajoutés en faible quantité pour une action ciblée.

[0012] En particulier, conformément à l'invention, on ajoute un sel de magnésium, avantageusement du carbonate de magnésium ou du silicate de magnésium à la formulation des particules.

[0013] La carbamide étant hygroscopique, le sel de magnésium permet de séquestrer l'humidité et d'éviter l'agglomération des particules et l'obturation du dispositif générant le jet de gaz. De plus, le magnésium capte le vanadium qui est souvent présent dans les dépôts et qui provoque la corrosion des surfaces d'échange thermique. En outre, il permet d'augmenter légèrement la température de fusion des particules, ce qui améliore encore l'efficacité du nettoyage.

[0014] Avantageusement, on ajoute entre 0,5% et 5% de sel de magnésium au poids de la formulation des particules.

[0015] Cette proportion permet d'obtenir une efficacité satisfaisante tout en ne générant qu'une quantité minimale de résidus solides. En effet, une partie du sel de magnésium n'est pas vaporisé et tombe sur la sole du four avec une partie des dépôts détachés des surfaces nettoyées.

[0016] Conformément à une autre caractéristique avantageuse de l'invention pour obtenir une bonne efficacité de la formulation, on règle le four de sorte que la température desdites surfaces à nettoyer soit supérieure à 250°C.

[0017] Ainsi, la formulation, et en particulier la carbamide, change d'état en entrant au contact des surfaces à nettoyer, ce qui la rend beaucoup plus performante pour réagir avec les composants du dépôt.

[0018] En outre, avantageusement on projette les particules au contact des surfaces à nettoyer à une vitesse d'au moins 50 m.s⁻¹.

[0019] On obtient ainsi une désintégration satisfaisante des particules solides de la formulation, ce qui améliore encore son efficacité et assure un nettoyage encore meilleur desdites surfaces par effet mécanique et chimique.

[0020] La figure jointe représente schématiquement un procédé de nettoyage de tubes 2 d'un four cylindrique

1 d'une unité de raffinage pétrolier.

[0021] Le four 1 est maintenu en fonctionnement, chauffé par un brûleur (non représenté). Les tubes 2 s'étendent à l'intérieur du four entre une première extrémité 2a et une deuxième extrémité 2b. Des hydrocarbures circulant dans lesdites tubes 2 sont chauffés entre ces deux extrémités par échange de chaleur avec les gaz de combustion.

[0022] La présence d'un dépôt sur l'extérieur des tubes 2 isole thermiquement le fluide à réchauffer (ici les hydrocarbures) des gaz de combustion, ce qui nécessite d'augmenter la puissance délivrée par le brûleur pour maintenir le même échange thermique.

[0023] Pour détacher ce dépôt, on fait passer une canne d'injection 4 à travers une ouverture 8 ménagée dans la paroi 10 du four. Cette canne projette des particules solides 6 contre l'un des tubes. Cette canne 4 est alimentée 4 en air comprimé à une pression d'environ 5 à 10 bar et en particules solides 6 par un appareil prévu à cet effet.

[0024] Les particules 6 sont sensiblement sphériques et ont une dimension comprise entre 1 et 5 millimètres, avantageusement entre 2 et 4 millimètres. Elles atteignent le tube 2 à une vitesse d'au moins 50m.s⁻¹, avantageusement entre 100m.s⁻¹ et 200m.s⁻¹. La formulation des particules contient de préférence environ 98% de carbamide - (NH₂)₂CO - et environ 2% de carbonate de magnésium, en poids. En entrant en contact avec le tube 2 dont la température est d'au moins 250°C, les particules 6 détachent une partie du dépôt, toute la carbamide contenue dans les particules se vaporise et seule une très faible quantité de résidus solides tombe sur la sole du four.

[0025] Les dérivés acides du dépôt sont neutralisés par les gaz issus de la décomposition de la formulation, ce qui génère un dégagement d'oxyde de soufre, d'azote et de vapeur d'eau. L'utilisateur déplace alors la canne d'injection, tel qu'illustré par la flèche 12, entre la première 2a et la deuxième 2b extrémité du tube 2, afin de retirer le dépôt sur l'ensemble du tube. Au besoin, il fait passer la canne par d'autres ouvertures existantes ou spécialement créées dans les parois du four et il procède de manière analogue avec les autres tubes 2.

Revendications

1. Procédé de nettoyage en marche des surfaces (2) de fours (1), en particulier des surfaces métalliques d'échange thermique côté fumée de fours industriels ainsi que de chaudières industrielles, dans lequel on réalise les étapes suivantes :

- on génère un jet de gaz que l'on dirige vers les surfaces à nettoyer,
- on intègre des particules (6) à l'état solide au jet de gaz et on projette les particules à une vitesse telle que les particules se désintègrent en

venant au contact desdites surfaces à nettoyer, - on déplace le jet de gaz et de particules le long des surfaces à nettoyer,

5 ledit procédé étant **caractérisé en ce que** l'on utilise des particules dont la formulation est constituée majoritairement de carbamide.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on introduit au moins 95% de carbamide dans la formulation des particules.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'on ajoute un sel de magnésium à la formulation des particules.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'on ajoute entre 0,5% et 5% de sel de magnésium à la formulation des particules.

5. Procédé selon la revendication 3 ou la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'on ajoute du carbonate de magnésium à la formulation des particules.

6. Procédé selon la revendication 3 ou la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'on ajoute du silicate de magnésium à la formulation des particules.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on règle le four de sorte que la température des surfaces à nettoyer soit supérieure à 250°C.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on projette les particules au contact des surfaces à nettoyer à une vitesse d'au moins 50 m.s⁻¹.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** conduit renfermant un fluide à réchauffer s'étendant à l'intérieur du four entre une première (2a) et une deuxième (2b) extrémité, on déplace le jet de fluide de la première à la deuxième extrémité.

Claims

1. A method of cleaning surfaces (2) of furnaces (1) in operation, in particular the flue gas side of metal heat-exchange surfaces in industrial furnaces, and also in industrial boilers, which method comprises the following steps:

- generating a jet of gas that is directed towards the surfaces to be cleaned;
- integrating particles (6) in the solid state in the jet of gas and projecting the particles at a speed

such that the particles disintegrate on coming into contact with said surfaces for cleaning; and
 · moving the jet of gas and particles along the surfaces to be cleaned;

said method being **characterized in that** the particles used have a formulation that is constituted by a majority of carbamide.

2. A method according to claim 1, **characterized in that** at least 95% of carbamide is introduced into the formulation of the particles.
3. A method according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** a magnesium salt is added to the formulation of the particles.
4. A method according to claim 3, **characterized in that** 0.5% to 5% of magnesium salt is added to the formulation of the particles.
5. A method according to claim 3 or claim 4, **characterized in that** magnesium carbonate is added to the formulation of the particles.
6. A method according to claim 3 or claim 4, **characterized in that** magnesium silicate is added to the formulation of the particles.
7. A method according to any preceding claim, **characterized in that** the furnace is adjusted so that the temperature of the surfaces for cleaning is higher than 250°C.
8. A method according to any preceding claim, **characterized in that** the particles are projected into contact with the surfaces for cleaning at a speed of at least 50 m.s⁻¹
9. A method according to any preceding claim, **characterized in that** for a duct containing a fluid to be heated and extending inside the furnace between a first end (2a) and a second end (2b), the fluid jet is moved from the first end to the second end.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung von Oberflächen (2) im Betrieb befindlicher Öfen (1), insbesondere von metallenen Wärmeaustauschflächen auf der Rauchseite von Industrieöfen sowie von Industriekesseln, bei dem die folgenden Schritte durchgeführt werden:
 - Erzeugen eines Gasstrahls, der auf die zu reinigenden Oberflächen gerichtet wird,
 - Einfügen von Partikeln (6) im Festzustand in den Gasstrahl und Aufspritzen der Partikel mit

einer solchen Geschwindigkeit, dass die Partikel zerstört werden, wenn sie mit den genannten zu reinigenden Oberflächen in Kontakt kommen,

- Bewegen des Gas- und Partikelstrahls über die zu reinigenden Oberflächen,

wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass** Partikel verwendet werden, deren Formulierung mehrheitlich aus Carbamid besteht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens 95% Carbamid in die Formulierung der Partikel eingebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formulierung der Partikel ein Magnesiumsalz hinzugefügt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formulierung der Partikel zwischen 0,5% und 5% Magnesiumsalz hinzugefügt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formulierung der Partikel Magnesiumcarbonat hinzugefügt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formulierung der Partikel Magnesiumsilikat hinzugefügt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ofen derart geregelt wird, dass die Temperatur der zu reinigen Oberflächen über 250°C beträgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit, mit der die Partikel gegen die zu reinigenden Oberflächen gespritzt werden, mindestens 50 m.s⁻¹ beträgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer ein zu erwärmendes Fluid umschließenden Leitung, die sich im Inneren des Ofens zwischen einem ersten Ende (2a) und einem zweiten Ende (2b) erstreckt, der Fluidstrahl von dem ersten Ende zum zweiten Ende bewegt wird.

