

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 181 248
A1

(12)

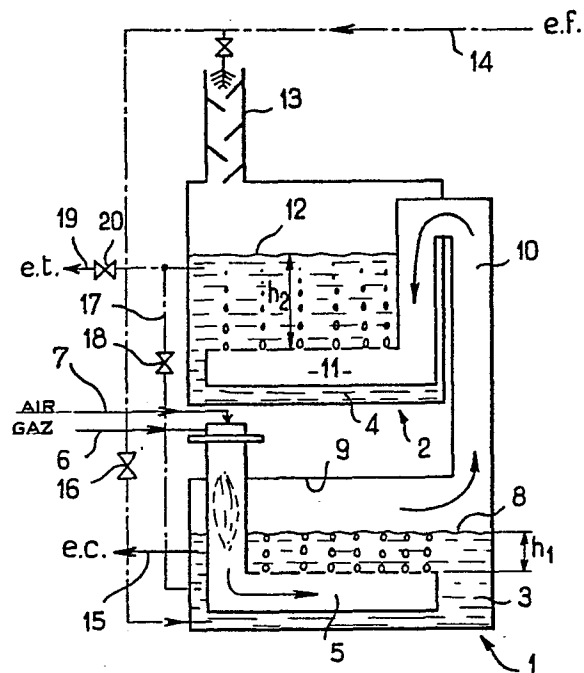
DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **85401997.3**(51) Int. Cl.⁴: **F24H 1/10**(22) Date de dépôt: **15.10.85**(30) Priorité: **16.10.84 FR 8415855**(43) Date de publication de la demande:
14.05.86 Bulletin 86/20(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE GB IT LI LU NL SE(71) Demandeur: **GAZ DE FRANCE**
23, rue Philibert Delorme
F-75017 Paris(FR)(72) Inventeur: **Leveque, Bernard**
8, rue de la Gare
F-92300 Levallois Perret(FR)(74) Mandataire: **Lerner, François**
5, rue Jules Lefebvre
F-75009 Paris(FR)(54) **Procédé de chauffage d'un liquide par combustion submergée et dispositif pour la mise en oeuvre du procédé.**

(57) L'invention concerne le chauffage par combustion submergée.

De façon à obtenir une température de chauffage supérieure à la température d'équilibre du liquide avec les produits de la combustion, on réalise un contact réduit entre le bain de liquide (3) à chauffer et le brûleur à combustion submergée (5), et on récupère la chaleur résiduelle des produits de la combustion en les faisant barboter sous une hauteur suffisante d'un bain de liquide (4) contenu dans une seconde chambre (2) avant sortie de l'installation.

L'invention permet de préparer des bains de liquide par combustion submergée jusqu'au voisinage de la température d'ébullition de ces bains.



EP 0 181 248 A1

PROCEDE DE CHAUFFAGE D'UN LIQUIDE PAR COMBUSTION SUBMERGEE ET DISPOSITIF POUR LA MISE EN OEUVRE DU PROCEDE

L'invention concerne un procédé pour le chauffage d'un liquide par combustion submergée, ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Le chauffage des liquides par combustion submergée est généralement limité dans ses applications à une température de bain voisine de 60°C. Au-delà de cette température, le rendement thermique diminue rapidement pour s'annuler vers 90°C. En effet, vers cette température, et en supposant que le bain est à pression atmosphérique, on atteint la température de rosée des produits de la combustion, et toute la chaleur produite par la combustion ne sert plus qu'à produire de la vapeur d'eau à cette température de rosée.

Pour éviter ces difficultés et produire avec des rendements acceptables des températures d'eau supérieures à 60°C en utilisant, cependant, des dispositifs de chauffage à combustion submergée, on a proposé déjà dans la technique divers artifices.

Ainsi, selon le Brevet Français 6941279 du 28 Novembre 1969 (n° de publication 2068173), le Demandeur a décrit une installation dans laquelle la combustion submergée s'effectue dans un bain maintenu sous une pression supérieure à la pression atmosphérique par exemple de l'ordre de 4 bars. Avec une telle mise sous pression de la chambre principale de l'installation, on peut effectivement obtenir des températures d'eau chaude voisines de 100°C avec un rendement tout à fait satisfaisant. Cependant le maintien sous pression du bain dans lequel s'effectue la combustion submergée pose divers problèmes de fabrication, de sécurité et de maintenance.

Dans le brevet d'invention 6941280 du 28 Novembre 1969 (n° de publication 2068174), le Demandeur a préconisé également une autre solution dans laquelle on associe au brûleur submergé un échangeur de chaleur formant corps de chaudière dans lequel circule l'eau à chauffer, la combustion submergée servant à chauffer un bain sous pression atmosphérique par exemple vers 60°C, un échangeur de chaleur par exemple du type à serpentin plongeant dans ce bain assurant le préchauffage de l'eau à chauffer avant son entrée dans le corps de chaudière. Là encore, les résultats sont satisfaisants, mais à l'évidence l'installation se complique, toutes choses égales par ailleurs, l'appareillage permettant la combustion submergée ne formant finalement qu'un appareil accessoire de l'installation.

L'invention a pour objet de résoudre le problème du chauffage avec un rendement aussi bon que désiré d'un fluide à chauffer, utilisant essentiellement et éventuellement exclusivement des appareillages destinés à la combustion submergée, et cela de telle façon que l'on peut atteindre une température aussi élevée que désiré du fluide à chauffer, par exemple, proche de l'ébullition en bain non pressurisé.

L'invention s'applique à la combustion submergée de tout produit combustible, gazeux, pulvérisé, liquide ou fluidisé, utilisant notamment du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfié, des gaz de synthèse, des huiles de pétrole, etc...

La mise en oeuvre de l'invention part des considérations suivantes.

Un liquide, dans les conditions de la combustion submergée, est chauffé par :

- le contact avec les parois mouillées du brûleur,
- les produits de la combustion (essentiellement des gaz) lors de leur montée jusqu'à la surface libre du liquide,

- la condensation de la vapeur d'eau des produits de la combustion (chaleur latente de vaporisation des fumées) si la température du bain est inférieure à la température de rosée des produits de la combustion sous la pression considérée du bain.

En pratique, l'équilibre thermique et massique (c'est-à-dire le moment où la température des produits de la combustion quittant l'installation devient sensiblement égale à la température du bain et où la condensation d'eau provenant des fumées compense la production de vapeur d'eau du bain entraînée par les fumées) est sensiblement obtenu après une montée de 500 à 800 mm des produits de la combustion au sein du liquide.

Si l'on analyse le processus plus finement, on s'aperçoit que les produits de la combustion, qui sortent aux environs de 1000°C du brûleur chauffent d'abord le liquide, en même temps qu'ils évaporent une quantité d'eau importante. Dans cette première phase, l'énergie transmise à l'eau est pour une faible part convertie en chaleur sensible (autrement dit la température de l'eau ne s'élève que faiblement) et le complément en chaleur latente de vaporisation (on crée donc un maximum de vapeur d'eau). Dans cette phase, le rendement de chauffage du liquide est médiocre.

A partir du moment où les produits de combustion deviennent saturés en vapeur d'eau, ils commencent à chauffer le liquide par condensation (en abandonnant au sein du bain la chaleur latente de vaporisation de l'eau qui se condense) jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint (température de rosée) si la hauteur de liquide (correspondant au temps de mise en contact) est suffisante.

Conformément à l'invention, on prend bien soin d'éviter d'atteindre cet équilibre, au moins dans une première chambre de l'installation dans laquelle s'effectue la combustion submergée. En particulier, on plonge le brûleur à combustion submergée dans cette chambre sur une profondeur inférieure à la profondeur minimum requise pour obtenir l'équilibre thermique entre le liquide à chauffer et les produits de la combustion.

En d'autres termes, le procédé de chauffage d'un liquide par combustion submergée conforme à l'invention se caractérise en ce qu'en vue de permettre d'obtenir une température de chauffage supérieure à la température d'équilibre du liquide avec les produits de la combustion, on réalise un contact réduit entre ledit liquide et lesdits produits de la combustion au sein d'un volume dudit liquide contenu dans une première chambre de combustion submergée. De cette façon, le bain de liquide maintenu dans cette première chambre est chauffé par les parois du brûleur avec lequel il est en contact, et par les produits gazeux de la combustion qui n'ont pas eu le temps de se refroidir jusqu'à la température de rosée. En conséquence, on peut atteindre dans cette chambre une température aussi élevée que désirée, et en particulier la température d'ébullition du bain.

Il y a lieu de noter à ce niveau de la description, que l'invention est parfaitement utilisable, quelle que soit la nature du liquide à chauffer, et quelle que soit la pression régnant dans ladite première chambre de combustion submergée, qui peut être par exemple sensiblement à la pression atmosphérique.

Bien entendu, dans de telles conditions, le rendement du chauffage ne serait pas très bon, c'est pourquoi avantageusement, on fera passer ensuite les produits de la combustion sortant de la première chambre de combustion submergée précitée dans au moins un second volume de liquide contenu dans une seconde chambre. Dans cette seconde chambre, on pourra donc "éprouver" la chaleur sensible et la chaleur latente des produits gazeux (produits de la combustion et vapeur du liquide formé) par simple barbotage de ces produits gazeux dans ladite seconde chambre qui pourra servir de chambre de préchauffage du liquide à chauffer et qui sera donc généralement à une température suffisamment basse, par exemple inférieure à 60°C, pour permettre d'obtenir un excellent rendement thermique global de l'installation.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé sus-mentionné, ce dispositif se caractérisant en ce qu'il comprend au moins une première chambre contenant un premier volume de liquide dans lequel est placé un appareil de chauffage du type en soi connu à combustion submergée, ledit appareil étant monté dans ladite chambre sous une hauteur de liquide réduite par rapport à celle requise pour atteindre sensiblement l'équilibre thermique dudit liquide avec les produits de la combustion.

Avantageusement, ce dispositif comprendra au moins un échangeur récupérateur de chaleur placé sur le circuit de sortie des produits de la combustion quittant ladite première chambre. Cet échangeur de chaleur comprendra de préférence au moins une chambre contenant un liquide dans lequel barbotent lesdits produits de la combustion avant de quitter le dispositif.

L'invention et sa mise en oeuvre apparaîtront plus clairement à l'aide de la description qui va suivre faite en référence aux dessins annexés dans lesquels les figures 1 à 4 montrent de façon schématique quatre modes de réalisation d'une installation fonctionnant conformément à l'invention.

En se référant au mode de réalisation illustré à la figure 1, l'installation comprend essentiellement deux cuves 1, 2, contenant chacune un volume d'un liquide respectivement 3, 4, (par exemple de l'eau) à chauffer.

Dans le volume de liquide 3 de la cuve 1 est plongé un brûleur 5, de type en soi connu, à combustion submergée, lequel est alimenté par exemple en gaz combustible en 6 et en air de combustion en 7 sous pression d'alimentation convenable. Les produits de la combustion sortant du brûleur s'échappent à travers le volume de liquide 3 dans la partie basse de la cuve 1 formant chambre de combustion submergée.

Conformément à l'invention, la hauteur h_1 de parcours des produits de combustion s'échappant du brûleur 5 et traversant le bain de liquide 3 est réduite, par rapport à celle requise pour atteindre sensiblement l'équilibre thermique dudit liquide avec les produits de la combustion. Cette hauteur peut être par exemple de 200 à 300 mm.

Dans ces conditions, les produits de la combustion s'échappent sous forme gazeuse comme illustré par des petites bulles au-dessus de la surface libre 8 du bain. Ils sont alors canalisés par une paroi supérieure 9 de la cuve 1 et passent par un conduit 10 à l'intérieur de la cuve 2 en direction d'un diffuseur 11 de gaz placé vers la base de la cuve 2, permettant le barbotage des produits de la combustion dans le bain 4 de liquide contenu dans la cuve 2 et l'échange thermique entre ces produits de la combustion et le bain liquide. La hauteur h_2 de diffusion des produits de la combustion dans le bain de liquide 4 est cette fois de

préférence suffisante pour permettre d'atteindre l'équilibre thermique entre les produits de la combustion et le bain de liquide 4. Cette hauteur peut être par exemple de l'ordre de 500 à 800 mm.

L'installation est avantageusement complétée, comme illustré, par une tour de lavage, en soi connue, 13 par laquelle s'échappent les produits de la combustion à contre-courant avec un circuit d'eau froide pulvérisée dans la tour et amenée par une alimentation 14.

L'eau chaude produite dans le bain 3 peut être soustraite en 15. Le bain liquide 3 peut être alimenté directement par le circuit d'eau froide 14 au moyen d'une vanne de réglage 16 et/ou par de l'eau tiède amenée par la canalisation 17 et dont le débit est réglé par une vanne 18, eau tiède soustraite dans le bain 4 de la cuve 2. On peut également soustraire de l'eau tiède dans le bain 4 comme indiqué en 19 au moyen d'une vanne de réglage 20.

L'installation fonctionne de la façon suivante.

La combustion submergée qui est conduite dans la chambre de la cuve 1 contenant le bain de liquide 3 à chauffer, n'est, comme il a été expliqué précédemment, pas menée jusqu'aux conditions d'équilibre entre la température de ce bain et les produits de la combustion. Il en résulte que dans le canal 10 sont admis en mélange des produits de la combustion à température encore élevée et des entraînements de vapeur du bain 3. En opérant de cette façon, et à condition de régler convenablement le débit de combustion du brûleur et le débit de soutirage d'eau dans le bain 3, il est possible d'élever la température du bain 3 à n'importe quelle température désirée jusqu'à son point d'ébullition. A ce niveau on note que la pression régnant au-dessus de la surface 8 du bain 3 est dans l'exemple envisagé, sensiblement égale à la pression atmosphérique augmentée de la pression manométrique de la colonne h_2 nécessaire à permettre le fonctionnement correct du diffuseur 11, aux pertes de charge près dans l'installation, et notamment dans la canalisation 10 et dans la tour de lavage 13 supposée ouverte à l'atmosphère.

La présence sur le circuit des produits gazeux s'échappant de la cuve 1 de l'installation à barbotage constituée par le diffuseur 11 plongé dans le bain 4, et de surcroît de la tour de lavage 13 à l'entrée de l'installation permet d'obtenir un très bon rendement global de l'installation, et notamment de récupérer sensiblement toute la chaleur sensible et la chaleur latente de condensation des fumées, si l'eau froide 14 est introduite dans l'installation à température suffisamment basse. Dans ces conditions, la cuve 2 fonctionne normalement comme cuve de préchauffage pour l'alimentation de la cuve 1.

Il y a cependant lieu de noter que le fonctionnement des cuves 1 et 2 peut être indépendant, et dans ce cas la cuve 1 fonctionne comme source de production d'un liquide chaud et la cuve 2 comme source de production d'un liquide tiède. De la sorte, il n'est pas nécessaire que la nature des liquides contenus dans les cuves 1 et 2 soit la même.

Selon la variante de réalisation illustrée à la figure 2, on retrouve une installation comportant une cuve 1 contenant un bain 3 de liquide à chauffer dans lequel est plongé un brûleur 5 à combustion submergée plongé d'une hauteur réduite h_1 sous la surface libre 8 du bain. L'installation comprend également à sa sortie une cuve 2 contenant un bain 4 dans lequel sont admis par un diffuseur 11 les produits de la combustion s'échappant de l'installation, le diffuseur étant placé à une profondeur suffisante sous la surface 12 de ce bain de façon que soit atteint sensible-

ment l'équilibre thermique entre les produits de la combustion et le liquide du bain 4. Les produits de la combustion s'échappent par une tour de lavage 13 par laquelle est admise l'eau froide 14 d'alimentation de l'installation.

Par rapport à l'installation de la figure 1, l'installation de la figure 2 comprend, en outre, une cuve intermédiaire 21 contenant un bain de liquide 23 dans lequel viennent barboter par un diffuseur 22 les produits de la combustion s'échappant dans la cuve 1 au-dessus de la surface 8 du premier bain. Le diffuseur 22 est placé dans le bain 23 à une hauteur h_3 en dessous de la surface 24 de ce bain, laquelle hauteur h_3 est réduite par rapport à celle qui permettrait l'équilibre thermique entre les produits de la combustion et le liquide contenu dans ce bain.

De cette façon, il est possible d'atteindre dans la cuve 23 une température de chauffage de l'eau plus élevée que celle qui serait atteinte si le trajet d'échange h_3 était plus important et permettait notamment d'atteindre l'équilibre entre le liquide du bain et les produits de la combustion s'échappant du bain.

Dans l'exemple illustré où les trois cuves 1, 21 et 2 sont montées en série, ou en cascade, il suffit de réunir les chambres successives par des canalisations 25, 26 et de prévoir des circulateurs 27, 28 pour assurer le maintien au niveau voulu dans les diverses chambres des surfaces des bains. En 29, 30 on peut en outre opérer des soutirages d'eau tiède à températures croissantes t_1 , t_2 .

Selon le mode de réalisation illustré à la figure 3, on place dans une seule et même cuve 31 les deux chambres successives nécessaires à la combustion submergée et à la récupération de la chaleur sur les produits de la combustion jusqu'à la température d'équilibre de la deuxième chambre.

De façon plus précise, la cuve 1 est séparée par une paroi 32, essentiellement en deux compartiments, respectivement à gauche et à droite de cette cloison sur le dessin. Le compartiment à gauche 33 forme la chambre de combustion submergée, et le compartiment 34 à droite forme le compartiment dans lequel s'effectue le barbotage des produits de la combustion jusqu'à équilibre thermique au sein du bain à chauffer.

Les produits de la combustion libérés dans le compartiment 33 formant chambre de combustion submergée sont canalisés sous une paroi supérieure 35, formant une sorte de cloche 36 coiffant en partie le compartiment 33. Les gaz canalisés sous cette cloche sont amenés au diffuseur 11 par un conduit 10 de façon semblable à ce qui a été illustré à la figure 1.

L'eau chaude est soutirée comme indiqué en 15 dans le bain 33 et l'eau froide est amenée en 14 dans le bain 4.

L'alimentation en eau préchauffée du bain 4 au bain 3 se fait avantageusement par un petit passage formant joint d'eau 37 à la base de la cloison 32.

En fonctionnement, il s'établit une différence de niveau H entre la surface libre 8 du bain 3 chaud et la surface libre 12 du bain tiède. La hauteur h d'immersion du diffuseur 11 doit être réglée de façon à permettre d'obtenir l'échange thermique désiré entre les produits de la combustion et le bain 4.

L'installation peut comporter en outre une tour de lavage sur la sortie des produits de la combustion.

Le mode de réalisation de la figure 4 ne diffère de celui de la figure 3 qu'en ce que les compartiments 33 et 34 ne sont pas formés dans une seule et même cuve, mais dans deux cuves séparées. Pour le reste, le fonctionnement de l'installation est identique et ne sera pas davantage décrit. On note cependant que dans cette réalisation, il y a indépendance des bains 3 et 4 qui peuvent être de nature différente, et l'on peut prévoir une alimentation directe de

liquide froid 38 pour le bain chaud 3. Dans ce cas, le bain 4 sert à produire un liquide tiède soutiré en 38'. En variante, on peut prévoir une jonction 39 entre les bains 4 et 3, le bain 4 servant de bain de préchauffage.

De la description qui précède, il apparaît que l'invention et sa mise en oeuvre sont très souples d'emploi, permettant de préparer, à partir d'une seule opération de combustion submergée et de simples opérations de barbotage, divers bains liquides à des températures allant en décroissant, la température du premier bain pouvant atteindre celle de l'ébullition dans les conditions de pression de ce bain. En outre, bien qu'il semble qu'en pratique il sera avantageux d'utiliser à la suite de la chambre à combustion submergée une chambre à barbotage, et/ou une tour de lavage, d'autres moyens d'échanges peuvent éventuellement être utilisés pour récupérer la chaleur sensible et la chaleur latente des produits de combustion s'échappant de la première chambre de combustion submergée dans laquelle on a réduit les échanges de façon que l'équilibre thermique entre le liquide présent dans cette chambre et les produits de la combustion ne soit pas atteint. En bref, l'invention permet en quelque sorte de stratifier, sans brassage entre-elles, des couches de liquide progressivement traversées par les produits d'une combustion submergée. Par cette stratification et la séparation matérielle en plusieurs cuves ou en chambres communiquant par un étroit passage entre-elles, on n'est plus limité à la température d'équilibre entre celle du bain et la température de rosée des produits de la combustion pour obtenir un rendement convenable; au contraire, on peut très largement dépasser cette température tout en obtenant un rendement global de fonctionnement amélioré.

En outre, il est possible de chauffer des bains de nature différente ne communiquant pas obligatoirement entre-eux.

Revendications

1. - Procédé de chauffage d'un liquide par combustion submergée, caractérisé en ce qu'en vue de permettre d'obtenir une température de chauffage supérieure à la température d'équilibre du liquide avec les produits de la combustion, on réalise un contact réduit entre ledit liquide (3) et lesdits produits de la combustion au sein d'un volume dudit liquide contenu dans une première chambre de combustion submergée (1, 33).

2. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on fait passer les produits de la combustion sortant de la première chambre de combustion submergée précitée (1, 33) dans au moins un second volume de liquide (4) contenu dans une seconde chambre (2, 34).

3. - Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce qu'on utilise plusieurs chambres successives précitées (1, 2; 1, 21, 2; 33, 34) montées en cascade dans lesquelles les températures des bains vont en décroissant.

4. - Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on alimente au moins certaines desdites chambres précitées (1, 2; 1, 21, 2; 33, 34) placées en cascade avec le même liquide circulant à contre courant des produits de la combustion.

5. - Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, comme connu en soi, on place sur le circuit d'échappement des produits de la combustion une tour de lavage 13 alimentée par une entrée froide d'un liquide à chauffer.

6. - Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une première chambre (1, 33) contenant un premier volume (3) d'un liquide dans lequel est placé un appareil de chauffage (5) de type en soi connu à combustion submergée, ledit appareil étant monté dans ladite chambre sous une hauteur de liquide réduite par rapport à celle requise pour atteindre sensiblement l'équilibre thermique dudit liquide avec les produits de la combustion.

7. - Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un échangeur récupérateur de chaleur, placé sur le circuit de sortie des produits de la combustion quittant ladite première chambre (1, 33).

8. - Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit échangeur de chaleur comprend au moins une chambre (2, 21, 34) contenant un liquide (4, 23) dans lequel barbotent lesdits produits de la combustion avant de quitter le dispositif.

9. - Dispositif selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une cuve (31) dans laquelle est formée la première chambre précitée (33), au moins une seconde chambre (34) formée dans la même cuve (31) et communiquant avec ladite première chambre (33) par un passage (37) de section réduite formé vers la base de la première chambre (33) et au moins une paroi supérieure (35) coiffant ladite première chambre formant une cloche (36) canalisant les produits de la combustion s'échappant au dessus dudit premier volume de liquide (3) vers un diffuseur (11) débouchant à hauteur convenable dans le volume de liquide (4) contenu dans ladite deuxième chambre (34).

10. - Dispositif selon la revendication 8 ou la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux chambres précitées qui ne communiquent pas directement et qui reçoivent l'une après l'autre les produits de la combustion formés dans la première chambre précitée où s'effectue la combustion submergée.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

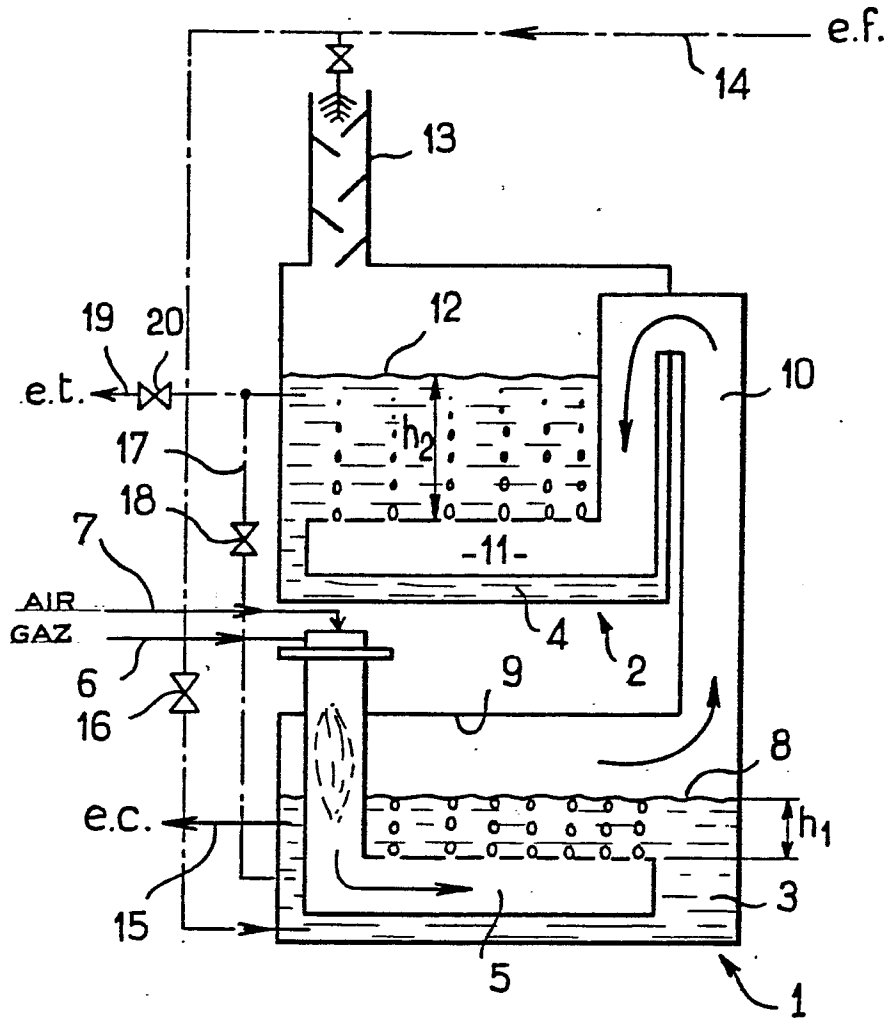


FIG. 1

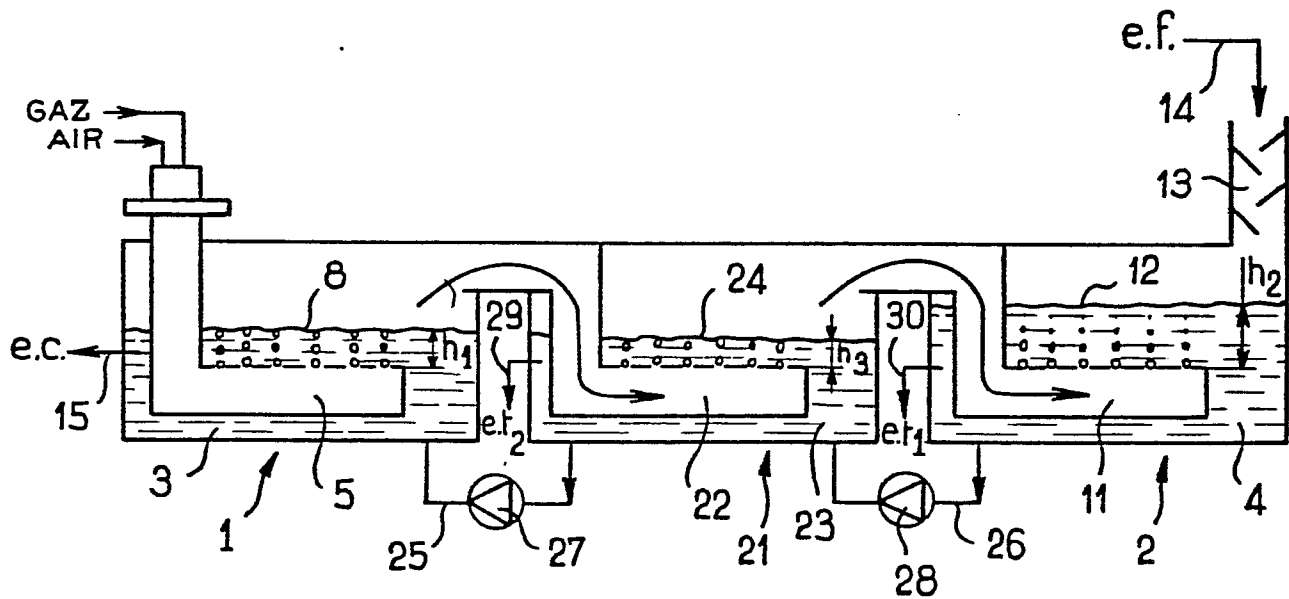


FIG. 2

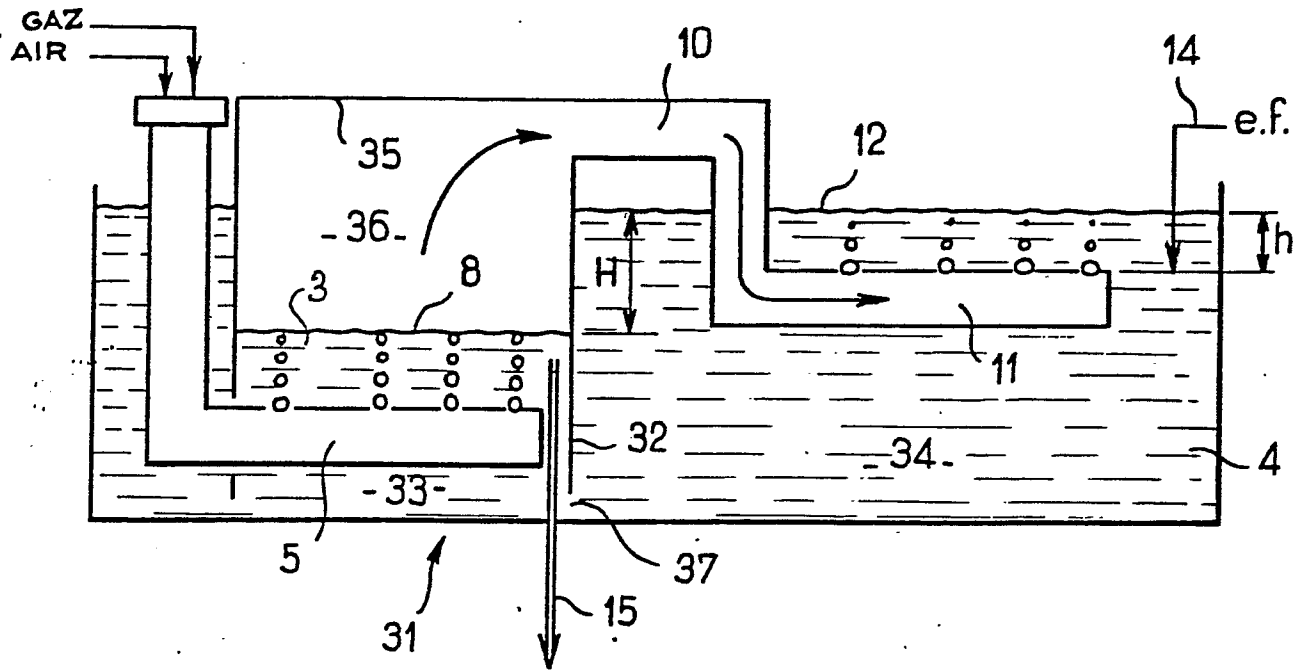


FIG. 3

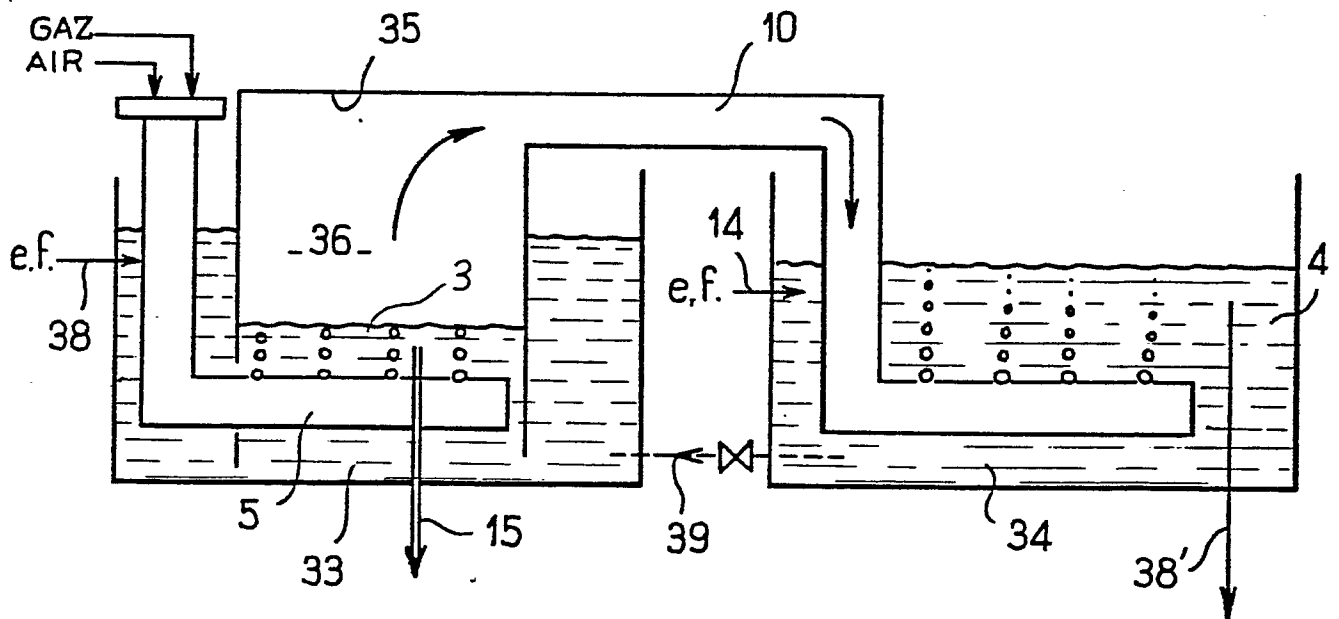


FIG. 4



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	EP-A-0 118 363 (LAURENT) * Abrégé *	1,5,6	F 24 H 1/10
A	US-A-3 976 445 (DOUGLAS) * Abrégé *	1,2,6-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
			F 24 H F 23 C
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 09-01-1986	Examineur VAN GESTEL H.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	