

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 84400407.7

51 Int. Cl.³: **F 24 H 1/00**
F 24 H 1/20

22 Date de dépôt: 29.02.84

30 Priorité: 02.03.83 FR 8303425

43 Date de publication de la demande:
12.09.84 Bulletin 84/37

84 Etats contractants désignés:
BE CH DE GB IT LI LU NL SE

71 Demandeur: **Laurent, Francois**
1, Montée Notre Dame
F-35400 Saint Malo(FR)

72 Inventeur: **Laurent, Francois**
1, Montée Notre Dame
F-35400 Saint Malo(FR)

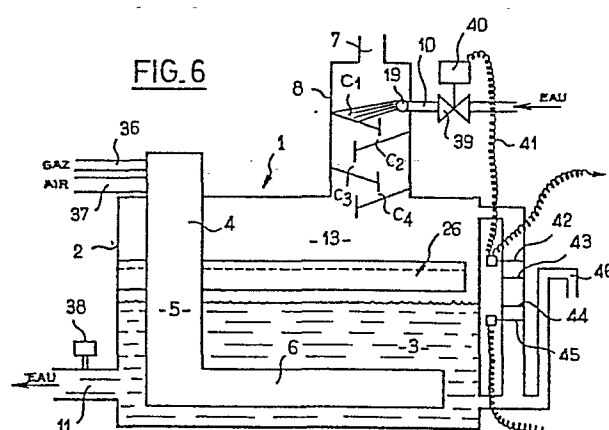
74 Mandataire: **Lerner, François**
5, rue Jules Lefebvre
F-75009 Paris(FR)

54 **Installation et procédé de chauffage du type à combustion submergée.**

57 L'invention concerne une installation et un procédé de chauffage du type à combustion submergée.

Selon l'invention l'installation 1 comprend une tour de lavage 8 comportant plusieurs cuvettes C1, C2...superposées se recouvrant partiellement formant des cascades de rideaux d'eau continus sur les trajets des fumées sortant du bain 3 de l'installation après avoir barboté sous un plateau 26 assurant une certaine surpression de la combustion.

L'invention s'applique aux installations à combustion submergée particulièrement celles dans lesquelles on désire atteindre une température relativement élevée de l'eau à chauffer.



Installation et procédé de chauffage du type à combustion
submergée

La présente invention concerne une installation et un procédé permettant d'améliorer les caractéristiques de fonctionnement d'une installation de chauffage du type à combustion submergée.

5 Pour diverses applications, notamment de chauffage industriel, de chauffage de piscines et autres, on utilise parfois des installations comportant des brûleurs à combustion submergée.

L'intérêt de telles installations est que l'on récupère, du fait du barbotage des gaz de combustion dans l'eau à chauffer, la plus grande partie de la chaleur latente de condensation des fumées, au moins si la température du bain n'est pas trop élevée. Dans de telles conditions, on obtient couramment des rendements calculés sur le pouvoir calorifique inférieur (PCI) supérieurs à 100%, et fréquemment de l'ordre de 105%.

15 Cette technique présente également l'avantage que l'échangeur de chaleur est de construction très simplifiée, étant constitué la plupart du temps d'une sorte de conduit prolongeant la chambre de combustion dans laquelle débouche le brûleur.

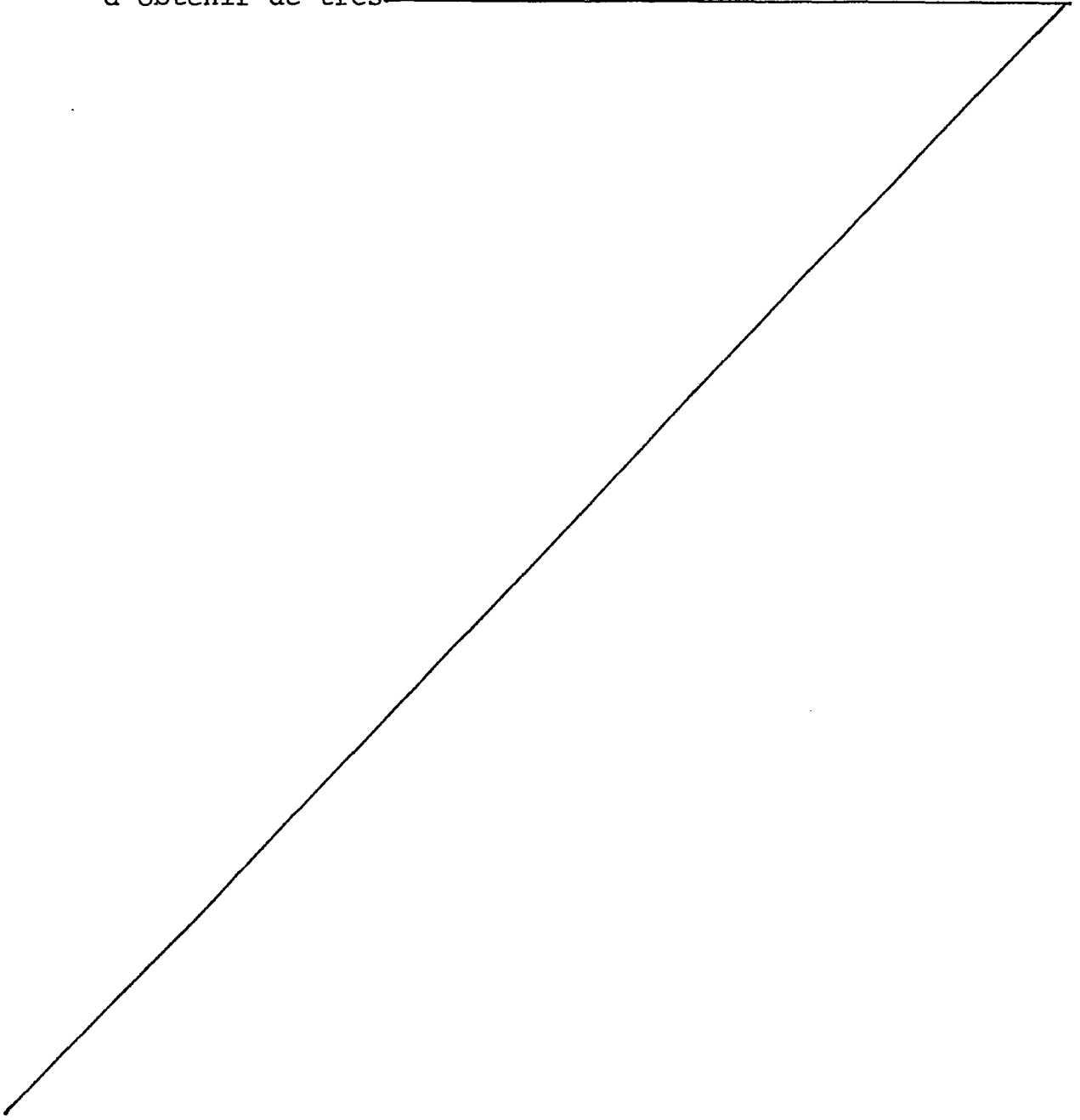
20 Si l'on veut obtenir des températures de bain relativement élevées, et en particulier supérieures à 60°C, le rendement de la combustion submergée diminue. Si l'on ne prend pas des précautions particulières, le rendement tombe même à zéro pour une température de bain voisine de 90°C, température à partir de laquelle la chaleur apportée par la combustion ne sert plus pratiquement qu'à évaporer l'eau du bain, vapeur d'eau qui s'échappe avec les fumées à la cheminée.

25 Dans certaines installations, on a tenté cependant par divers moyens d'utiliser le principe de la combustion submergée pour obtenir des températures de bain supérieures à 60°C, et ce, avec des rendements convenables. Pour atteindre ce but, on a préconisé de faire traverser par les fumées l'eau froide des retours ou de l'alimentation du bain,

1 bis

de façon à condenser et récupérer la chaleur de vaporisation de l'eau et des produits de la combustion. Les solutions connues sont compliquées demandant l'emploi de pompes de circulation qui sont chères et consomment de la puissance, et les résultats obtenus sont généralement peu satisfaisants sur le plan du rendement, surtout dès que la température du bain doit dépasser 70 ou 80°C.

L'objet de l'invention est, dans une installation à combustion submergée, de résoudre les problèmes susmentionnés, en proposant une installation simple permettant d'obtenir de très



bons rendements de fonctionnement avec des températures de bain pouvant avoisiner 90°C.

A cet effet, l'installation de chauffage du type à combustion submergée se caractérise selon l'invention en ce qu'on équipe l'installation sur la sortie des fumées au-dessus du bain à chauffer d'une tour de lavage comprenant en contre-courant avec les fumées une série de cascades formant plusieurs rideaux d'eau sensiblement continus disposés en série sur le trajet des fumées, lesdits rideaux étant alimentés par un débit d'eau froide à chauffer de l'installation, lesdites cascades comportant des parois de formation des rideaux d'eau pourvues en partie haute et en partie basse de moyens tels que des dents, des arêtes en saillie et des orifices assurant une formation continue sans déchirure des rideaux sur toute leur largeur .

Selon une autre caractéristique de l'invention, on prévoit un plateau, recouvrant la plus grande partie de la surface du bain, placé en dessous de la tour de lavage, ledit plateau comportant une surface sensiblement horizontale bordée d'une paroi dépassant en dessus et en dessous d'elle en ménageant au-dessus un volume de recueillement des eaux tombant de la tour de lavage et en dessous un volume de confinement des fumées s'élevant du bain. En utilisant les moyens ci-dessus mentionnés, il devient possible d'atteindre des températures de bain voisines de 90°C, avec des rendements de combustion tout à fait satisfaisants, pourvu seulement que les retours d'eau froide dans la tour de lavage soient à une température convenable, suffisamment basse par exemple voisine de 40°C ou inférieure.

La conduite de l'installation peut se faire de façon continue ou discontinue selon l'usage.

En usage continu, conformément à un perfectionnement de l'invention, on procède au contrôle du débit de sortie d'eau du bain et l'on commande le chauffage du bain jusqu'à la température maximale souhaitée, par exemple de 88°C lorsque ledit débit est supérieur à un débit minimum déterminé, tandis que lorsque ce débit est inférieur à ce débit minimum déterminé on ne chauffe le bain que jusqu'à une température minimale déterminée choisie, par exemple de 70°C, de façon à satisfaire instantanément aux besoins de la demande.

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 :

La figure 1 montre en coupe, schématiquement une installation à combustion submergée pour le chauffage de l'eau à des températures supérieures à 60°C conçue selon l'art antérieur,

5 La figure 2 montre en vue en coupe schématique à plus grande échelle une partie de l'installation illustrée à la figure 1 modifiée selon des perfectionnements conformes à l'invention,

La figure 3 montre en vue perspective à plus grande échelle comment sont formées les parois d'une cuvette de rétention d'eau
10 pour la formation des cascades dans la tour comme illustré à la figure 2,

La figure 4 montre en vue perspective de façon schématique et avec arrachements un plateau destiné à coopérer dans le bain avec la tour de lavage,

15 La figure 5 montre schématiquement une vue en coupe faite sensiblement selon le plan V-V de la figure 4,

La figure 6 montre de façon schématique comme la figure 1 une installation modifiée selon l'invention avec différents organes de commande et de contrôle de cette installation.

20 En se reportant tout d'abord à la figure 1 on a illustré une installation repérée dans son ensemble 1 comportant une cuve 2 contenant un bain 3 d'eau à chauffer au moyen d'un brûleur 4 à combustion submergée débouchant dans la cuve dans une chambre de combustion 5 se continuant par un échangeur 6. Les produits de la
25 combustion du gaz combustible habituellement utilisé sont essentiellement du gaz carbonique et de la vapeur d'eau. La plus grande partie de la vapeur d'eau se condense dans l'eau du bain (si le bain n'est pas trop chaud) auquel est cédée la chaleur latente de vaporisation des fumées, tandis que les incondensables sont évacués
30 à la cheminée 7.

Comme mentionné ci-dessus une telle installation fonctionne avec un très bon rendement si la température du bain est inférieure à 60°C environ. Par contre, au-dessus de cette température le rendement diminue très vite du fait que la chaleur apportée par
35 la combustion du brûleur sert à vaporiser une quantité d'eau de plus en plus grande, laquelle est envoyée en pure perte à la cheminée 7. Le rendement tombe à zéro vers 90°C.

Conformément à l'art antérieur lorsqu'on veut avec une installation à combustion submergée obtenir une température du

bain 3 supérieure à 60°C et avec un rendement de fonctionnement acceptable, on prévoit avant la cheminée 7 une tour de lavage 8 dans laquelle est vaporisée comme indiqué en 9 l'eau froide amenée par une canalisation 10 des retours de l'installation ou de compléments. A l'amenée des retours froids 10 correspond l'évacuation de l'eau chaude en 11. La tour de lavage 8 permet grâce à la pulvérisation d'eau froide en 9 allant à contre-courant des fumées chaudes s'élevant du bain de condenser en partie la vapeur d'eau tendant à s'échapper de l'installation, et de retrouver des rendements de fonctionnement corrects. L'installation n'est relativement efficace que dans la mesure où la pulvérisation 9 se fait sous forte pression de multiples jets très fins, ce qui nécessite l'utilisation d'une pompe 12 relativement puissante et l'emploi de grilles de pulvérisation au niveau de l'injection en 9. Ces grilles ont tendance à se colmater, par suite notamment des dépôts de calcaire.

Le rendement global de l'installation n'est pas très bon et diminue encore si le débit d'utilisation d'eau chaude est faible et qu'en conséquence les retours froids sont à faible débit ou à température pas assez basse.

On se reportera maintenant à la figure 2 représentant une tour de lavage modifiée conformément à l'invention.

La tour de lavage 8 disposée au-dessus du volume 13 supérieur de la cuve 2 non occupée par le bain à chauffer 3 comporte essentiellement selon l'invention une série de cascades formant plusieurs rideaux d'eau R1, R2, R3, R4 sensiblement continus disposés en série sur le trajet des fumées matérialisées par les flèches. Chaque rideau se forme à partir d'une cuvette C1, C2, C3, C4 de rétention d'eau formée essentiellement d'une paroi inclinée 14 de fond se terminant, du côté surélevé de la paroi contre la paroi de la tour de lavage 8, et de l'autre côté, en laissant une section de passage S réduite pour les fumées, par une paroi 15 sensiblement verticale.

Comme il apparaît plus clairement à la figure 3, la paroi 15 sur laquelle se forme le rideau de la cascade, comprend à sa partie supérieure un rebord 16 denté, lequel assure une bonne répartition de l'écoulement de l'eau le long de toute la paroi 15, même si le bord 16 n'est pas parfaitement horizontal. Sans une telle mesure, le rideau risquerait de ne se former que d'un côté.

D'autre part, la paroi 15 descend très notablement en-dessous de la plaque de fond 14, de façon à présenter un rebord inférieur 17 qui fait saillie en-dessous de la paroi 14; cette mesure est nécessaire de façon à empêcher que le rideau d'eau qui doit se former sur l'arête 17 ne remonte par capillarité en-dessous de la surface de fond 14 de la cuvette, créant des déchirures dans le rideau. En outre, des orifices 18 sont avantageusement prévus au voisinage de l'arête inférieure 17 de la paroi 15, de façon à assurer une bonne répartition de la cascade tout le long de l'arête 17, les orifices 18 travaillant un peu de façon analogue à la denture du rebord 16.

Par l'utilisation de ces divers moyens conjugués on est assuré d'obtenir des rideaux R1, R2... parfaitement continus, sans déchirure et à travers lesquels les fumées devront donc se frayer un passage, l'installation assurant un bon contact eau-fumée, donc une condensation efficace de la vapeur d'eau contenue dans les fumées.

La cuvette supérieure C1 est alimentée par un conduit 19 de retour d'eau froide perforé qui fait fonction du diffuseur 9 de la figure 1 mais n'en présente pas les inconvénients. On profite cependant de cette alimentation pour former une sorte de dernier rideau R5 avant la sortie des fumées à la cheminée 7, et l'on guide les fumées à l'entrée de la cheminée par des déflecteurs 20 formant également ailettes de condensation.

Les cuvettes sont disposées les unes au-dessus des autres en quinconce de façon à venir déborder d'environ la moitié de leur longueur au-dessus de la cuvette inférieure. Avantageusement, chaque rideau R est reçu avant de tomber dans la cuvette inférieure sur une coupelle 21 formant gouttière située peu au-dessus du niveau supérieur de la cuvette inférieure. Les gouttières 21 forment ainsi des éclaboussures et brisent le rideau dans sa partie basse augmentant encore l'échange par contact entre l'eau et les fumées.

D'autre part, sous chaque cuvette C sont formées des ailettes de condensation 22 qui font saillie sous la surface 14 du fond des cuvettes favorisant les échanges et le refroidissement des fumées qui sont à température supérieure à celle de la cuvette formant déflecteur sous laquelle elles sont guidées. Les ailettes 22 s'arrêtent avant la surface de la paroi avant 15, de façon à éviter les possibilités de remontée du rideau d'eau sous la cuvette, comme mentionné plus haut.

Etant donné qu'à la sortie du bain les fumées sont chaudes on calorifuge avantageusement la tour de lavage, au moins dans sa partie basse, comme illustré en 23. En outre, lorsque la tour de lavage ne pénètre pas sur une grande hauteur dans la cuve 2, en particulier lorsque la hauteur de l'installation doit être limitée, on prévoit un élargissement de la section de raccordement en inclinant la paroi de raccordement comme indiqué en 24.

On se reportera maintenant aux figures 4 et 5 dans lesquelles sont illustrés d'autres moyens travaillant en conjugaison avec la tour de lavage pour améliorer le rendement de l'installation. A la figure 4 on retrouve en vue extérieure la tour de lavage 8 avec la cheminée 7 et l'entrée des retours d'eau froide alimentant le conduit 19. On a arraché et éclaté le dessus 25 de la cuve, de façon à laisser voir en-dessous un plateau 26 dont la construction et l'usage vont être décrits ci-après. On aperçoit également dans la cuve 2 le brûleur 4 avec la chambre de combustion 5 et l'échangeur 6 d'où s'échappent à l'intérieur du bain les fumées.

Le plateau 26 recouvre la plus grande partie de la surface du bain, en présentant seulement une échancrure 27 pour le passage du brûleur 4 et en laissant tout autour de lui un passage annulaire 28 (figure 5) entre la paroi de la cuve et lui.

Le plateau 26 comprend une surface sensiblement horizontale 29 bordée d'une paroi 30 dépassant en-dessus et en-dessous de la surface 29, en ménageant au-dessus un volume 31 de recueillement des eaux tombant de la tour de lavage 8 et en-dessous un volume 32 de confinement des fumées s'élevant du bain comme illustré par les bulles 33 à la figure 5.

En fonctionnement normal de l'installation, c'est-à-dire lorsque le brûleur est alimenté, le plateau 26 est en partie immergé dans le bain 3, de sorte qu'il existe une certaine contre-pression que doivent vaincre les fumées s'accumulant dans le volume de confinement 32 pour passer par dessous l'arête inférieure 33 du volume 32 pour s'échapper vers la tour de lavage. La surface 29 du plateau comporte à sa partie inférieure des ailettes 34 d'échange formant saillie favorisant la condensation des fumées sous l'effet de l'eau plus froide tombant de la tour de lavage 8 contenue dans le volume 31 du plateau. De préférence, on assure la régulation du système, comme il sera décrit ci-après de façon à obtenir une différence de niveau h entre la surface libre du bain 3 et le niveau du bain dans l'espace de confinement 32, de l'ordre de 15 à

20 centimètres, c'est-à-dire une surpression de l'ordre de 15 à 20 millibars . Un tel travail en "surpression" par rapport à la pression atmosphérique est intéressant, en ce qu'il améliore les rendements d'échange et de condensation.

5 Avec une installation du type décrit ci-dessus, des essais on montré qu'il était possible d'obtenir un rendement de 103% sur PCI avec une température des retours d'eau voisine de 35°C et une température de sortie d'eau de 88°C. Bien entendu le rendement augmente si les retours d'eau froide se font à température plus
10 basse que 35°C, ce qui peut être le cas pour de nombreuses utilisations, en particulier lorsqu'il n'y a pas de recyclage de l'eau ou recyclage partiel.

 La conduite de l'installation décrite ci-dessus ne pose aucun problème s'il s'agit d'usage ponctuel discontinu , par exem-
15 ple un chauffage de bain industriel à une température déterminée.

 Par contre s'il s'agit d'usage plus ou moins continu , au cours duquel on désire avoir à chaque instant une température minimale du bain et à certain moment seulement des températures supérieures et/ou des débits d'eau chaudes importants, on peut procé-
20 der de la façon décrite ci-après pour obtenir une conduite de l'installation dans les meilleures conditions.

 On se reportera maintenant à la figure 6 dans laquelle on a décrit schématiquement comment peut être avantageusement conduite la réaction de combustion submergée.

25 A la figure 6 on aperçoit les différents éléments principaux de l'installation qui ont été repérés par les mêmes chiffres de référence que dans les figures précédentes. Le brûleur 4 de l'installation est alimenté en gaz par une conduite 36 et en air par une conduite 37. On supposera tout d'abord que l'installation
30 est destinée à fournir normalement un certain débit d'eau chaude sortant en 11 à une température déterminée, comprise par exemple entre 70 et 88°C.

 Dans de telles conditions de fonctionnement, on pilote avantageusement l'installation de la façon suivante.

35 On contrôle au moyen d'un appareil de mesure 38 le débit de sortie d'eau du bain. Lorsque ce débit est supérieur à un débit minimum déterminé, on commande le chauffage du bain jusqu'à la température maximale, laquelle est relevée par toute sonde convenablement placée . Bien entendu au débit de sortie d'eau

chaude, soutiré en 11 correspond un débit sensiblement équivalent d'eau froide amené en 10. Ce débit est contrôlé par une électro-vanne 39 dont la commande électrique 40 est reliée comme indiqué en 41 à une sonde 42 de niveau qui arrête l'alimentation d'eau froide lorsque le niveau du bain tend à devenir trop élevé dans la cuve, c'est-à-dire à submerger le plateau 26. En effet le bon fonctionnement du brûleur nécessite des conditions de pression déterminées relativement précises en dehors desquelles une bonne combustion ne pourrait être obtenue. Une autre sonde (non représentée), commande de façon semblable l'alimentation en eau froide par le conduit 10 lorsque le niveau du bain descend en-dessous d'un niveau pré-déterminé, par exemple tel que le niveau 43 en-dessous duquel la surpression h optimale dans la chambre de confinement 32 ne serait plus obtenue (figure 5). Lorsque la température maximale du bain est atteinte, le thermostat de mesure (non représenté) coupe l'alimentation du brûleur. Le niveau du bain descend du fait de l'annulation de la surpression dans la chambre de confinement 32, par exemple sensiblement au niveau repéré 44 à la figure 6. Aucune alimentation d'eau froide n'est admise tant que le niveau dans la chambre ne descend pas en-dessous d'un niveau critique déterminé mesuré par exemple par une sonde 45 qui commande l'alimentation en eau froide et interdit dans de telles conditions l'allumage du brûleur 4, tant que le niveau du bain n'a pas remonté.

En outre, de façon à maintenir la température du bain à une température minimale souhaitée, par exemple de 70°C, le chauffage du bain est arrêté à cette température si le débit de prélèvement mesuré par l'appareil de mesure 38 est inférieur à un débit minimal prédéterminé.

Il existe bien sûr d'autres procédés de conduite de l'installation. Ainsi selon une variante l'eau froide de recyclage ou d'appoint est amenée en 10 dans la tour de lavage, chaque fois que le niveau du bain tend à descendre en-dessous d'un niveau minimum déterminé, tel par exemple que mesuré par la sonde 45. Simultanément on commande le chauffage du bain jusqu'à une température minimale déterminée choisie, par exemple de 70°C, et on arrête l'amenée d'eau froide lorsque le bain s'est élevé jusqu'à un seuil maximum déterminé, par exemple mesuré par la sonde 42. Le chauffage à température plus élevée du bain n'est commandé que lorsque le

niveau du bain redescend en-dessous du seuil 42, ce qui signifie que l'on a prélevé en 11 de l'eau chaude dans le bain. Un syphon formant trop-plein 46 évite de dépasser le niveau du seuil 42 en l'absence de prélèvement d'eau chaude dans le bain et sous l'effet
5 de condensationsse produisant dans la tour de lavage et dans le volume 13 au-dessus du bain.

On notera que les différents moyens de l'invention permettent une conduite aisée de l'installation avec d'excellents rendements, grâce en particulier au contact efficace entre les
10 fumées chargées de vapeurs saturantes et les retours d'eau froids et grâce d'autre part au fonctionnement en légère surpression de la combustion améliorant le rendement. En outre les pertes de charge tant sur le circuit des fumées que sur le circuit de recyclage de l'eau sont réduites à des valeurs tout à fait acceptables et
15 correspondant aux pressions normales d'alimentation en gaz, en air et en eau, aucune pompe ou surpresseur n'étant nécessaires.

REVENDEICATIONS

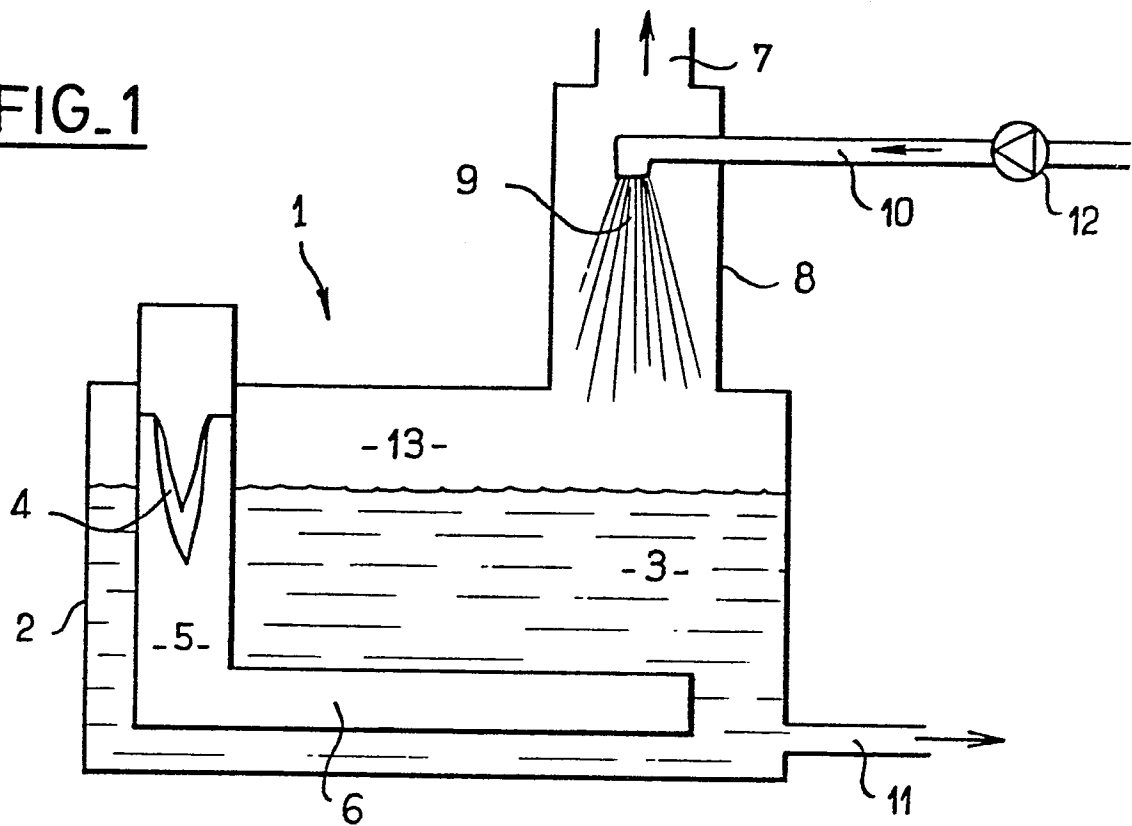
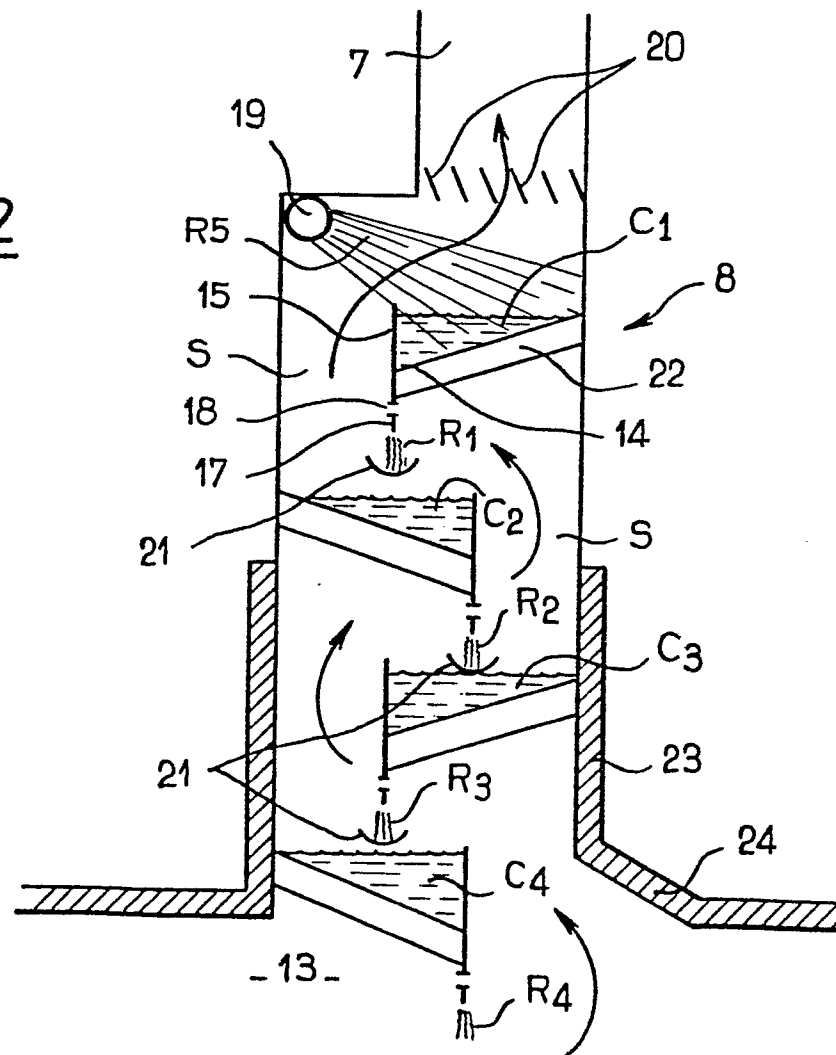
1. Installation de chauffage du type à combustion submergée caractérisée en ce qu'en vue d'obtenir avec de bons rendements des températures de chauffage nettement supérieures à 60°C, et par exemple allant jusque vers 90°C, on équipe l'installation(1) sur la sortie des fumées au-dessus du bain(3) à chauffer d'une tour de lavage(8)comprenant en contre-courant avec les fumées une série de cascades formant plusieurs rideaux d'eau R sensiblement continus disposés en série sur le trajet des fumées, lesdits rideaux étant alimentés par un débit d'eau froide (10) à chauffer de l'installation, lesdites cascades comportant des parois (15) de formation des rideaux d'eau R pourvues en partie haute et en partie basse de moyens tels que des dents (16), des arêtes en saillie (17) et des orifices (18) assurant une formation continue sans déchirures des rideaux sur toute leur largeur.
2. Installation selon la revendication 1 caractérisée en ce que chaque cascade est alimentée par une cuvette C formée essentiellement d'une paroi inclinée (14) de fond se terminant du côté surélevé de la paroi contre la paroi de la tour de lavage (8) et de l'autre côté en laissant une section de passage S réduite pour les fumées par une paroi (15) précitée sensiblement verticale pourvue en partie haute de dents ou découpes (16) assurant la formation du rideau d'eau sur toute la largeur de débordement de la cascade et dont la partie basse fait saillie (17) en-dessous de la paroi inférieure contiguë (14) de la cuvette.
3. Installation selon la revendication 2 caractérisée en ce que chaque cuvette C est disposée en quinconce par rapport à la cuvette inférieure de façon à ménager un trajet sinueux plus long pour les fumées, chaque cuvette supérieure débordant d'environ la moitié de sa longueur au-dessus de la cuvette inférieure.
4. Installation selon la revendication 3 caractérisée en ce que chaque rideau d'eau R est reçu au-dessus du niveau de la cuvette inférieure C dans une gouttière de déversement (21).
5. Installation selon l'une des revendications 2 à 4 caractérisée en ce que des ailettes de condensation (22) font saillie sous la surface de fond (14) des cuvettes C.
6. Installation selon l'une des revendications précédentes caractérisée en ce que la tour de lavage (8) comprend à sa base une section de raccordement élargie (24) avec le volume (13) du bain.

7. Installation selon l'une des revendications précédentes caractérisée en ce qu'il est prévu un plateau (26) recouvrant la plus grande partie de la surface du bain (3) placé en-dessus de la tour de lavage (8), ledit plateau comportant une surface
5 sensiblement horizontale (29) bordée d'une paroi (30) dépassant en-dessus et en-dessous d'elle en ménageant au-dessus un volume (31) de recueillement des eaux tombant de la tour de lavage et en-dessus un volume (32) de confinement des fumées s'élevant du bain.

10 8. Procédé de conduite d'une installation selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'on contrôle (38) le débit de sortie d'eau (11) du bain et l'on commande le chauffage du bain jusqu'à la température maximale souhaitée (par exemple de 88°C) lorsque ledit débit est supérieur à un débit
15 minimum déterminé tandis que lorsque ce débit est inférieur à ce débit minimum déterminé, on ne chauffe le bain que jusqu'à une température minimale déterminée choisie (par exemple de 70°C).

9. Procédé de conduite d'une installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce qu'on amène
20 de l'eau froide de recyclage ou d'appoint dans le bain en la faisant pénétrer (10) en haut de la tour de lavage (8) chaque fois que le niveau du bain descend en-dessous d'un seuil minimum déterminé (45), simultanément on commande le chauffage du bain jusqu'à une température minimale déterminée choisie (par exemple de 70°C), on
25 arrête l'amenée d'eau froide lorsque le bain s'est élevé jusqu'à un seuil maximum déterminé (42) et on ne commande un chauffage à température plus élevée du bain que lorsque le niveau du bain redescend en-dessous du seuil maximum déterminé précité.

10. Procédé selon la revendication 8 ou la revendication
30 9 caractérisé en ce qu'en fonctionnement de l'installation on contrôle le niveau (43) du bain de façon que le plateau (26) soit immergé en partie sur une hauteur déterminée.

FIG. 1FIG. 2

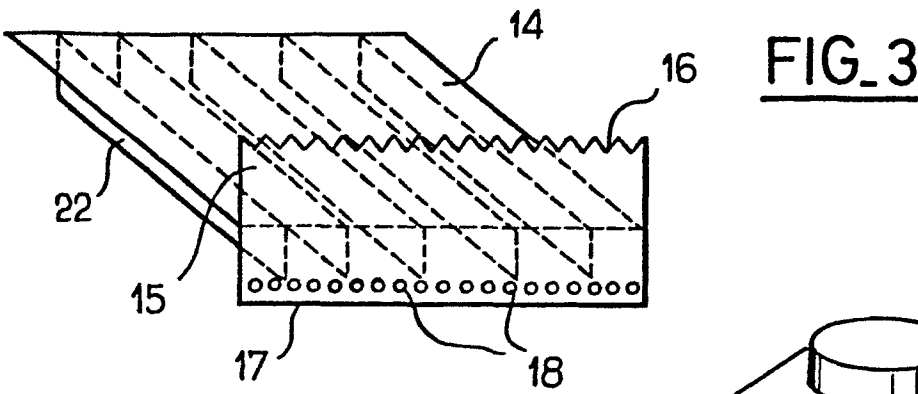


FIG. 4

