



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **94402508.9**

(51) Int. Cl.⁶ : **F22B 31/00**

(22) Date de dépôt : **07.11.94**

(30) Priorité : **10.11.93 FR 9313476**

(43) Date de publication de la demande :
17.05.95 Bulletin 95/20

(84) Etats contractants désignés :
AT BE DE ES FR GB GR SE

(71) Demandeur : **GEC ALSTHOM Stein Industrie**
19-21, Avenue Morane Saulnier
B.P. 74
F-78140 Velizy-Villacoublay (FR)

(72) Inventeur : **Semedard, Jean-Claude**
5, rue Georges Saché
F-75014 Paris (FR)

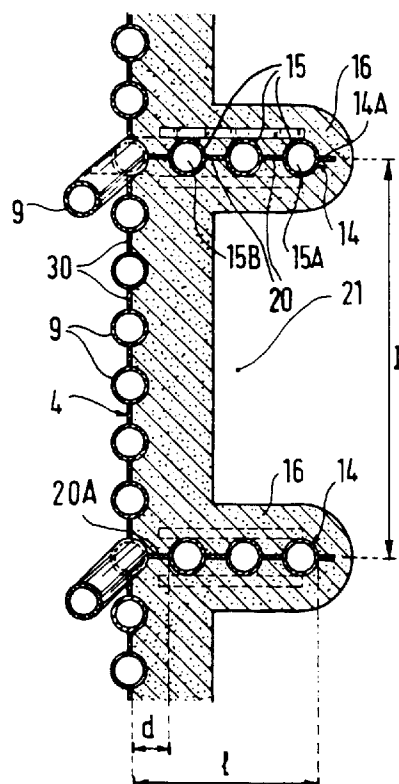
Inventeur : **Gauville, Pierre**
9 Chemin de Paron
F-91370 Verrieres le Buisson (FR)
Inventeur : **Amadiou, Pascale**
121, rue Mozart
F-78140 Velizy-Villacoublay (FR)
Inventeur : **Aubry, Jean**
26J, rue Paul Rivet
F-92350 Le Plessis Robinson (FR)
Inventeur : **Morin, Jean-Xavier**
39, rue du Cas Rouge Marchandron
F-45170 Neuville aux Bois (FR)

(74) Mandataire : **Bourelly, Paul et al**
SOSPI
14-16, rue de la Baume
F-75008 Paris (FR)

(54) **Réacteur à lit fluidisé circulant à extensions de surface d'échange thermique.**

(57) La présente invention se rapporte à un réacteur à lit fluidisé circulant comportant une zone inférieure (3) pourvue d'une grille de fluidisation (11), de moyens d'injection d'air primaire (12) en-dessous de la grille (11), de moyens d'injection d'air secondaire (13) au-dessus de la grille (11) et de moyens d'introduction de combustible (10), les parois (5) entourant cette zone inférieure étant pourvues de tubes d'échange thermique, et une zone supérieure (2) entourée par des parois (4) munies de tubes d'échange thermique (9), les tubes d'échange thermique (9) étant reliés par des ailettes (30). Les parois des dites zones (2, 3) sont pourvues de panneaux d'échange thermique verticaux dits extensions (14) fixés perpendiculairement aux parois (4, 5) des zones (2, 3), formés de tubes (15), internes au réacteur, de largeur horizontale comprise entre 150 et 500 mm et espacés les uns des autres d'une distance comprise entre 1,5 et 4 fois leur largeur, cette largeur étant définie comme la distance entre la face interne des ailettes (30) des parois (4, 5) et la génératrice la plus éloignée du tube le plus éloigné des extensions.

FIG. 3A



La présente invention se rapporte à un réacteur à lit fluidisé circulant à extensions de surface d'échange thermique.

Le réacteur à lit fluidisé circulant est utilisé de façon courante dans les centrales thermiques et pour des puissances de plus en plus élevées.

Plus précisément l'invention concerne un réacteur à lit fluidisé circulant comportant une zone inférieure pourvue d'une grille de fluidisation, de moyens d'injection d'air primaire en-dessous de la grille, de moyens d'injection d'air secondaire au-dessus de la grille et de moyens d'introduction de combustible, les parois entourant cette zone inférieure étant pourvues de tubes d'échange thermique, et une zone supérieure entourée par des parois munies de tubes d'échange thermique.

Il est connu que, pour obtenir une bonne efficacité de désulfuration des fumées, la température du réacteur doit être maintenue constante à une valeur proche de 850°C. Un moyen efficace est d'installer des panneaux d'échange thermique dans le réacteur et d'utiliser, pour maintenir cette température, soit l'ajustement de la concentration en matières solides par réglage des débits d'air primaire et secondaire, soit un débit variable de recyclage de gaz de combustion, soit le refroidissement des solides recyclés dans des lits fluidisés denses extérieurs au réacteur.

Plusieurs agencements de tels panneaux sont connus:

- des panneaux verticaux en forme de L suspendus en partie haute du réacteur à fonction de surchauffeur,
- des panneaux horizontaux en partie supérieure et traversant le réacteur de part en part à fonction de surchauffeur,
- des panneaux en forme de U suspendus au plafond du réacteur à fonction de surchauffeur,
- des panneaux très larges fixés perpendiculairement à la paroi du réacteur et parcourus par une émulsion, tels que ceux équipant le réacteur de lit fluidisé décrit dans le brevet US-4 442 796,
- des panneaux de séparation du réacteur disposés sur une hauteur partielle et présentant éventuellement des ouvertures de communication, comme décrit dans le brevet US-4 165 717.

Lorsque la puissance de l'installation augmente, il est donc, selon l'art antérieur, estimé qu'il est nécessaire d'étendre l'implantation de ces panneaux d'échangeurs d'une part en surface et d'autre part vers des niveaux de plus en plus bas dans le réacteur avec corrélativement des risques d'érosion augmentés en partie basse de ces panneaux soumis au flux de particules solides, des risques de distorsion des panneaux et des parois du fait des dilatations différentielles augmentées par les hauteurs de panneaux toujours supérieures et des risques de vibration.

La présente invention résout ces problèmes d'érosion et de distorsion tout en allant à l'encontre du préjugé technique consistant à chercher à augmenter la surface des panneaux d'échange thermique du réacteur.

Pour ce faire, conformément à l'invention, au moins une paroi d'au moins une des dites zones est pourvue de panneaux d'échange thermique verticaux dits extensions fixés perpendiculairement à la paroi, formés de tubes d'échange thermique, internes au réacteur, de largeur horizontale comprise entre 150 et 500 mm et espacés les uns des autres d'une distance comprise entre 1,5 et 4 fois leur largeur.

Les extensions sont peu larges et ainsi l'on évite les voilements des parois du réacteur dus aux efforts mécaniques provoqués par des dilatations différentielles et ces extensions se situent dans la couche descendante des solides, comme il sera décrit plus précisément plus loin.

Dans le cas où les tubes d'échange thermique des parois sont reliés par des ailettes, ladite largeur est définie comme la distance entre la face interne des ailettes des parois et la génératrice la plus éloignée du tube des extensions le plus éloigné.

Selon une première variante de fixation, les extensions sont soudées de façon continue à la paroi de la zone.

Selon une seconde variante de fixation, les extensions sont distantes de la paroi d'une distance inférieure à 60 mm, cette distance étant la distance entre la face interne des ailettes des parois et la génératrice du tube des extensions le plus proche, les extensions étant supportées au moins en leur partie haute.

Avantageusement, les extensions sont réparties sur le périmètre interne du réacteur.

Les extensions peuvent se situer sur toute la hauteur du réacteur.

Selon un mode de réalisation préféré, les extensions sont disposées sur toute la hauteur de la paroi de la zone supérieure.

Dans ce cas, les extensions partent du plafond du réacteur et traversent en partie basse les parois inclinées de la zone inférieure. Tout problème d'érosion est alors supprimé par rapport à l'art antérieur où des parties horizontales dégagées sont soumises aux flux de particules et sont donc érodées.

Afin d'augmenter leur résistance mécanique, les extensions de tubes peuvent comporter des tubes auxiliaires reliés à l'extrémité libre des extensions, fixés en dehors du plan de symétrie des extensions.

Selon une variante de réalisation particulière, où le réacteur comporte au moins un lit fluidisé dense interne, en communication avec l'intérieur du réacteur par sa partie supérieure, qui reçoit les matières solides tombant le long des parois de la zone supérieure et les renvoie au moins en partie par débordement

vers la zone inférieure tout le long et au-dessus des parois de déversement, ce lit interne étant équipé de tubes d'échange reliés à leur partie basse à une arrivée d'alimentation et à leur partie haute à une sortie de dégagement, les tubes des extensions sont utilisés comme tubes de sortie de dégagement de ceux équipant ce lit interne.

L'invention est exposée ci-après plus en détail à l'aide de figures ne représentant qu'un mode de réalisation préférée.

La figure 1 est une vue en coupe verticale d'un réacteur à lit fluidisé circulant.

La figure 2 est une vue partielle en coupe verticale d'une paroi de réacteur conforme à l'invention.

La figure 3A est une vue en coupe selon III-III de la figure 2 et la figure 3B est une vue en coupe analogue selon une variante.

La figure 4A est une vue en coupe verticale d'un réacteur conforme à l'invention selon une variante de réalisation et la figure 4B est une vue en détail de la partie IV.

Les figures 5, 6 et 7 représentent en coupes partielles divers agencements de réacteurs conformes à l'invention.

Sur la figure 1 qui correspond à un fonctionnement classique de réacteur à lit circulant, ce dernier comporte une zone inférieure 3 de section croissante vers le haut et une zone supérieure parallélépipédique 2. La zone inférieure 3 est pourvue d'une grille de fluidisation 11, de moyens d'injection d'air primaire 12 en-dessous de la grille 11, de moyens d'injection d'air secondaire 13 au-dessus de la grille 11 et de moyens d'introduction de combustible 10. Les parois 5 entourant cette zone inférieure 3 sont pourvues de tubes d'échange thermique. La zone supérieure 2 est également entourée par des parois 4 munies de tubes d'échange thermique.

Les particules solides s'élèvent au-dessus de la grille 11 vers le haut du réacteur selon les flèches 6. Ces particules tendent à s'écarter vers les parois 4, 5 et à retomber vers le bas. Toutefois, une partie des particules les plus fines est réentraînée vers le haut, suivant des mouvements tourbillonnaires tels que 7. Les autres particules se rapprochent des parois 4, 5 et s'écoulent le long de celles-ci vers le bas selon les flèches 8 où elles forment une couche dense de solides.

Des mesures de cette couche dense de solides le long des parois indiquent qu'elle est d'épaisseur variable sur la hauteur du réacteur et selon la charge du réacteur, cette épaisseur étant sensiblement comprise entre 50 et 500 mm.

L'invention consiste à réaliser des extensions de surfaces d'échange thermique de faible largeur noyées dans cette couche de solides descendants et ainsi améliorer les coefficients d'échange thermique des parois du réacteur.

Dans un réacteur classique sans extensions

conformes à l'invention, pour un coefficient global de $180 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$, approximativement une part de $100 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ est obtenue par rayonnement et une part de $80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$ par convection relative aux particules solides. Grâce à l'invention, la part relative à la convection est fortement augmentée et le coefficient global en conséquence.

En effet, les extensions conformes à l'invention entraînent une augmentation de l'épaisseur de la couche de solides le long des parois par ce que l'on peut appeler un effet de coin. Il se crée en effet à la présence d'un coin une surépaisseur de couche due à la forme arrondie que prend naturellement la couche de solides à cet endroit. Grâce aux extensions conformes à l'invention, un nombre important de coins est créé et l'épaisseur de solides est d'autant augmentée. La concentration moyenne en solides est donc artificiellement augmentée dans la cavité délimitée entre deux extensions par rapport à une simple paroi plane, ce qui améliore le coefficient d'échange.

Par ailleurs, les extensions conformes à l'invention présentent deux faces d'échange ce qui augmente la surface d'échange globale du réacteur et donc améliore également le coefficient d'échange.

Les figures 2 et 3A représentent un exemple de réalisation d'une extension conforme à l'invention.

Ces extensions sont de préférence réalisées de façon classique, c'est-à-dire constituées de tubes reliés par des ailettes planes. A la paroi 4 pourvue de tubes d'échange longitudinaux 9 sont adjointes des extensions 14 perpendiculaires à la paroi 4 et internes au réacteur. L'extension 14 représentée comporte trois tubes d'échange verticaux 15 noyés et protégés en partie haute et basse par des couches de béton 16. Les tubes 15 comme d'ailleurs les tubes 9 sont reliés les uns aux autres par des ailettes planes soudées 20. Les tubes 15 sont alimentés en émulsion eau-vapeur en partie basse par une arrivée d'alimentation et en partie haute, ils sont reliés à une sortie 19. Afin d'éviter les dilatations différentielles, ces tubes 15 sont alimentés par une émulsion.

Selon l'invention, les extensions 14 fixées perpendiculairement au moins à une paroi 4, 5 d'au moins une des zones 2, 3, formées de tubes 15, internes au réacteur, sont de largeur 1 horizontale comprise entre 150 et 500 mm et espacées les unes des autres d'une distance D comprise entre 1,5 et 4 fois leur largeur, cette largeur étant définie comme la distance entre la face interne des ailettes 30 de la paroi 4, 5 et la génératrice la plus éloignée du tube 15A des extensions le plus éloigné.

Les extensions peuvent être soudées de façon continue à la paroi 4, 5 des zones 2, 3, comme représenté sur la figure 2, ou être distantes des parois 4, 5 d'une distance d inférieure à 60 mm, cette distance étant la distance entre la face interne des ailettes 30 des parois et la génératrice du tube 15B le plus proche, ce qui revient à supprimer la première ailette 20A

des extensions et à supporter ces extensions en leur partie haute et éventuellement en leur partie basse.

Les extensions 14 de tubes 15 peuvent comporter des tubes auxiliaires 15C reliés à l'extrémité libre 14A des extensions 14, fixés en dehors du plan de symétrie des extensions 14, afin de renforcer la tenue mécanique des extensions 14, comme par exemple représenté sur la figure 3B.

La figure 4A représente un agencement des extensions conformes à l'invention particulièrement avantageux.

Il est connu, par exemple de la demande de brevet français n°2 690 512 déposée par la Déposante, d'équiper le réacteur de lits fluidisés denses internes 22, 23. Ces lits fluidisés denses 22, 23 sont en communication avec l'intérieur du réacteur par leur partie supérieure qui reçoit les matières solides tombant le long des parois 4 de la zone supérieure 2 et les renvoie au moins en partie par débordement vers la zone inférieure 3 tout le long et au-dessus des parois de déversement 28, 29. Ces lits internes 22, 23 ont leur paroi équipée de tubes d'échange reliés à leur partie basse à une arrivée d'alimentation et à leur partie haute à une sortie de dégagement. Eventuellement, ces lits comportent également des tubes d'échange immergés. Avantagusement, les tubes des extensions 14 conformes à l'invention peuvent être utilisés comme tubes de sortie de dégagement de ceux constituant les parois ces lits 22, 23 et éventuellement de ceux immergés dans ces lits 22, 23, ce qui évite une traversée de la paroi 4 avec les risques d'érosion que cela comporte, les tubes de sortie de dégagement étant verticaux et non plus horizontaux. La figure 4B représente un exemple de liaison en sortie de dégagement des tubes d'échange 24 équipant le lit interne 22 et des tubes 15 d'une extension 14.

Selon ce mode de réalisation, chaque lit interne 22, 23 se trouve installé entre au moins deux extensions 14 et il en résulte un autre effet et avantage technique de l'invention. En effet, les espaces entre extensions 14 forment des canaux ou chemins de chute 21 des solides vers les lits 22, 23 et entraîne une augmentation du débit des solides descendants vers ceux-ci. Les lits internes 22, 23 étant reliés à des échangeurs externes, ceux-ci sont alimentés par un débit supérieur de solides, ce qui améliore l'échange et permet de diminuer sensiblement la taille de ces échangeurs externes.

Sur les figures 5 à 7, sont décrits plusieurs agencements possibles des extensions 14. Le réacteur est pourvu de façon classique d'un cyclone 31. Les extensions 14 équipées de tubes 15 sont disposées sur toute la hauteur de la paroi 4 de la zone supérieure 2 du réacteur, sur un ou plusieurs côtés de cette zone 2. Dans ce cas, les extensions partent du plafond du réacteur et traversent en partie basse les parois 5 inclinées de la zone inférieure 3. Tout problème d'érosion est alors supprimé par rapport à l'art antérieur,

plus aucune partie horizontale dégagée n'étant soumise aux flux de particules.

5 Revendications

1) Réacteur à lit fluidisé circulant comportant une zone inférieure (3) pourvue d'une grille de fluidisation (11), de moyens d'injection d'air primaire (12) en-dessous de la grille (11), de moyens d'injection d'air secondaire (13) au-dessus de la grille (11) et de moyens d'introduction de combustible (10), les parois (5) entourant cette zone inférieure étant pourvues de tubes d'échange thermique, et une zone supérieure (2) entourée par des parois (4) munies de tubes d'échange thermique (9), caractérisé en ce qu'au moins une paroi d'au moins une des dites zones (2, 3) est pourvue de panneaux d'échange thermique verticaux dits extensions (14) fixés perpendiculairement à la paroi (4, 5), formés de tubes d'échange thermique (15), internes au réacteur, de largeur horizontale (1) comprise entre 150 et 500 mm et espacés les uns des autres d'une distance (D) comprise entre 1,5 et 4 fois leur largeur.

2) Réacteur selon la revendication 1, dont les tubes d'échange thermique (9) des parois (4, 5) sont reliés par des ailettes (30), caractérisé en ce que ladite largeur (1) est définie comme la distance entre la face interne des ailettes (30) des parois (4, 5) et la génératrice la plus éloignée du tube (15A) des extensions le plus éloigné.

3) Réacteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les extensions sont soudées de façon continue à la paroi (4, 5) de la zone (2, 3).

4) Réacteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les extensions (14) sont distantes de la paroi (4, 5) d'une distance (d) inférieure à 60 mm, cette distance étant la distance entre la face interne des ailettes (30) des parois et la génératrice du tube (15B) des extensions le plus proche, les extensions étant supportées au moins en leur partie haute.

5) Réacteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les extensions (14) sont réparties sur le périmètre interne du réacteur.

6) Réacteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les extensions (14) sont situées sur toute la hauteur du réacteur.

7) Réacteur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les extensions (14) sont disposées sur toute la hauteur de la paroi (4) de la zone supérieure (2).

8) Réacteur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les extensions (14) de tubes (15) comportent des tubes auxiliaires (15C) reliés à l'extrémité libre (14A) des extensions (14), fixés en dehors du plan de symétrie des extensions (14).

9) Réacteur selon l'une des revendications pré-

cédentes, et comportant au moins un lit fluidisé dense interne (22, 23), en communication avec l'intérieur du réacteur par sa partie supérieure, qui reçoit les matières solides tombant le long des parois (4) de la zone supérieure (2) et les renvoie au moins en partie par débordement vers la zone inférieure (3) tout le long et au-dessus d'une paroi de déversement (28, 29), ce lit interne (22, 23) étant équipé de tubes d'échange reliés à leur partie basse à une arrivée d'alimentation et à leur partie haute à une sortie de dégagement, réacteur caractérisé en ce que les tubes (15) des extensions (14) sont utilisés comme tubes de sortie de dégagement de ceux équipant ce lit interne (22, 23).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

FIG.1

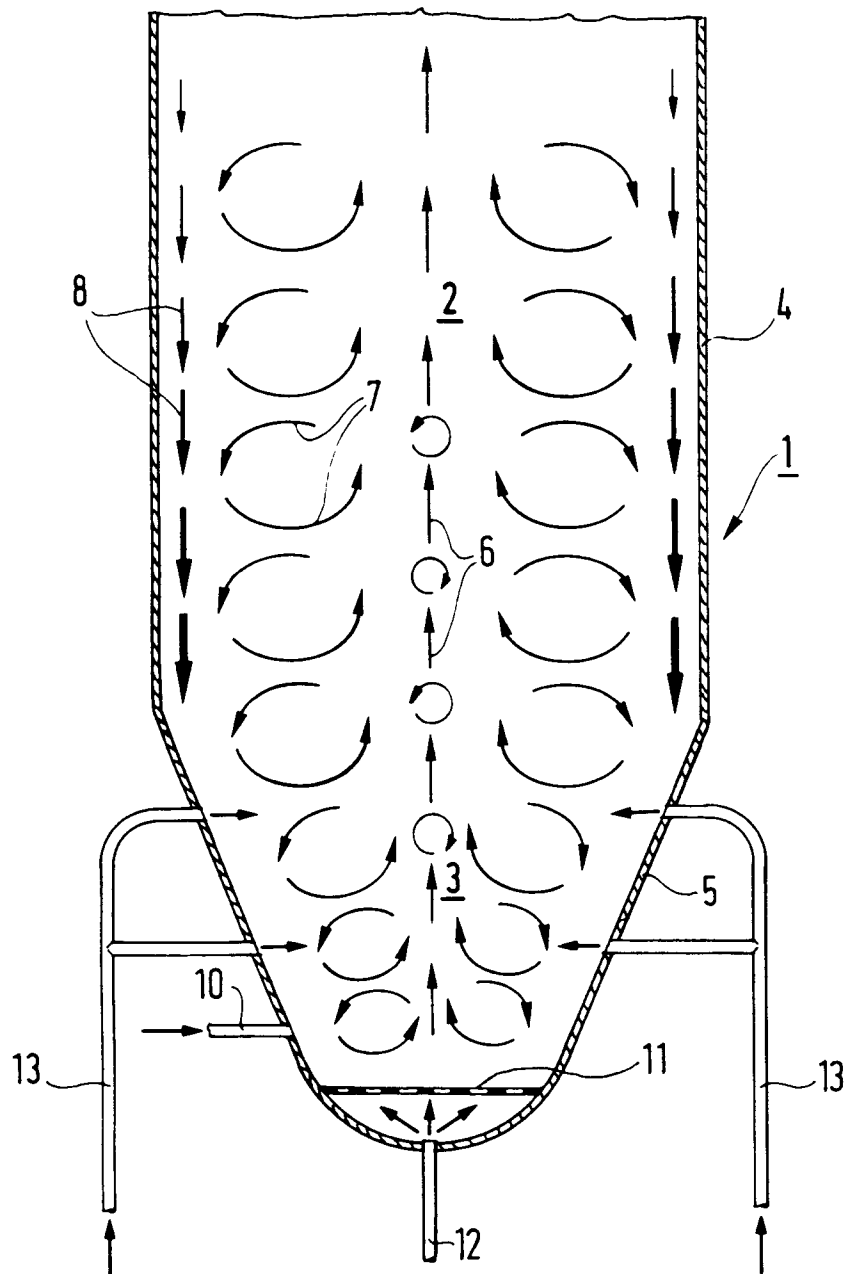


FIG. 2

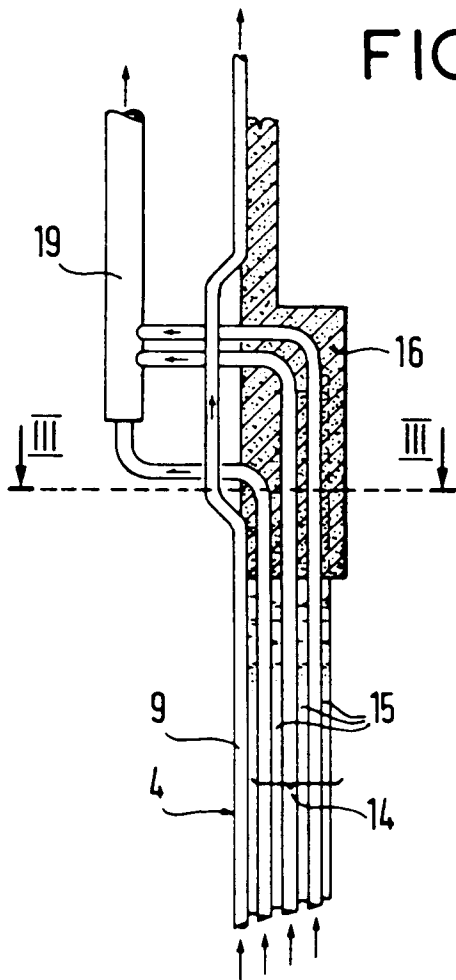


FIG. 3A

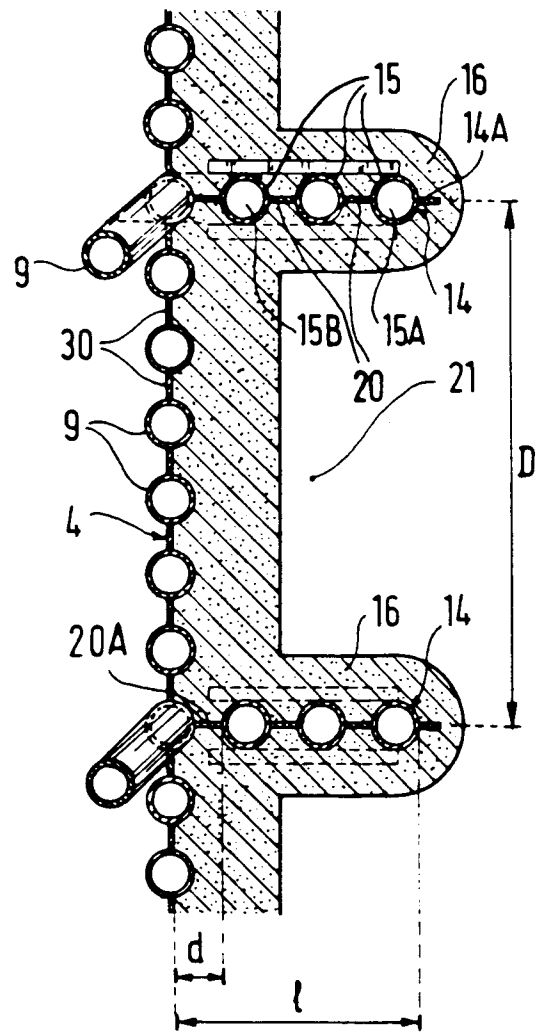


FIG. 3B

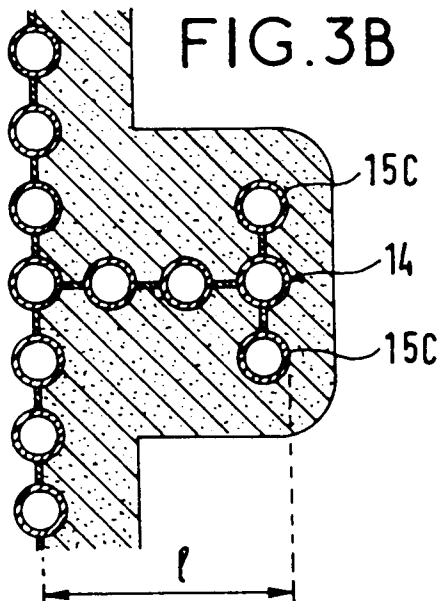


FIG. 4A

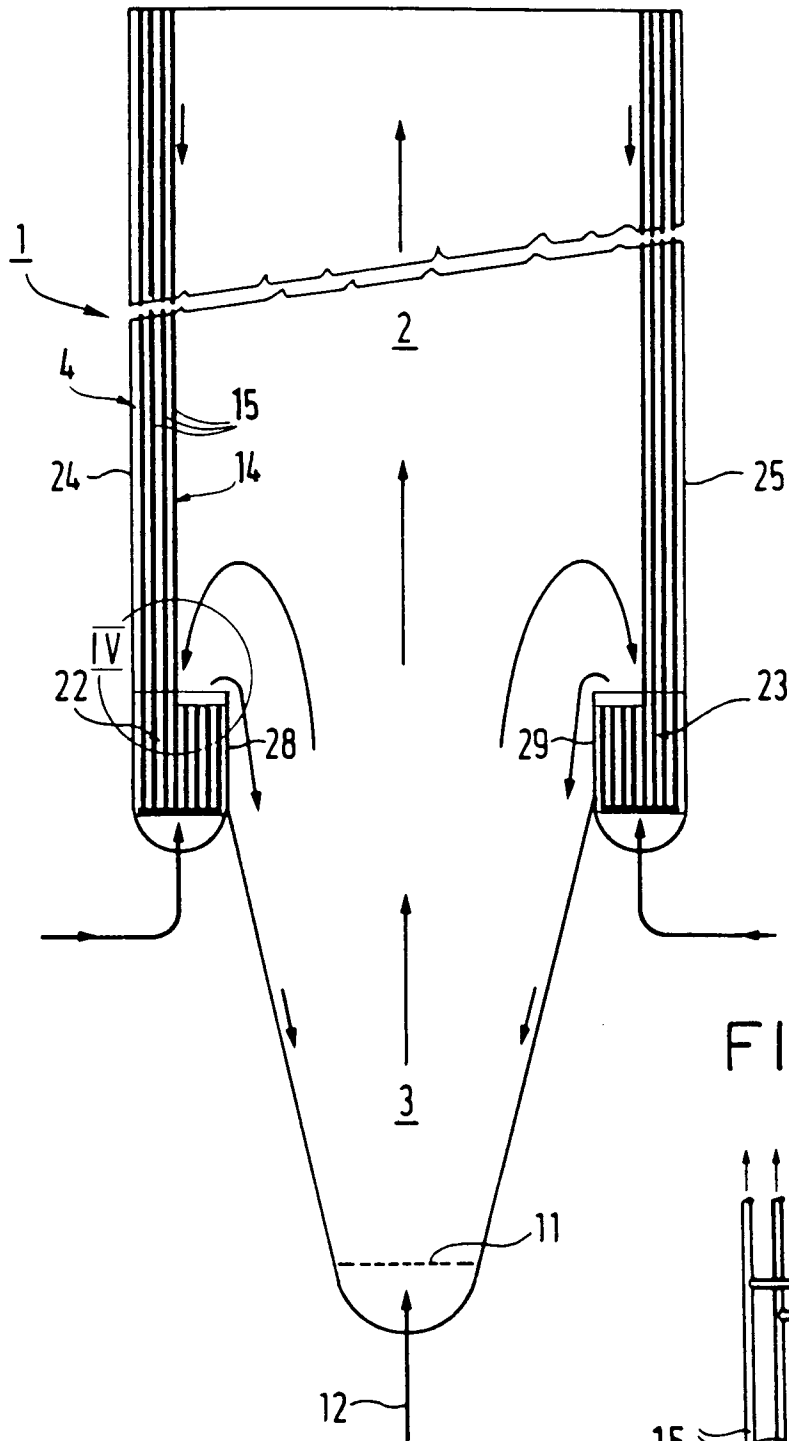


FIG. 4B

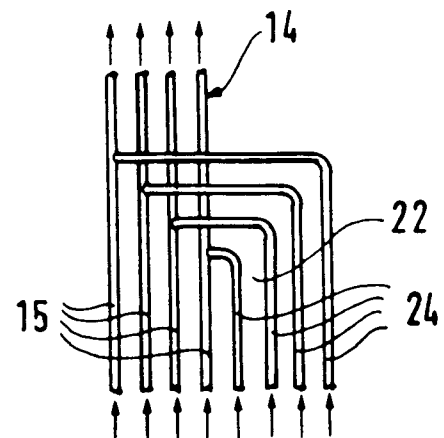


FIG. 5A

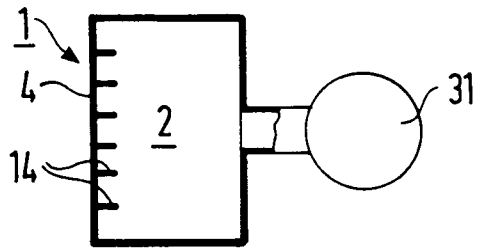


FIG. 5B

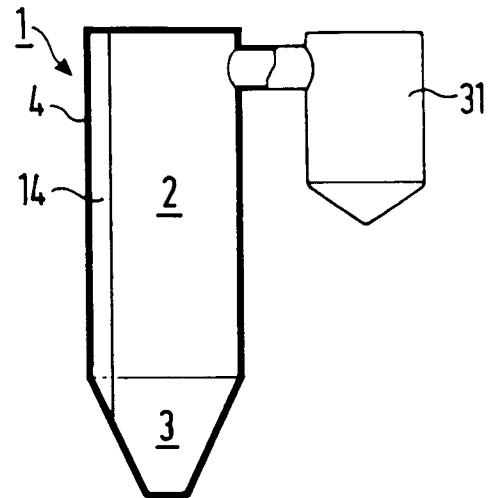


FIG. 6A

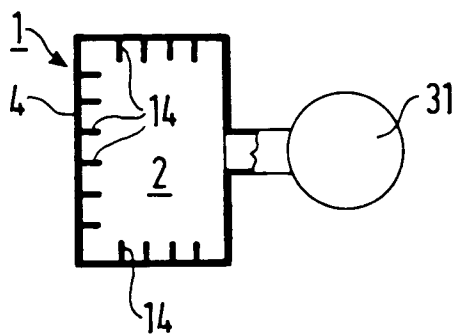


FIG. 6B

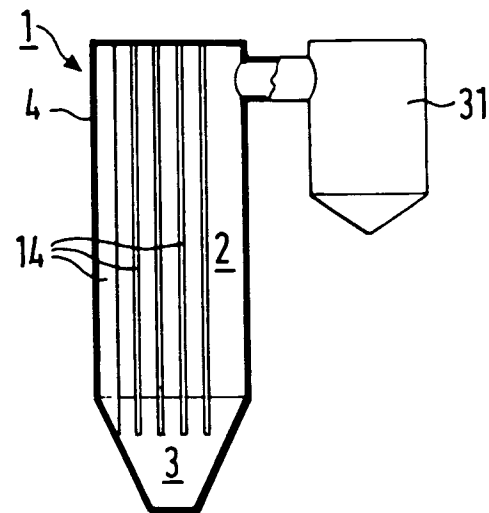


FIG. 7A

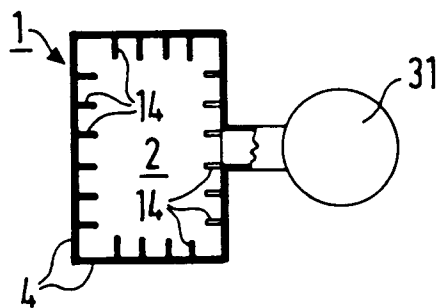
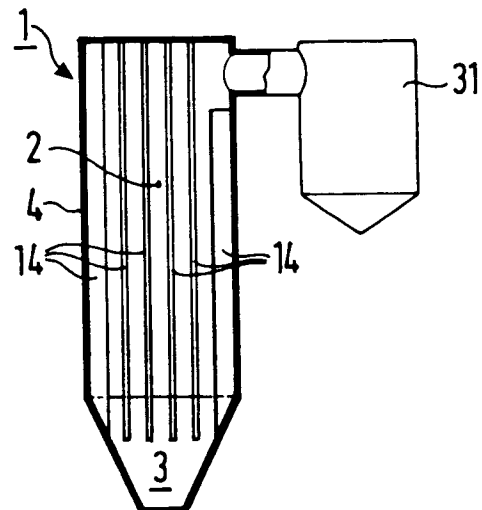


FIG. 7B





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 40 2508

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.6)
A,D	US-A-4 442 796 (STROHMEYER) * colonne 7, ligne 15 - ligne 48; figures *	1	F22B31/00
A,D	US-A-4 165 717 (REH) * colonne 7, ligne 27 - ligne 54; figures *	1	
A	EP-A-0 272 410 (BABCOCK) * colonne 2, ligne 24 - ligne 39; figures *	1	
A	GB-A-1 048 832 (DAVY) * le document en entier *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			F22B B01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 18 Janvier 1995	Examineur Van Gheel, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 01.82 (P04C02)