

Brevet N° 33.35.917.2-4  
du 2 AVRIL 1985  
Titre délivré : - 2 AVR. 1985

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

EL-2652/IM/EG



Monsieur le Ministre  
de l'Économie et des Classes Moyennes  
Service de la Propriété Intellectuelle  
LUXEMBOURG

## Demande de Brevet d'Invention

### I. Requête

La Société Sigrid Michelfelder, Fabrikstrasse 1, D - 5270 (1)  
Gummersbach - R.F.A., représentée par MM FREYLINGER Ernest T. & MEYERS

Ernest, ing. cons. en prop. ind., 46, rue du Cimetière, Luxembourg, (2)  
agissant en qualité de mandataires

dépose(nt) ce trois octobre mil neuf cent quatre vingt quatre (3)

à 15.00 heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg :

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant :

Dispositif du type préchauffeur d'air pour le préchauffage de l'air de (4)  
combustion dans un procédé de combustion, avec réduction simultanée du N°  
contenu dans les gaz brûlés. X

2. la délégation de pouvoir, datée de ..... le .....

3. la description en langue française ..... de l'invention en deux exemplaires;

4. cinq ..... planches de dessin, en deux exemplaires;

5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,  
le trois octobre mil neuf cent quatre vingt quatre.

déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :

Sigrid Michelfelder, Beethovenstr. 39, D - 5270 Gummersbach - R.F.A. (5)  
Stanislaw Michalak, Hespert, D - 5226 Reichshof - R.F.A.

revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de  
(6) brevet N° P 33.35.917.2-4 déposée(s) en (7) R.F.A.  
le trois octobre mil neuf cent quatre vingt trois (8)

au nom de L. & C. Steinmüller GmbH (9)  
élit(élisent) pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg

46, rue du Cimetière (10)

solicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les  
annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à ..... mois. (11)

Le un des mandataires

### II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des  
Classes Moyennes, Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du :



Pr. le Ministre  
de l'Économie et des Classes Moyennes,  
p. d.

à 15.00 heures

A 63007

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il a lieu représenté par ..... agissant en qualité de mandataire — (3) date du dépôt  
en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms et adresses — (6) brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité — (7)  
pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.

Revendication de la priorité d'une  
demande de brevet déposé en R.F.A.  
le 3 octobre 1984 sous le No  
P 33 35 917.2-43

B r e v e t d' i n v e n t i o n

Dispositif du type préchauffeur d'air pour le préchauffage  
de l'air de combustion dans un procédé de combustion avec  
réduction simultanée du  $\text{NO}_x$  contenu dans les gaz brûlés.

L.&C. Steinmüller GmbH  
Fabrikstrasse 1  
D - 5270 Gummersbach - R.F.A.

Dispositif du type préchauffeur d'air pour le préchauffage de l'air de combustion dans un procédé de combustion avec réduction simultanée du  $\text{NO}_X$  contenu dans les gaz brûlés.

5 La présente invention concerne un dispositif du type préchauffeur pour le préchauffage de l'air de combustion dans un procédé de combustion, avec admission de gaz brûlés contenant des  $\text{NO}_X$  et chauds provenant de ce même procédé de combustion ou d'un procédé externe,  
10 15 avec réduction simultanée des  $\text{NO}_X$  contenus dans ces gaz brûlés.

Pour le préchauffage de l'air de combustion dans un procédé de combustion, on utilise ce que l'on appelle des préchauffeurs d'air. Grâce à ce préchauffage, on obtient, en autres, du fait d'une température plus élevée du foyer, des avantages sur le plan de la technique du chauffage, ainsi qu'un allumage accéléré et une meilleure combustion. On se sert en général, comme courant de matière cédant de la chaleur à l'air de combustion à réchauffer, des gaz brûlés provenant du procédé de combustion lui-même. Il est toutefois également possible d'utiliser les gaz brûlés provenant d'un procédé de combustion externe.

25 30 On connaît bien ces dispositifs de préchauffage de l'air de combustion. Comme préchauffeurs d'air, on connaît ceux que l'on appelle récupérateurs et régénérateurs.

Dans le premier cas, l'air est réchauffé par les gaz brûlés au moyen d'un transfert de chaleur par l'intermédiaire de parois fixes. On peut à cet égard mentionner par exemple les préchauffeurs d'air du type échangeurs de chaleur à plaques ou tubes.

35 Dans les préchauffeurs d'air à régénération, les masses d'accumulation reçoivent la chaleur des gaz brûlés et la cèdent plus tard à l'air. Pour obtenir un fonctionnement continu, on envisage principalement deux genres de structure comportant une masse cylindrique

d'accumulation, à savoir d'une part le genre comportant une masse d'accumulation tournante et des conduits d'air et de gaz brûlés qui sont fixes (Ljungström-Luovo) et d'autre part le genre comprenant une masse d'accumulation fixe et un conduit d'air tournant à l'intérieur du conduit de gaz brûlés qui est fixe et qui enveloppe l'ensemble de la masse d'accumulation (Rothemühle-Luovo). Dans ces deux modes de réalisation, les masses d'accumulation de chaleur sont réalisées sous la forme d'empilages de tôles fixes.

5 Dans une autre réalisation de la masse d'accumulation de chaleur, il est prévu d'utiliser à la place des empilages de tôles fixes, des corps d'accumulation de chaleur séparés et mobiles, ainsi que cela est par exemple décrit dans le document DE-OS2.951.279.6

10

15 Dans les installations de chauffage de grandes dimensions, il se présente, hormis d'autres substances nocives, une nuisance de pollution à grandes échelles constituée par les  $\text{NO}_x$ . En ce qui concerne la réduction de l'émission des  $\text{NO}_x$ , on distingue entre les mesures primaires et secondaires. Dans le premier cas, on adopte certaines dispositions à l'intérieur de la chambre de combustion elle-même. Cet ainsi par exemple que l'on obtient déjà une réduction de la formation de  $\text{NO}_x$  au cours du processus de combustion, en utilisant des brûleurs

20

25 conçus spécialement à cet effet, ou par un apport graduel de l'air de combustion.

Comme mesures secondaires, on adopte des dispositions concernant la technique du procédé à l'extérieur de la chaudière. On peut citer à cet égard les procédés de traitement des gaz brûlés dans lesquels il se produit une réduction des  $\text{NO}_x$  en azote moléculaire et en vapeur d'eau, en utilisant un agent réducteur, tel que par exemple  $\text{NH}_3$ , en présence d'un catalyseur, par exemple constitué par des composés de vanadium sur des supports en oxyde de titane. On met en oeuvre ce procédé dans un réacteur séparé, prévu à cet effet et contenant les catalyseurs considérés. Ce réacteur est la plupart du temps

disposé entre le bloc chaudière et le préchauffeur d'air. Dans certaines installations, un électrofiltre à température élevée est branché avant ce réacteur.

Toutefois, cet agencement connu du réacteur  $\text{NO}_x$  entre le préchauffeur d'air et le bloc chaudière se trouve affecté d'un certain nombre d'inconvénients. Tout d'abord, il se présente une chute de pression des gaz brûlés pendant leur écoulement à travers le lit de catalyseur. Par ailleurs, il convient de prévoir un emplacement correspondant à ce réacteur. Il convient encore de renforcer les structures porteuses de l'installation en raison du poids de ce réacteur  $\text{NO}_x$ . Enfin, du fait de la teneur en poussières des gaz brûlés, il convient de nettoyer les catalyseurs de manière intermittente, par exemple au moyen de ventilateurs de soufflage des suies, ce que se répercute de manière correspondante sur les frais d'exploitation.

C'est pourquoi la présente invention s'est fixé pour but de concevoir un dispositif de réduction des  $\text{NO}_x$  dans les gaz brûlés, tout en maintenant le rendement des réacteurs connus et de manière à réduire à un minimum la chute de pression des gaz brûlés ainsi que l'encombrement de l'installation, tout en abaissant simultanément la consommation d'énergie exigée par le nettoyage.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif du type cité au début de ce texte, caractérisé par l'utilisation d'un préchauffeur d'air connu en soi, à structure de régénérateur ou de récupérateur et dans lequel la surface côté gaz brûlés des éléments échangeurs de chaleur est munie d'un revêtement agissant comme catalyseur pour la réduction des  $\text{NO}_x$ .

Pour éviter des dépôts sur les surfaces de contact du catalyseur du fait que les gaz brûlés qui se refroidissent par passage à travers l'échangeur de chaleur se trouvent en dessous de la température de condensation, il est prévu conformément à l'invention que le revêtement soit placé sur les éléments d'échange de chaleur

exclusivement sur la zone correspondant à une température des gaz brûlés située au-dessus de la température de condensation des produits de la réaction provenant des matières contenues dans ces gaz brûlés et de l'agent réducteur qui est ajouté.

Dans une autre réalisation, l'invention prévoit que le préchauffeur d'air qui est muni d'un revêtement de catalyseur sur ces éléments d'échange de chaleur est dimensionné pour une température de sortie des gaz brûlés située au-dessus de la température de condensation des produits de la réaction provenant des matières contenues dans ces gaz brûlés et de l'agent réducteur qui y est ajouté, tandis qu'est monté en aval de lui un second préchauffeur d'air connu en soi et comprenant une masse d'accumulation de chaleur auto-nettoyante qui en service est maintenue sous forme d'une couche tourbillonnaire et qui est constituée d'une multitude d'éléments individuels séparés et mobiles.

L'invention propose encore qu'il soit prévu sur les éléments individuels, en aval et en série, un revêtement de catalyseur pour lequel chaque couche fournit des conditions optimales de réaction pour la température des gaz brûlés qui règne dans cette zone.

Les avantages que l'on obtient grâce à l'invention résident dans le fait que, grâce à l'intégration du réacteur  $\text{NO}_x$  dans le préchauffeur d'air, l'encombrement du système se trouve considérablement réduit. De même, les pertes de pression qui sans cela apparaissent dans un réacteur  $\text{NO}_x$  sont supprimées. Du fait que l'on évite d'utiliser un carter séparé pour les catalyseurs, on peut choisir pour les structures de support des réalisations plus simples et par conséquent plus économiques. Etant donné que l'on doit nettoyer à intervalles de temps déterminés, aussi bien les catalyseurs que les surfaces d'échange de chaleur, par exemple au moyen de ventilateurs de soufflage des suies, une seule installation de ce type s'avère nécessaire dans le dispositif conforme à l'invention.

Un avantage décisif de l'invention réside également dans le revêtement des éléments d'échange de chaleur en aval, à l'aide de matériaux catalyseurs différents, dont l'activité est telle qu'ils fournissent chacun des conditions optimales de réaction pour la température des gaz brûlés qui règne dans la zone correspondante. On atteint ainsi un coefficient de rendement élevé pour la réduction des  $\text{NO}_x$ . Du fait de l'abrasion par les poussières et de la corrosion, aussi bien les catalyseurs que les éléments d'échange de chaleur constituent des éléments qui s'usent et ils doivent par conséquent être remplacés de temps à autre. Toutefois, étant donné que les éléments d'échange de chaleur sont munis d'une couche de catalyseur, une seule opération s'avère encore nécessaire pour leur remplacement dans le dispositif conforme à l'invention.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va être donnée à titre d'exemples non limitatifs et en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente un préchauffeur d'air du type échangeur de chaleur tubulaire à contre-courant croisé et avec un revêtement de catalyseur sur les éléments d'échange de chaleur ;
- la figure 2 représente un détail d'un tel élément d'échange de chaleur se présentant sous la forme d'un tube à ailettes muni d'un revêtement de catalyseur ;
- la figure 3 représente un détail d'un autre élément d'échange de chaleur se présentant sous la forme d'une plaque à nervures pour préchauffeur d'air à plaques, munie d'un revêtement de catalyseur ;
- la figure 4 représente une coupe d'un préchauffeur d'air conforme au principe de Ljungström, comportant une masse d'accumulation de chaleur revêtue de catalyseur ;
- la figure 5 représente un préchauffeur d'air rotatif à entrée radiale de gaz et à masse d'accumulation de chaleur revêtue de catalyseur se présentant sous la forme d'éléments individuels ;

- la figure 6 illustre la combinaison d'un préchauffeur d'air tubulaire à éléments d'échange de chaleur revêtus de catalyseur et d'un préchauffeur d'air monté derrière lui et comprenant une masse d'accumulation de chaleur auto-nettoyante.

Le préchauffeur d'air 1 représenté sur la figure 1 est constitué par un échangeur de chaleur tubulaire dans lequel les gaz brûlés 2 et l'air à réchauffé 3 sont amenés à contre-courant croisé. Le préchauffeur 1 est subdivisé en quatre zones 4, 5, 6 et 7 qui sont reliées entre elles du côté air par l'intermédiaire de canaux de déviation 8. Les éléments d'échange de chaleur prévus dans les zones 4 à 6 sont simplement munis d'un revêtement de catalyseur. Etant donné que, contrairement à un réacteur de réduction séparé, les gaz brûlés se refroidissent par écoulement à travers un échangeur de chaleur, il est prévu conformément à l'invention de choisir le matériau catalyseur présent dans les zones individuelles de manière que son activité soit accordée à chaque fois à la température des gaz brûlés qui règne dans une zone. On obtient de la sorte un coefficient de réduction élevé. Comme éléments d'échange de chaleur des zones 4 à 6, on utilise par exemple des tubes à ailettes 9a selon la figure 2. Grâce à cette forme d'exécution, on obtient une surface de contact du catalyseur particulièrement importante. Grâce au fait que la couche de catalyseur 10 présente une conductivité thermique nettement plus faible que le matériau de l'élément d'échange de chaleur 9a, par exemple constitué par le tube d'acier 11 de la figure 2, il est possible dans ce mode de réalisation d'utiliser une structure compacte du préchauffeur d'air en raison de la plus grande surface d'échange de chaleur côté gaz brûlés. La zone 7 de l'échangeur de chaleur 1 se trouve dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 1, équipée de tubes lisses sans revêtement de catalyseur. La raison en est que les gaz brûlés 2 qui se refroidissent

du fait de leur écoulement à travers l'échangeur de chaleur 1 rencontrent dans la zone 7 un domaine de température où peuvent se former des dépôts sur les éléments d'échange de chaleur en raison de la condensation des produits de la réaction provenant des matières contenues dans les gaz brûlés et de l'agent de réduction qui est ajouté; c'est ainsi par exemple que le  $\text{SO}_3$  des gaz brûlés réagit avec l'agent réducteur  $\text{NH}_3$  pour donner du sulfite d'ammonium dont la température de condensation est située en-dessous d'environ  $250^\circ\text{C}$ . Afin de dégager de temps à autre les éléments d'échange de chaleur de ces dépôts, il est prévu un ventilateur de soufflage des suies 12. Ces ventilateurs servant au nettoyage des surfaces de contact du catalyseur peuvent par exemple être montés à l'entrée des gaz brûlés. A la place de tubes, on peut bien entendu utiliser également comme éléments d'échange de chaleur dans le préchauffeur d'air des plaques ou des plaques dites à nervures. Il n'existe pour celles-ci aucune différence de principe dans le fonctionnement par rapport à un préchauffeur d'air à tubes. Un élément à plaques à nervures 9b particulièrement adapté se trouve représenté sur la figure 3. De même que dans l'élément d'échange de chaleur conforme à la figure 2, on obtient ici également, grâce à la surface accrue disposée côté gaz brûlés, une surface de contact du catalyseur qui est plus importante ainsi qu'une surface d'échange de chaleur également plus importante.

La figure 4 représente une coupe d'un préchauffeur de chaleur conforme au principe dit de Ljungström et qui comporte une masse d'accumulation cylindrique et rotative en service. Il y est également prévu de subdiviser cette masse d'accumulation en plusieurs zones 4, 5, 6 et 7, la masse présente dans la zone la plus basse 7 n'étant pas revêtue de matériau catalyseur. De même que dans l'exemple de réalisation qui précède, les matériaux catalyseurs des zones individuelles sont accordés à chaque fois, en ce qui concerne leur activité, à la

température des gaz brûlés qui y règne, de sorte que chaque couche fournit des conditions optimales de réaction pour la température des gaz brûlés qui règne dans la zone correspondante. Il est de plus prévu que la masse d'accumulation offre entre la zone la plus basse 7 et celle qui est située au-dessus 6, une cavité 13 dans laquelle est placé un dispositif de nettoyage 12. On peut à cet égard prévoir au choix un nettoyage à l'aide d'air comprimé 14 ou d'eau 15.

10 Dans le préchauffeur d'air à régénération représenté sur la fig.5 et comportant un tambour rotatif 16 et une entrée radiale de gaz, la masse d'accumulation de chaleur est constituée par une multitude d'éléments individuels mobiles 17 tels que des billes, des billes creuses ou des corps en forme de selle, et qui sont également munis d'une couche de catalyseur. Suivant cet exemple de réalisation, il est prévu que le tambour 16 est subdivisé suivant la direction radiale en chambres individuelles 18, les éléments conducteurs de chaleur 17 situés dans ces chambres 18 étant chacun munis de revêtements catalyseurs adaptés à la température des gaz brûlés. Dans ce type de préchauffeur d'air à masse d'accumulation de chaleur constituée d'éléments individuels séparés et mobiles 17, il n'est pas nécessaire de prévoir des dispositions pour le nettoyage étant donné que ces éléments se libèrent eux mêmes de leur dépôt par frottement mutuel et par mouvements tourbillonnaires.

Une autre possibilité de débarrasser en permanence les surfaces d'échange de chaleur de leurs dépôts se trouve illustrée sur la figure 6. Il s'agit là du montage en série d'un préchauffeur d'air à tubes ou à plaques 1 conforme à la fig. 1 et d'un préchauffeur d'air du type préchauffeur à colonne 19 muni d'une masse d'accumulation constituée d'une multitude d'éléments séparés et mobiles 20 qui sont recyclés à l'aide d'une installation de transport 21. Dans ce cas, les éléments d'échange de chaleur 9 de l'échangeur à plaques ou à tubes 1 sont tout simplement

munis d'un revêtement de catalyseur. Afin d'éviter des dépôts sur les surfaces de contact du catalyseur, ce pré-chauffeur d'air 1 se trouve dimensionné de manière telle que la température des gaz brûlés qui s'échappent 22 se trouve encore au-dessus de la température de condensation des produits de la réaction provenant des matières contenues dans ces gaz brûlés et de l'agent de réduction qui y est ajouté. On évite toutefois des dépôts dans l'échangeur de chaleur à colonne 19 qui est monté en aval en maintenant constamment les éléments d'accumulation de chaleur 20 sous forme d'une couche tourbillonnaire en faisant s'écouler du bas vers le haut les gaz brûlés 22 et l'air de combustion 3 à réchauffer. On obtient de la sorte un effet d'auto-nettoyage du préchauffeur d'air 19 monté en

15 Javal.



REVENDICATIONS

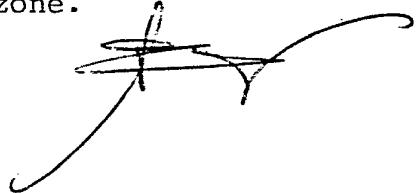
1°) - Dispositif du type préchauffeur d'air pour le préchauffage de l'air de combustion dans un procédé de combustion, par introduction de gaz brûlés chauds contenant des  $\text{NO}_x$  et provenant de ce même procédé de combustion ou d'un procédé externe, avec réduction simultanée des  $\text{NO}_x$  contenus dans ces gaz brûlés, caractérisé par l'utilisation d'un préchauffeur d'air connu en soi (1) à structure de régénérateur ou de récupérateur, dans lequel la surface côté gaz brûlés des éléments d'échange de chaleur (9, 9a, 9b, 17) est munie d'un revêtement (10) agissant comme catalyseur pour la réduction des  $\text{NO}_x$ .

2°) - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le revêtement (10) prévu sur les éléments d'échange de chaleur (9, 9a, 9b, 17) est disposé exclusivement dans la zone correspondant à une température des gaz brûlés située au-dessus de la température de condensation des produits de la réaction provenant des matières contenues dans ces gaz brûlés et de l'agent de réduction qui y est ajouté.

3°) - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le préchauffeur d'air (1) qui est muni d'un revêtement de catalyseur sur ses éléments d'échange de chaleur (9, 9a, 9b, 17) est dimensionné pour une température de sortie des gaz brûlés qui est située au-dessus de la température de condensation des produits de la réaction provenant des matières contenues dans ces gaz brûlés et de l'agent réducteur qui y est ajouté et en ce qu'est branché derrière lui un deuxième préchauffeur d'air connu en soi (19) comprenant une masse d'accumulation de chaleur auto-nettoyante qui est maintenue en service sous forme d'une couche tourbillonnaire et qui est constituée d'une multitude d'éléments individuels, séparés et mobiles (20).



4°) - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il est prévu sur les éléments individuels, en aval et en série, un revêtement de catalyseur tel que chaque couche offre 5 des conditions optimales de réaction pour la température des gaz brûlés qui règne dans cette zone.

A handwritten signature in black ink, appearing to be a stylized 'J' or 'P' followed by a long, sweeping flourish.

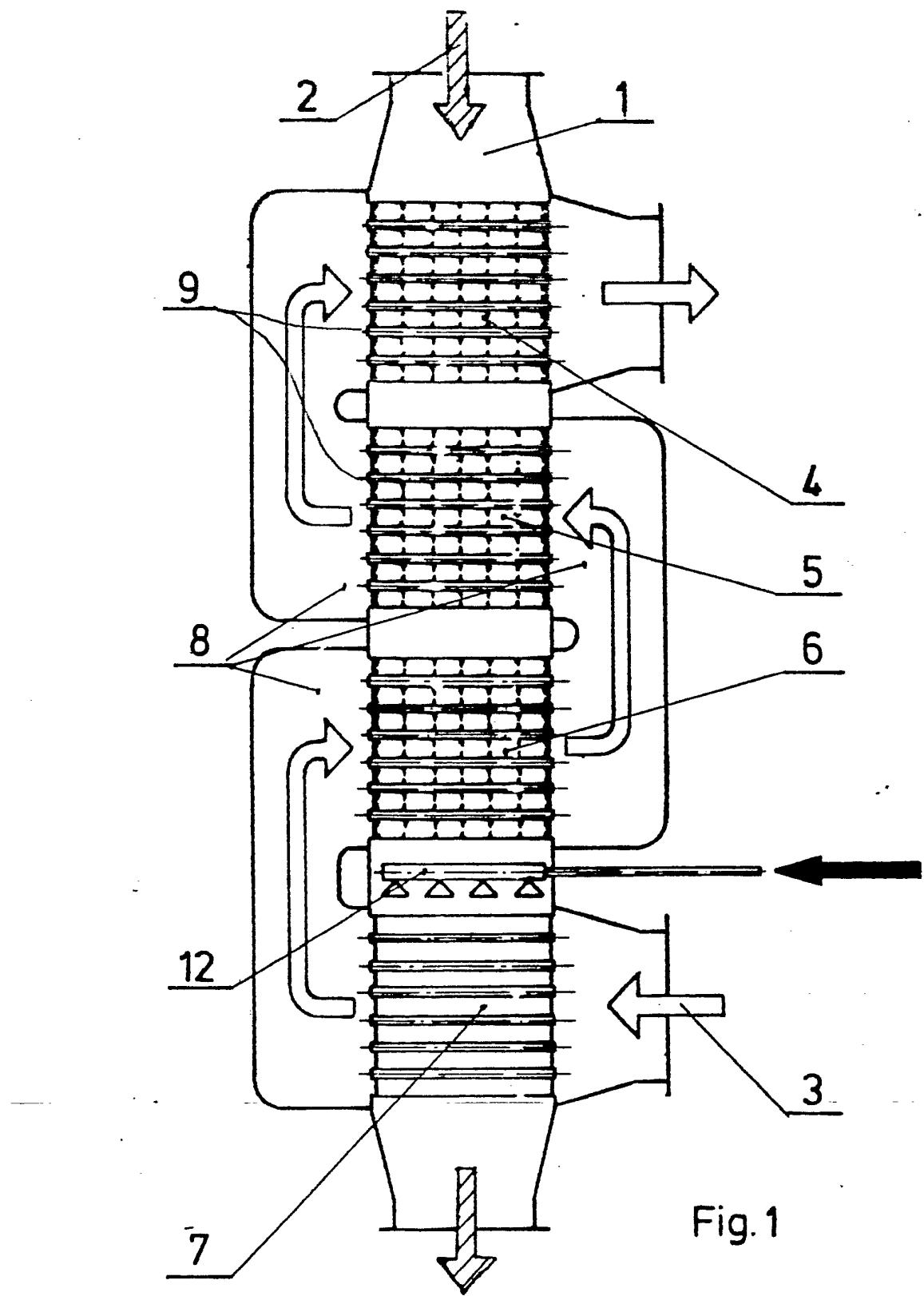


Fig. 1

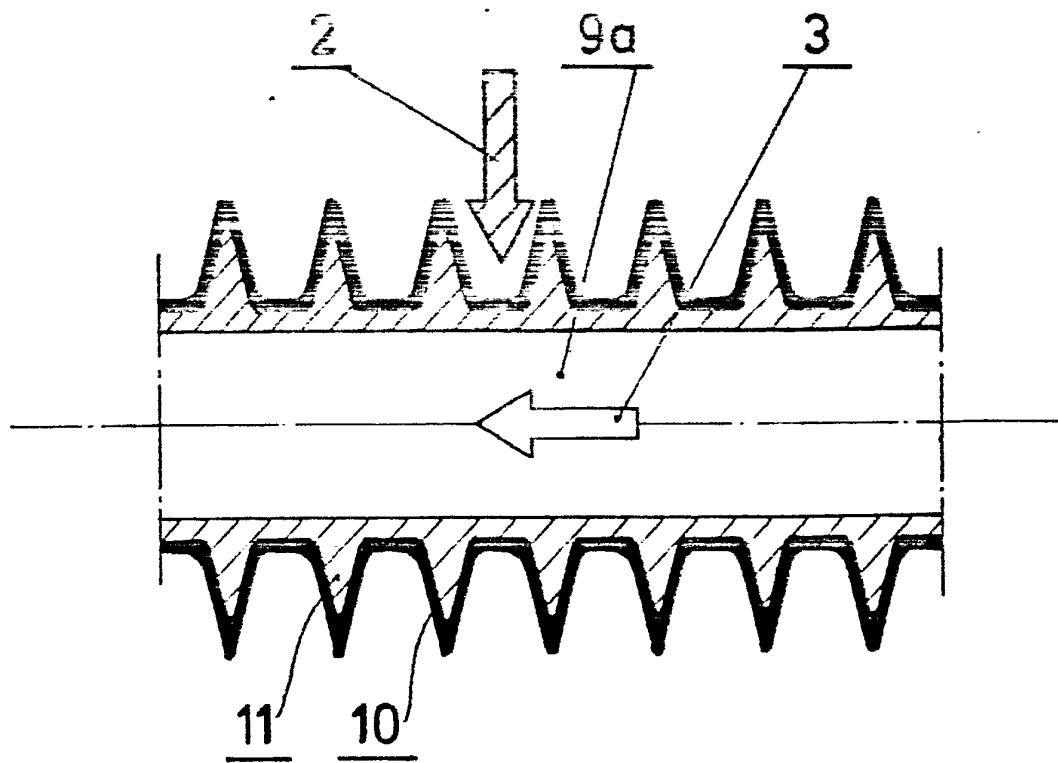


Fig. 2

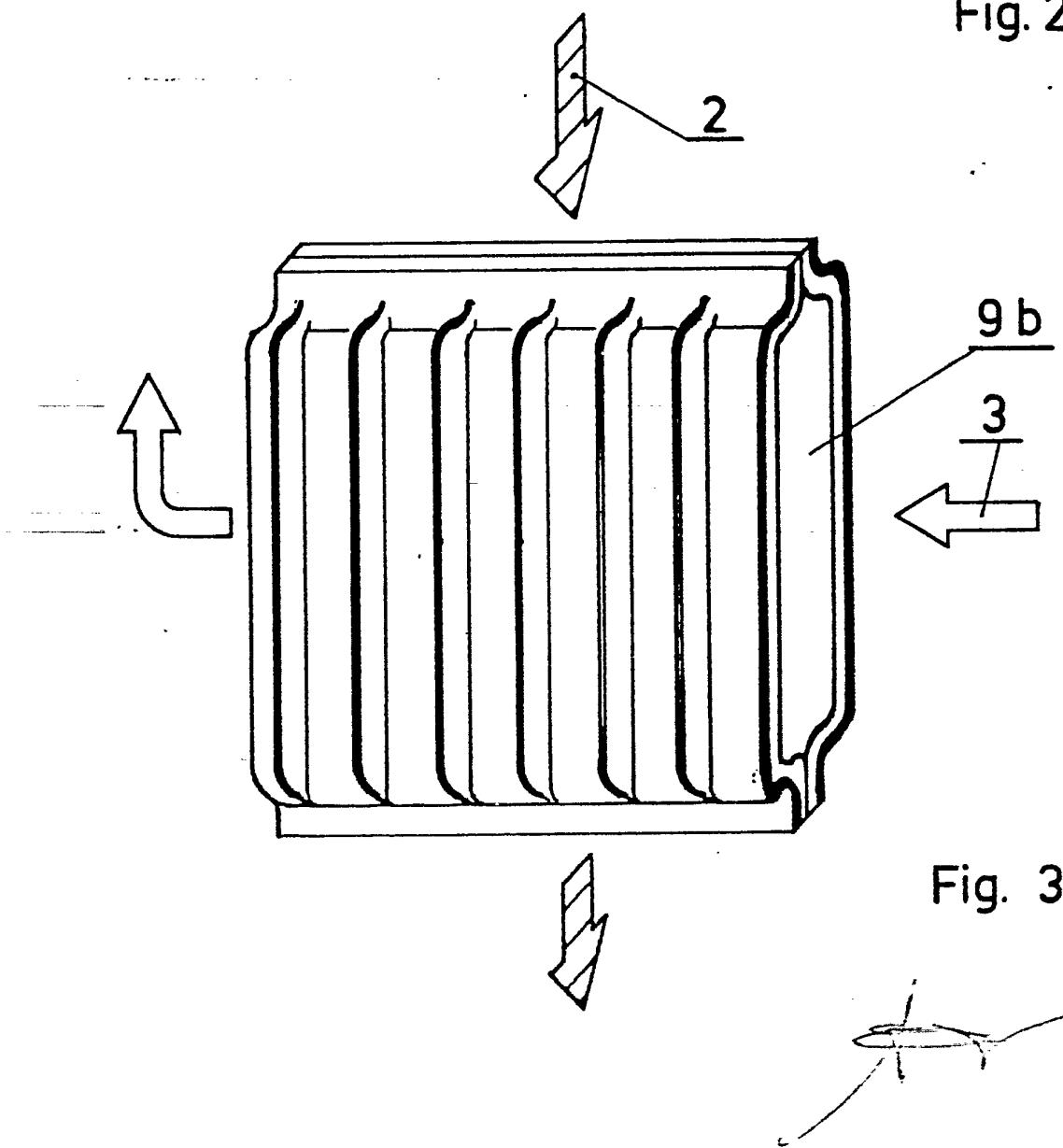


Fig. 3

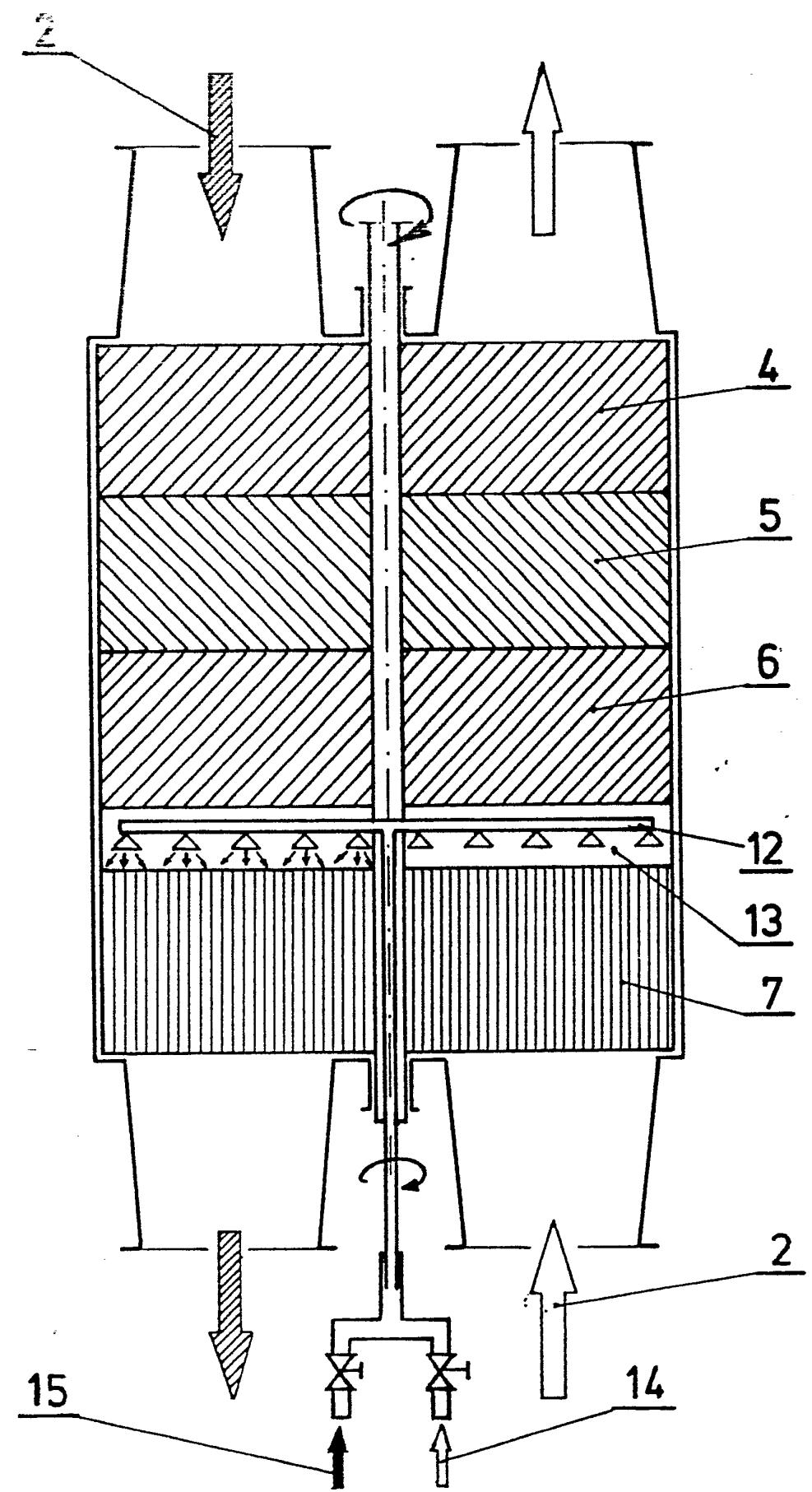
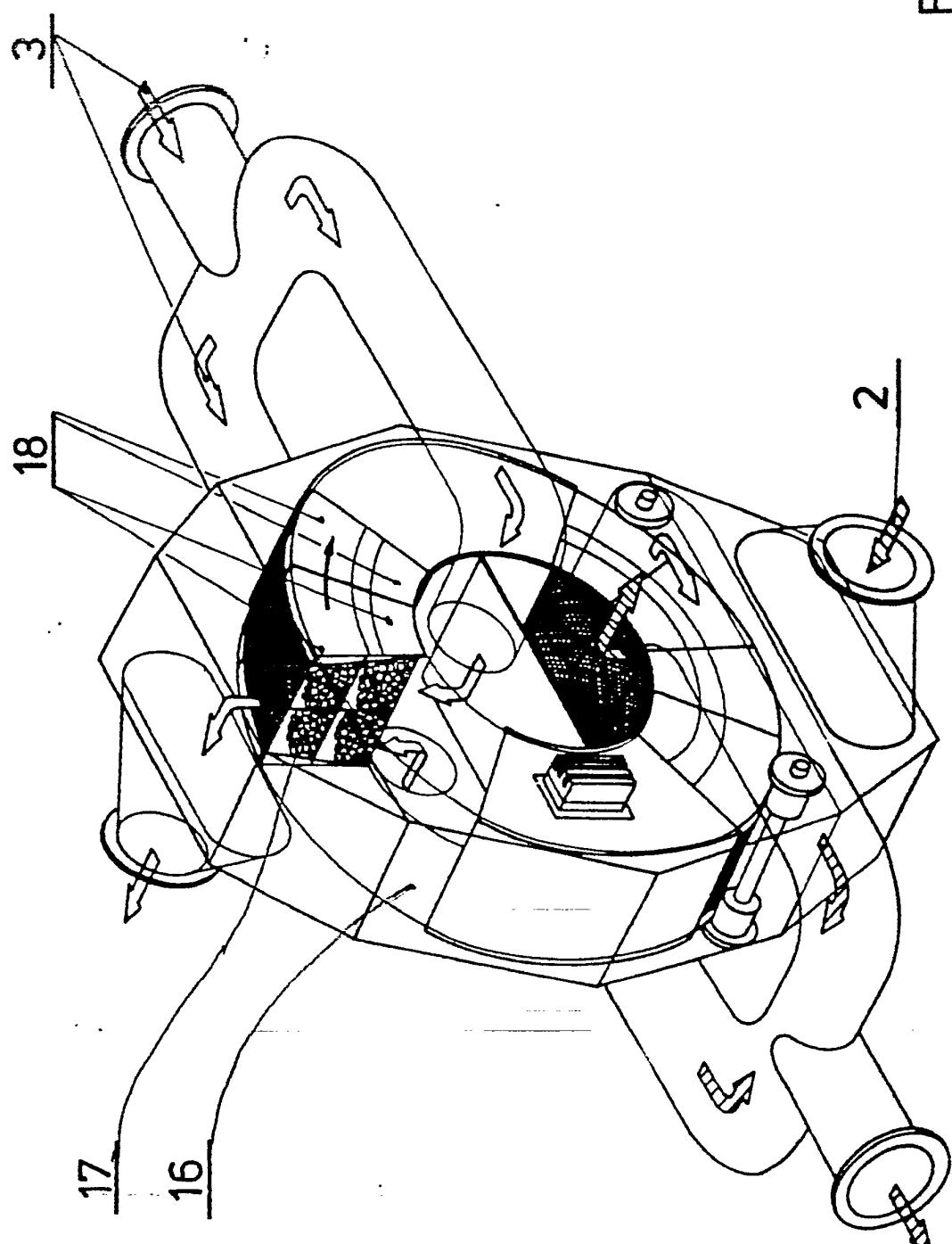


Fig. 4

Fig. 5



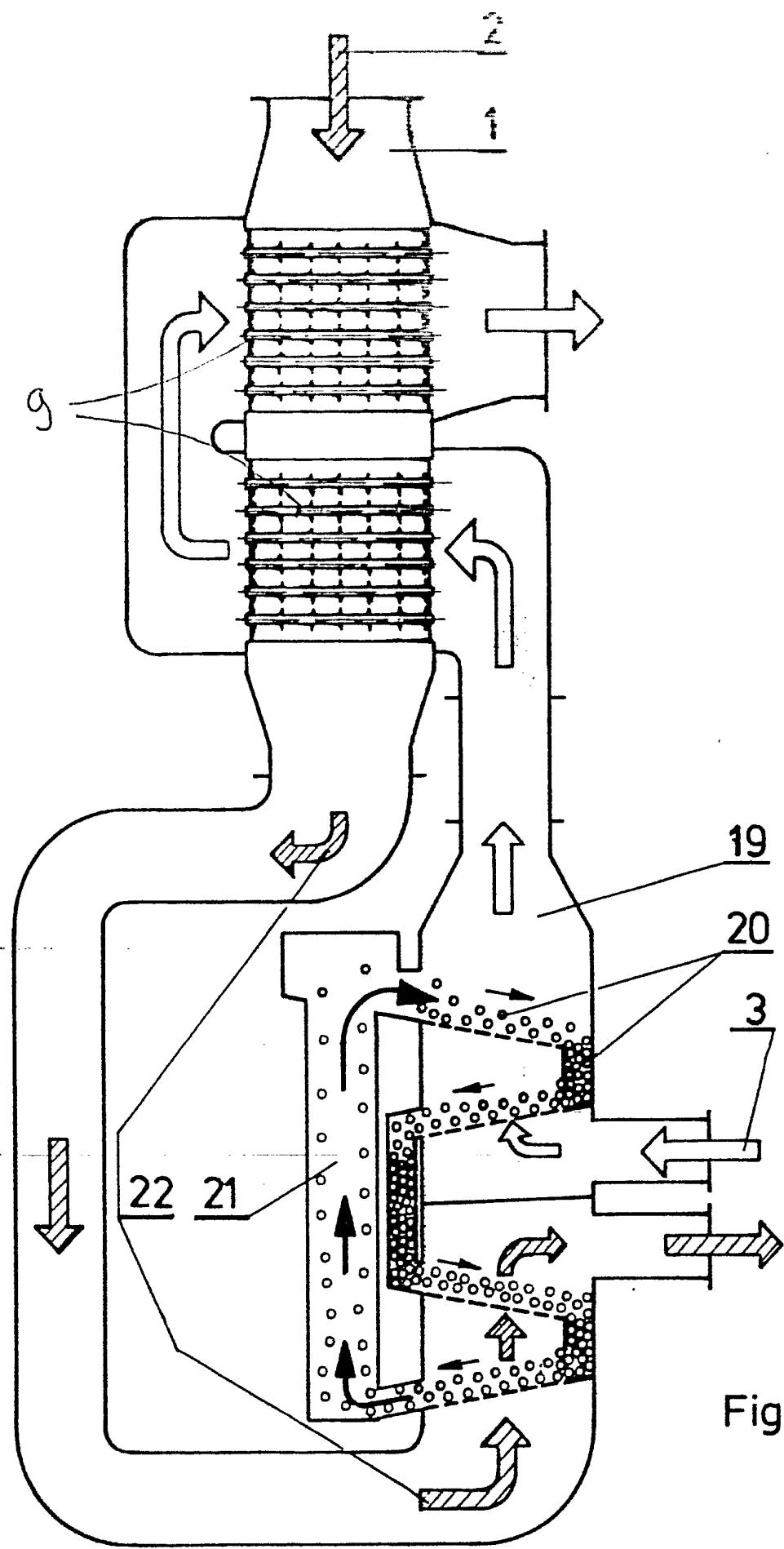


Fig. 6