

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° de publication : **2 562 084**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **84 05204**

⑤① Int Cl⁴ : C 10 K 1/00; F 02 B 43/08; F 02 M 21/02.

①⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 3 avril 1984.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 40 du 4 octobre 1985.

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *Société anonyme dite : ELF FRANCE.*
— FR.

⑦② Inventeur(s) : Olivier Beaumont.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : SNEA.

⑤④ Procédé d'épuration des gaz de gazogène.

⑤⑦ L'invention a pour objet un procédé d'épuration des gaz
de gazogène alimentant un moteur thermique.

Le procédé est caractérisé par la mise en œuvre de quatre
étapes :

- refroidissement et saturation des gaz par injection d'eau
au col d'un convergent-divergent;
- refroidissement et condensation dans une zone d'é-
change;
- captation des particules dans une zone constituée par un
venturi à forte perte de charge au col duquel on injecte de
l'eau;
- séparation des gouttes d'eau par un système du type
centrifuge.

Le procédé est particulièrement applicable au gazéifieur
alimentant un moteur embarqué.

FR 2 562 084 - A1

La présente invention a pour objet un procédé d'épuration des gaz de gazogène destiné à l'alimentation d'un moteur thermique embarqué.

5 Les bouleversements récents dans les prix des énergie ont suscité un regain d'intérêt pour la gazéification des combustibles solides d'origine minérale, forestière, agricole ou urbaine.

10 Les charbons, la tourbe, la lignite, le bois, la paille, la canne de provence, les ordures ménagères sont des exemples de ces produits très variés qui constituent des combustibles souvent bon marché mais difficiles à utiliser. En effet, leur présentation solide et leur faible densité rend leur manutention délicate et coûteuse. Leur taux de cendre élevé, leur humidité élevée et/ou variable en rendent la combustion difficile à mener.

15 La gazéification de tels combustibles permet de les transformer en un gaz lui-même combustible et d'un usage plus facile que le combustible d'origine : sa distribution est facile et sa combustion, plus rapide, n'engendre pas de déchets tels que les cendres. Ce gaz de gazéifieur peut alimenter des chaudières, des fours, des moteurs thermiques.

20 Lorsqu'il faut alimenter un moteur thermique par un gaz de gazéifieur il est auparavant nécessaire de lui appliquer un traitement d'épuration. En effet, le gaz quel que soit le combustible de départ contient, outre les espèces gazeuses, toute une gamme de polluants. On peut citer parmi ces polluants :

- les particules solides massives qui peuvent provoquer des dégradations sur le moteur thermique,
- 30 - les poussières de foyer, d'un diamètre beaucoup plus faible peuvent provoquer des colmatages,
- les produits organiques condensables qui se condensent partiellement lors du refroidissement du gaz. Ils provoquent des dépôts noirs, visqueux et collants, appelés "goudrons", qui peuvent entraîner des blocages d'organes
- 35 mécaniques et des obstructions de canalisations.
- les brouillards d'eau engendrés lors du refroidissement du gaz, qui participent à l'encrassement du moteur, et sont néfastes à la bonne combustion du gaz.

En outre, il faut préciser que le gaz est délivré par le gazéifieur à une température relativement élevée (200 à 800°C) incompatible avec l'utilisation directe dans le moteur, il est donc nécessaire de le refroidir au préalable.

Le traitement à appliquer au gaz de gazéifieur avant son utilisation comme combustible d'un moteur thermique doit donc remplir deux fonctions :

- une épuration destinée à éliminer les polluants ou tout au moins à limiter leur concentration à un niveau compatible avec le fonctionnement du moteur,
- un refroidissement du gaz l'amenant à un niveau de température de l'ordre de 60°C.

En outre, il faut observer qu'une installation de traitement de gaz embarquée à bord d'un véhicule doit à la fois être : peu encombrante, légère et autonome, c'est-à-dire ne pas nécessiter d'utilités telles que vapeur, puissance électrique, air comprimé etc...

De plus, dans le cas d'une installation de lavage on ne peut utiliser qu'une réserve d'eau réduite, indéfiniment recirculée. Cette obligation de recirculer l'eau est une contrainte considérable car l'eau étant rapidement chargée en poussière, toute tuyauterie ou passage de faible dimension serait rapidement colmaté.

Parmi les nombreux procédés d'épuration des gaz de gazéifieur on peut citer :

- le filtre à chicanes qui exploite l'inertie des particules et dont l'efficacité est limitée aux grosses particules,
- l'appareil de séparation centrifuge dont l'efficacité est limitée aux particules d'une taille supérieure à quelques microns
- les couches filtrantes (fer, liège, sable etc...), efficaces sur les particules moyennes
- les filtres à papier ou tissu en feutre. Ces derniers systèmes ont une bonne efficacité, mais présentent cependant l'inconvénient de se colmater et de devoir être remplacés fréquemment ce qui rend leur utilisation peu aisée.

Les techniques existantes ne conviennent donc pas sur une installation embarquée lorsque l'on souhaite une haute efficacité et que le gaz contient à la fois du goudron et des poussières.

5 La présente invention a pour but de pallier les inconvénients précédents en proposant un procédé de traitement des gaz de gazéifieur réalisant les deux fonctions : lavage et refroidissement réalisables sous une forme compacte, particulièrement adaptée aux installations em-
10 barquées. En outre, le procédé de l'invention permet d'éviter les problèmes dûs à l'encrassement des échangeurs par les goudrons.

La présente invention a pour objet un procédé de traitement des gaz de gazéifieur sur une installation em-
15 barquée caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- saturation du gaz de gazéifieur par de l'eau dans une zone constituée par un convergent - divergent vertical orienté de bas en haut
- 20 - refroidissement du gaz saturé et condensation de la vapeur d'eau dans une zone d'échange thermique de type pluritubulaire
- captation des particules dans une zone d'épuration constituée par un venturi à forte perte de charge
25 dans lequel on injecte de l'eau de lavage au voisinage du col,
- séparation des gouttes d'eau générées par le venturi dans une zone constituée par un système de type centrifuge, permettant ainsi d'obtenir, d'une part, un gaz
30 combustible épuré et d'autre part l'eau contenant les polluants qui décantent dans ladite zone permettant la recirculation de l'eau au niveau des zones de saturation et de captation.

La première étape du procédé consiste à traiter le
35 gaz produit par le gazogène dans une zone de saturation par de l'eau. Le gaz est introduit dans un convergent-divergent orienté vers le haut. Au niveau du col du système convergent-divergent, on injecte de l'eau à une quantité

comprise entre 0,3 et 5 litres d'eau par mètre cube de gaz à traiter.

L'eau introduite dans cette zone permet d'abaisser la température des gaz de 150-200°C à un niveau généralement compris entre 55 et 65°C (température de saturation adiabatique du fluide). En outre, la disposition verticale de la zone convergent-divergent fonctionnant contre la gravité, permet une auto-recirculation partielle de l'eau introduite et donc une augmentation de la pré-épuración par captation de particules solides.

Cette première étape présente l'intérêt de faire passer directement la température du gaz à un niveau inférieur à celui de la condensation des goudrons contenus dans ledit gaz, mais cela au sein d'un milieu fluide saturé, évitant ainsi les inconvénients dus à une condensation de ces goudrons sur une paroi sèche qui au niveau des échangeurs entraînerait rapidement un colmatage des tubulures.

La deuxième étape du procédé consiste à refroidir le gaz saturé et condenser la vapeur d'eau issue de la première étape dans une zone d'échange classique de type pluritubulaire par exemple, mais qui présente l'avantage, travaillant sur un gaz saturé, d'avoir des coefficients d'échange coté gaz traité nettement supérieurs aux coefficients d'échange d'une zone de type échangeur à gaz classique. Le coefficient d'échange est environ dix fois supérieur à celui de l'échangeur travaillant sur gaz sec. Cette étape peut être réalisée dans une zone dont la surface d'échange interne est relativement faible. Le fluide caloporteur de refroidissement est généralement l'air, mais pourrait éventuellement être l'eau notamment dans le cas d'un véhicule fluvial.

Cette deuxième étape, outre le refroidissement du gaz à une température comprise entre 45 et 55°C, et la condensation de l'eau contenue dans le fluide saturé, procure au gaz un temps de séjour de quelques secondes généralement compris entre 0,5 et 3 secondes qui permet aux polluants, goudrons et poussières, de croître et de s'agglomérer.

L'effluent issu de cette deuxième étape est envoyé dans une zone de captation des particules constituée par un venturi à forte perte de charge, cette zone constituant l'organe principal de l'épuration. On injecte au voisinage du col de ce venturi de l'eau à raison de 1 à 30 litres par mètre cube de gaz traité. La perte de charge de cette zone sera généralement comprise entre 6000 et 13000 Pascal, et de préférence entre 6000 et 10000 Pascal. Dans ces conditions on réalise dans la zone la captation par les gouttes d'eau, des goudrons et des particules solides même celles d'une taille inférieure au micron.

Le mélange fluide gaz-gouttes d'eau en suspension est, dans une quatrième étape, envoyé dans une zone de séparation de type centrifuge, permettant de récupérer l'eau de lavage. Cette zone de séparation pourra être constituée d'un aubage centrifuge et/ou un séparateur cyclone.

Le procédé devant être mis en oeuvre en continu puisqu'il s'agit d'une installation embarquée, l'eau de lavage est récupérée dans un réservoir qui peut avantageusement être constitué par le fond de la zone de séparation et recyclée aux niveaux de la zone de saturation et de la zone de captation après séparation des polluants.

La mise en oeuvre satisfaisante du procédé implique que l'organe principal d'épuration, c'est-à-dire la zone constituée par le venturi à forte perte de charge, soit efficace et cela dans toutes les conditions.

Il est connu que la perte de charge d'un venturi et donc son efficacité dépendent du débit de gaz qui le traverse. Or il est évident que le débit de gaz appelé par le moteur thermique variera en fonction des besoins en puissance et cela dans un rapport minimum de 1 à 10. Il est donc nécessaire de réguler le venturi pour maintenir sa perte de charge à un niveau suffisant.

Cette régulation est assurée, et il s'agit là d'une autre caractéristique du procédé de l'invention, par un ajustement des débits d'eau injectés dans la zone de saturation et particulièrement dans la zone de captation.

5 La perte de charge dans la zone de captation sera maintenue au dessus d'un seuil de 6000 Pascal, nécessaire à une bonne captation des polluants en faisant varier le débit d'eau dans cette zone entre 5 et 40 litres par minute.

10 La régulation du débit d'eau s'effectue de manière classique en mesurant au moyen de capteurs par exemple de capteurs à membrane la perte de charge au niveau du convergent-divergent et à celui du venturi et en asservissant, en fonction de la perte de charge mesurée, le
10 débit d'eau injecté par tout moyen convenable, par exemple par action sur le moteur de la pompe à eau.

 Une autre caractéristique importante du procédé de l'invention réside en la mise en oeuvre de l'injection d'eau
20 par auto-pulvérisation consistant à injecter l'eau aux cols du convergent-divergent et du venturi de telle sorte que l'eau est pulvérisée par le courant de gaz qui circule à une vitesse comprise entre 2,5 et 45 m/s au niveau du col du convergent-divergent et à une vitesse comprise
25 entre 20 et 180 m/s et de préférence entre 40 et 180 m/s au niveau du col du venturi. Cette auto-pulvérisation est réalisée par une injection d'eau tangentielle au col du convergent-divergent et par une injection radiale au col du venturi.

30 Cette caractéristique du procédé est particulièrement avantageuse dans la mesure où elle permet de supprimer les pulvérisateurs, organes qui, dans un système de ce type, en raison de la présence des polluants solides et liquides, sont sujet à de fréquents bouchages.

35 Le procédé de l'invention sera mieux compris à la suite de la description d'un exemple d'installation mettant en oeuvre le procédé.

 La figure 1 décrit une coupe schématique d'une installation mettant en oeuvre le procédé de l'invention.

Les figures 2 et 3 illustrent des coupes selon AA' et BB' des cols respectivement du convergent-divergent (22) et du venturi (32).

L'installation comprend :

- 5 - une conduite (1) d'amenée du gaz du gázéifieur (non représenté) un saturateur (2) constitué d'un convergent (21) d'un col (22) et d'un divergent (23) disposé verticalement. Le saturateur (2) est en outre équipé d'un système d'injection d'eau (10) disposé au niveau du col (22). Ce système est alimenté en eau par un circuit composé d'un réservoir (5), d'une canalisation (13), d'une pompe à eau (8), d'une conduite (14) sur laquelle est disposé un filtre à eau (9) et d'une conduite (17) équipée d'une vanne (15) et d'un organe de régulation du débit (16).
- 15 - Un échangeur (3) de type pluritubulaire composé de tubes (24) équipés d'ailettes externes (25)
- un venturi (4) constitué d'un convergent (31), d'un col (32) et d'un divergent (33). Ce venturi comporte en outre un système d'injection d'eau (11) alimenté par un circuit constitué du réservoir (5), de la canalisation (13), de la pompe à eau (8), de la canalisation (14), du filtre à eau (9) et d'une canalisation (18) équipée d'une vanne (15') et d'un organe de régulation (16')
- 20 - un organe séparateur (5), constituant le réservoir d'eau, composé d'un récupérateur centrifuge (6) de gouttes comportant des aubages (41) et d'un récupérateur de gouttes (7) de type cyclonique; cet organe séparateur est doté d'une conduite (12) de sortie des gaz de gazéifieur purifiés.
- 25
- 30

Le fonctionnement de cette installation est le suivant :

Les gaz de gazéifieur sont introduits dans l'installation par la conduite (1) à une température généralement comprise entre 150 et 200°C, puis passent dans le saturateur (2) où on injecte de l'eau par le système (10) qui engendre une auto-pulvérisation de l'eau et un abaissement de la température du milieu à 55°C environ.

Il y a au niveau de ce saturateur captation de certaines particules solides réalisant une préépuration. La perte de charge au niveau du saturateur est généralement comprise entre 1500 et 2500 Pascal. Le gaz saturé passe ensuite dans l'échangeur pluritubulaire (3), où la température s'abaisse encore, grâce à l'action de l'aire, fluide réfrigérant, à une température de l'ordre de 50°C et où se produit une condensation de gouttes d'eau sur lesquelles les particules polluantes viennent s'agglomérer. A la sortie de cet échangeur le courant gazeux traverse le venturi (4) à forte perte de charge (8000 Pascal) perte de charge dont on maintient le niveau, en cas de baisse de la demande en gaz du moteur, par une augmentation du débit d'eau au niveau de saturateur et plus particulièrement à celui du venturi. Les fines particules de polluants sont captées par les gouttes d'eau lors du passage dans le venturi (4).

Le courant gazeux issu du venturi (4) est introduit dans le séparateur (5) où par effet centrifuge grâce successivement aux aubages (6) du récupérateur centrifuge et à un dispositif cyclonique on récupère la fraction liquide contenant les polluants, le courant gazeux purifié étant extrait par la conduite (12). L'eau qui sert au lavage est ainsi recyclée après séparation des polluants par décantation et grâce au filtre (9), au moyen de la pompe (8), Le débit d'eau permettant le fonctionnement optimal de l'installation étant régulé grâce aux organes (16) et (16').

la figure 2 illustre la disposition de l'injection d'eau tangentielle par la canalisation (10) au niveau du col du convergent-divergent (22).

La figure 3 illustre la disposition de l'injection d'eau radiale par la canalisation (11) au niveau du col du venturi (32).

REVENDEICATIONS

- 1 - Procédé de traitement de gaz de gazéifieur en vue de son utilisation dans un moteur thermique caractérisé en ce que : dans une première étape on fait passer le-dit gaz dans une zone de saturation constituée par un convergent-divergent au col duquel on injecte de l'eau assurant ainsi la saturation du gaz, dans une deuxième étape on refroidit l'effluent gazeux de la première étape par échange dans une zone de type échangeur tubulaire, ce refroidissement s'accompagnant d'une condensation, dans une troisième étape on fait passer l'effluent gazeux de l'étape précédente dans un venturi à forte perte de charge dans lequel on injecte, au voisinage du col, de l'eau de lavage, dans une quatrième étape on soumet l'effluent de la troisième étape à un traitement de fractionnement de type centrifuge dans lequel on recueille d'une part une fraction liquide contenant les polluants solides et liquides présents initialement dans le gaz et une fraction gazeuse purifiée qui peut être utilisée dans le moteur thermique.
- 2 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la perte de charge du convergent-divergent constituant le saturateur de la première étape est comprise entre 1500 et 3000 Pascal, et la perte de charge du venturi est comprise entre 4000 et 15000 Pascal.
- 3 - Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que la perte de charge du venturi est comprise entre 6000 et 13000 Pascal.
- 4 - Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que les pertes de charge sont régulées en fonction du débit de gaz de gazogène par action sur le débit d'eau de lavage injecté.
- 5 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que l'injection d'eau au col du convergent-divergent de la zone de saturation et au col du venturi à forte perte de charge est réalisée par auto-pulvérisation de l'eau par le gaz à traiter.

- 6 - Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'injection d'eau au col du convergent-divergent est réalisée tangentielle et que l'injection d'eau au col du venturi est réalisée radialement.
- 5 7 - Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que la vitesse du gaz à traiter est, au col du convergent-divergent comprise entre 2,5 et 45 m/s et, au col du venturi comprise entre 20 et 175 m/s.
- 10 8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que les injections d'eau aux niveaux de la zone de saturation et du venturi sont réalisées en utilisant par recyclage l'eau recueillie dans la zone de séparation après lui avoir fait subir une épuration.
- 15 9 - Installation de traitement de gaz de gazéifieur en vue de son utilisation dans un moteur thermique caractérisée en ce qu'elle comprend :
- une conduite (1) d'amenée du gaz du gazéifieur, un saturateur (2) constitué d'un convergent (21), d'un col (22) et d'un divergent (23) disposé verticalement ledit saturateur (2) étant en outre équipé d'un système d'injection d'eau (10) disposé au niveau du col (22), qui est alimenté en eau par un circuit composé d'un réservoir (5), d'une canalisation (13), d'une pompe à eau (8), d'une conduite sur laquelle
 - 20 (14) est disposé un filtre à eau (9) et d'une conduite (17) équipée d'une vanne (15) et d'un organe de régulation du débit (16),
 - un échangeur (3) de type pluritubulaire composé de tubes (24) équipés d'ailettes externes (25)
 - 30 - un venturi (4) constitué d'un convergent (31), d'un col (32) et d'un divergent (33), ledit venturi comportant en outre un système d'injection d'eau (11) alimenté par un circuit constitué du réservoir (5), de la canalisation (13), de la pompe à eau (8), de la canalisation (14), du filtre à eau (9) et d'une
 - 35 canalisation (18) équipée d'une vanne (15') et d'un organe de régulation (16'),

5 - un organe séparateur (5), constituant le réservoir d'eau, composé d'un récupérateur centrifuge (6) de gouttes comportant des aubages (41) et d'un récupérateur de gouttes (7) de type cyclonique, cet organe séparateur étant doté d'une conduite (12) de sortie des gaz de gazéifieur purifiés.

10 - Installation selon la revendication 9 caractérisée en ce que la conduite d'alimentation constituant le système (10) est disposée de telle sorte qu'elle débouche dans le saturateur (2) tangentiellement au cylindre défini par le col (22).

11 - Installation selon la revendication 9 caractérisée en ce que le système d'injection (11) est disposé de telle sorte qu'il débouche dans le venturi (4) radialement au cylindre défini par le col (32).

20

25

30

35

1/1

Fig:1

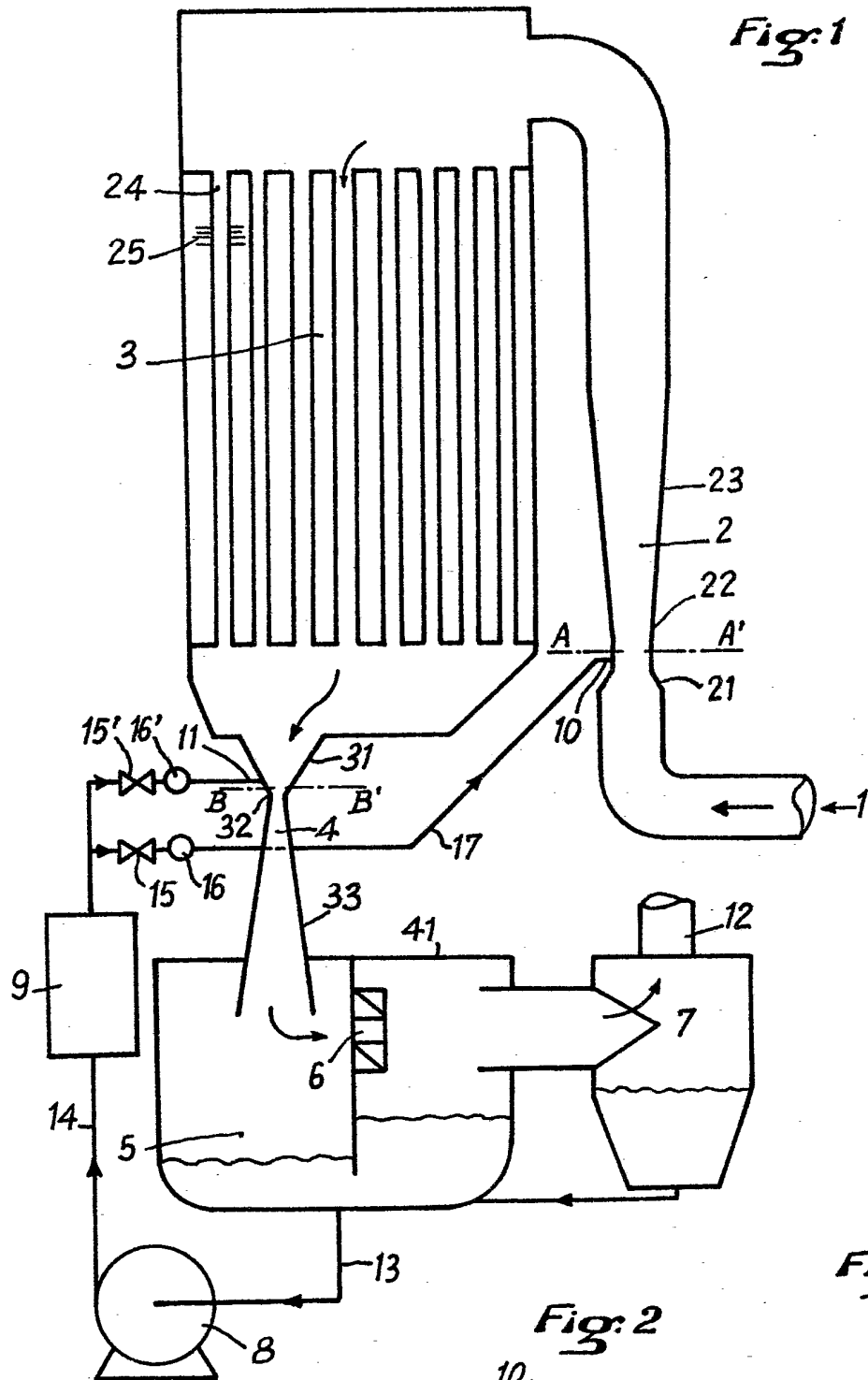


Fig: 2

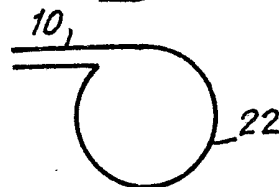


Fig. 3

