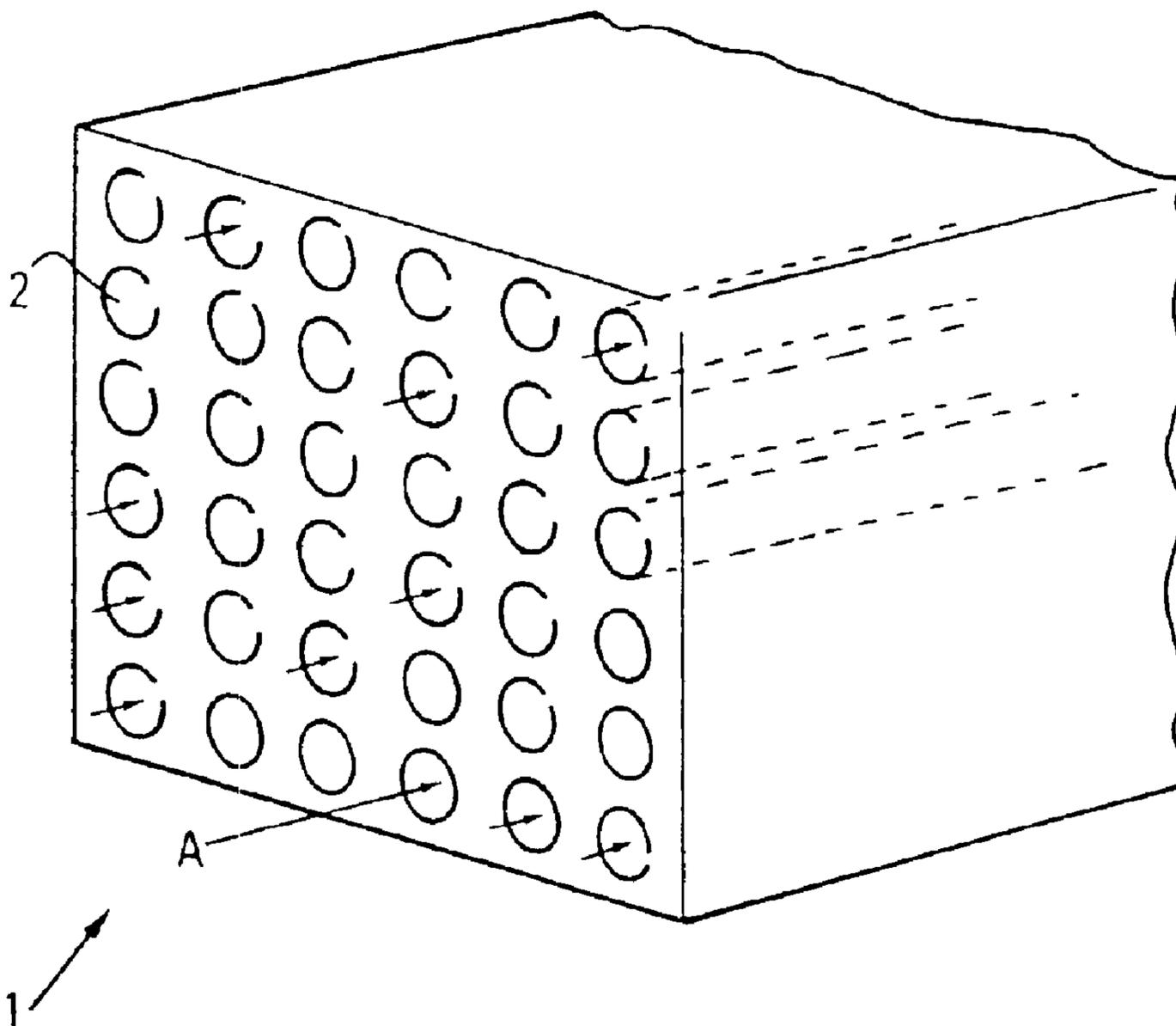




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1998/10/08
 (41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1999/04/22
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2008/12/23
 (62) Demande originale/Original Application: 2 274 930
 (30) Priorité/Priority: 1997/10/13 (FR97/12867)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B01D 46/02* (2006.01),
B01D 46/04 (2006.01)
 (72) Inventeur/Inventor:
DULLIEN, FRANCIS A.L., CA
 (73) Propriétaires/Owners:
DULLIEN INC., CA;
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR
 (74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCÉDE POUR SEPARER DES PARTICULES D'UN EFFLUENT GAZEUX
 (54) Title: PROCESS FOR SEPARATING PARTICULATES FROM AN EFFLUENT GAS



(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention vise un procédé pour séparer des particules d'un effluent gazeux les contenant, comprenant l'étape de faire passer lesdits effluents gazeux à travers au moins un passage droit, complètement libre, non obturé, ouvert à ses deux extrémités,

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

dans une direction donnée dans une enveloppe dans laquelle il n'y a pas d'écoulement direct et qui communique avec l'effluent gazeux. Le procédé comprend aussi l'étape de disposer une pluralité de surfaces transversalement à la direction de l'écoulement de l'effluent gazeux, lesdites surfaces s'étendant depuis les passages et étant mutuellement espacés de façon à définir lesdites sous-régions interconnectées formant ensemble la région non turbulente communiquant librement avec lesdits passages, chaque sous-région occupant substantiellement tout l'espace entre lesdites surfaces- adjacentes de telle sorte que les courants turbulents de l'effluent gazeux entrent dans lesdits espaces entre les surfaces puis décroissent dans lesdites sous-régions.

ABRÉGÉ

La présente invention vise un procédé pour séparer des particules d'un effluent gazeux les contenant, comprenant l'étape de faire passer lesdits effluents gazeux à travers au moins un passage droit, complètement libre, non obturé, ouvert à ses deux extrémités, dans une direction donnée dans une enveloppe dans laquelle il n'y a pas d'écoulement direct et qui communique avec l'effluent gazeux. Le procédé comprend aussi l'étape de disposer une pluralité de surfaces transversalement à la direction de l'écoulement de l'effluent gazeux, lesdites surfaces s'étendant depuis les passages et étant mutuellement espacés de façon à définir lesdites sous-régions interconnectées formant ensemble la région non turbulente communiquant librement avec lesdits passages, chaque sous-région occupant substantiellement tout l'espace entre lesdites surfaces-adjacentes de telle sorte que les courants turbulents de l'effluent gazeux entrent dans lesdits espaces entre les surfaces puis décroissent dans lesdites sous-régions.

PROCÉDÉ POUR SÉPARER DES PARTICULES D'UN EFFLUENT GAZEUX

La présente invention concerne le domaine des séparateurs et plus spécifiquement des moyens destinés à séparer des gouttelettes ou des particules d'un courant gazeux, dont la taille est inférieure ou de l'ordre d'un micromètre.

De nombreuses méthodes et dispositifs ont déjà été divulgués à cet effet.

10

Le brevet US 5 626 651 décrit un procédé et un système de ce type selon lequel le courant gazeux turbulent s'écoule au-dessus d'une série de plaques définissant des zones non turbulentes dans lesquelles les particules sont capturées. Plus précisément les plaques sont parallèles entre elles et verticales. Un moyen de filtration constitué de fibres peut en outre être prévu entre lesdites plaques afin d'améliorer la filtration notamment des particules les plus fines.

20

La demande de brevet internationale WO 95/28217 décrit un dispositif qui repose sur le même fondement mais selon lequel les plaques sont munies de fentes ou bien sont remplacées par des grilles. Des carcasses grillagées enserrant un matelas fibreux sont en outre utilisées dans cet art antérieur.

30

Par ailleurs la demande de brevet WO 97/00102 concerne un séparateur placé à l'échappement de moteurs diesel afin de recueillir les particules contenues dans les gaz d'échappement. Une structure en nid d'abeille percée de canaux perpendiculaires à l'ouverture des cellules en nid d'abeille est préférentiellement prévue. La porosité d'une telle structure est de l'ordre de 70%. Cependant ce dispositif ne peut être utilisé pour des brouillards car les gouttelettes capturées dans les cellules ne peuvent être éliminées par drainage.

On connaît aussi la demande de brevet internationale publié le 26 octobre 1995 sous le no. WO 95/28217, concernant un séparateur ayant un ou plusieurs canaux d'écoulement verticaux latéralement délimités par des éléments plissés fibreux. Un agglomérateur est en outre nécessairement placé en amont du séparateur afin d'avoir des particules de plus grosses taille susceptibles d'être séparées au niveau du séparateur. Ceci est donc relativement coûteux et implique des pertes de pression non négligeables.

10 Ces moyens connus ne permettent cependant pas de capturer et d'éliminer efficacement des particules et/ou gouttelettes de taille inférieure à environ un micromètre: dans le brevet US 5 626 651, les particules captées s'accumulent sur les parois puis tombent par gravité au fond du dispositif. Des moyens destinés à secouer les parois sont souvent nécessaires pour faire tomber les particules accumulées sur les parois. Ce dispositif pose problème lorsqu'il s'agit de séparer des particules très fines, de taille inférieure au micromètre. Dans ce cas en effet, la hauteur du canal d'écoulement doit être très petite donc la hauteur des plaques très grande de sorte que l'équipement est très encombrant pour une section d'écoulement très faible. Le même problème existe dans le dispositif selon le document WO 95/28217.

20

Dans la demande de brevet WO 97/00102, les particules capturées sont oxydées.

La présente invention prévoit de résoudre le problème de l'élimination des particules et/ou des gouttelettes d'une façon originale et inattendue, telle qu'expliquée ci-après.

30 De façon avantageuse, la présente invention évite toute perte de charge due à un encrassement d'une zone du dispositif; la chute de pression reste constante tout au long de la vie du séparateur selon l'invention.

Par ailleurs, la présente invention permet d'obtenir un très fort taux de séparation grâce à un équipement de petite taille, ayant une faible perte de pression et un fonctionnement continu.

Ainsi la présente invention vise un séparateur de type spongieux destiné à traiter des effluents gazeux contenant des particules liquides ou solides de taille sensiblement inférieure à un micromètre, voire de l'ordre du micromètre.

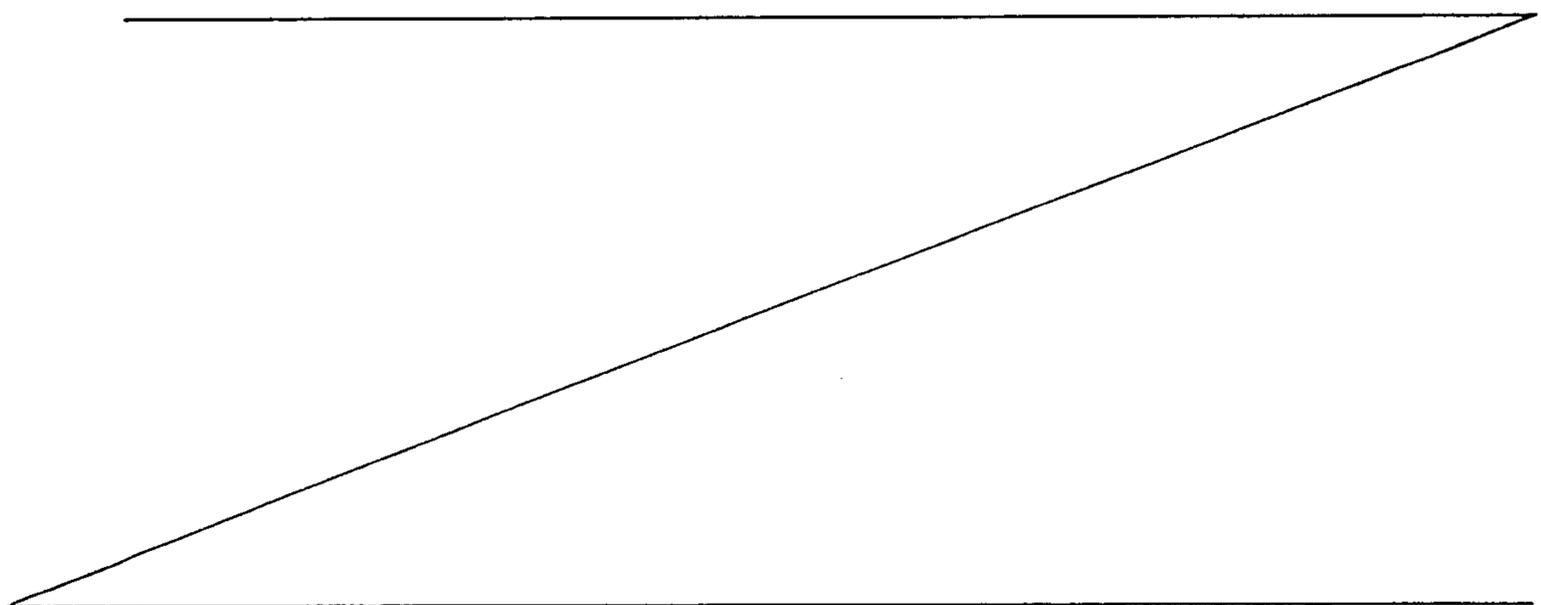
10 Selon l'invention, le séparateur est formé d'une mousse réticulée percée de canaux destinés à l'écoulement en état turbulent des effluents gazeux, lesdits canaux étant tels que les effluents gazeux traversent ladite mousse d'une extrémité à l'autre des canaux.

De façon spécifique, la porosité de ladite mousse est comprise entre 90 % et 98 %, de préférence autour de 97%.

En outre, la taille des cellules formant ladite mousse est comprise entre environ 0,5 mm et environ 5 mm.

20

De façon particulière, le diamètre des filaments formant ladite mousse est compris entre 50 μm et 1000 μm .



Conformément à l'invention, le diamètre des canaux transperçant ladite mousse est compris entre 3 et 100 mm.

Selon un aspect de l'invention, ladite mousse est constituée d'un polyuréthane réticulé.

5 Conformément à un autre mode de réalisation de l'invention, ladite mousse réticulée est constituée d'un carbone vitreux. ; ladite mousse peut aussi être constituée d'un métal tel que l'aluminium, le nickel ou le plomb.

10 Selon une utilisation préférée de l'invention, le séparateur peut être utilisé pour éliminer les gouttelettes de liquide tel que les gouttelettes d'huile contenues initialement dans des brouillards ; ladite mousse assure alors un drainage régulier des gouttelettes capturées.

Conformément à un autre mode de réalisation de l'invention, le dispositif peut être utilisé pour séparer des particules solides en suspension dans un gaz.

15 Le dispositif peut comprendre en outre un moyen pour secouer ladite mousse afin de faire tomber les particules retenues à l'intérieur de cette mousse.

20 En d'autres termes, la présente invention concerne un appareil destiné à séparer des particules contenues dans un effluent gazeux, comprenant une enveloppe ayant une entrée et une sortie, au moins un passage droit, complètement libre, non obturé ouvert à ses deux extrémités destiné à laisser passer ledit effluent gazeux en état turbulent de l'entrée vers la sortie, un matériau en mousse réticulée qui définit les parois desdits passages et remplit tout l'espace entre lesdits passages, ledit matériau en
25 mousse étant constitué de fils qui forment des pores ou cellules interconnectées qui communiquent librement avec lesdits passages afin de

créer des zones stagnantes non turbulentes qui s'étendent à partir desdits passages.

Selon l'invention, lesdites particules sont capturées et déposées sur les surfaces de fils formant le matériau en mousse réticulée, lesdits fils étant mutuellement espacés de telle façon que les cellules qu'ils définissent permettent au courant turbulent d'entrer sur une distance de quelques cellules (à partir desdits passages), et empêchent un courant gazeux direct de l'entrée vers la sortie, les cellules forçant les turbulences à décroître dans les zones non turbulentes occupant substantiellement tout l'espace entre les passages.

Selon une caractéristique, lesdits passages sont tous de même dimensions.

De façon plus spécifique, les passages présentent un diamètre compris entre environ 10 cm et environ 200 cm.

Avantageusement, les fils adjacents sont espacés les uns des autres d'une distance d'environ 0,5 mm à environ 5 mm dans chaque direction de l'espace, les fils périphériques et les espaces entre lesdits fils définissant les parois desdits passages; les particules sont déposées sur les surfaces des fils par impact inertiel et par des phénomènes de diffusion Brownienne.

Par ailleurs, lesdits fils présentent un diamètre compris entre environ 50 μm et environ 1000 μm et en ce que la mousse réticulée présente une porosité comprise entre environ 90 et environ 98 %, préférentiellement d'environ 97 %.

En outre, ladite mousse réticulée est constituée d'un polyuréthane ou d'un polyuréthane recouvert de PVC.

Selon une autre possibilité, ladite mousse réticulée est constituée d'un carbone vitreux.

Conformément à l'invention, ladite mousse réticulée est constituée d'un métal tel que l'aluminium, le nickel ou le plomb.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, ladite mousse réticulée est constituée d'un matériau céramique.

10 Conformément à encore un autre mode de réalisation de l'invention, lesdits passages sont réalisés par assemblage de feuilles de mousse réticulée qui forment des canaux de section carrée ou rectangulaire.

De façon particulière, lesdits passages sont orientés horizontalement, et l'appareil permet d'éliminer des gouttelettes de liquide telles que des gouttelettes contenues dans un brouillard d'huile ou d'eau, le liquide formé après déposition des gouttelettes étant drainé par ladite mousse et étant continuellement déchargé de l'enveloppe dans des moyens appropriés disposés au bas de ladite enceinte.

20 Les passages pour l'effluent gazeux peuvent être orientés horizontalement ou verticalement et les particules sont séparées de l'effluent gazeux.

La présente invention vise aussi un procédé pour séparer des particules d'un effluent gazeux les contenant, comprenant les étapes suivantes:

- faire passer ledit effluent gazeux en état turbulent à travers au moins un canal droit, complètement libre, non obturé, ouvert à ses deux extrémités, dans une direction donnée dans une enveloppe,
 - disposer une mousse réticulée qui entoure lesdits canaux et qui comprend une pluralité de régions non turbulentes mutuellement espacées, transversalement à la direction de l'écoulement de l'effluent gazeux, lesdites
- 30 régions communiquant librement avec lesdits canaux,

- à transporter les particules par les courants gazeux de l'effluent gazeux à l'intérieur desdites régions, et
- à piégées et à déposer mécaniquement lesdites particules sur les surfaces des régions non turbulentes.

De préférence, de façon plus détaillée, lesdites sous-régions stagnantes et non turbulentes sont constituées par les cellules formées par des fils adjacents d'une mousse réticulée qui entoure lesdits passages, les particules sont transportées par les courants gazeux de l'effluent gazeux à l'intérieur des cellules entre les fils et sont déposées sur les surfaces des fils par impact inertiel et par des mécanismes de diffusion Brownienne.

De préférence, l'invention vise les particules présentant un diamètre compris entre environ 0,01 μm et environ 100 μm et en ce que l'effluent gazeux présente une vitesse dans les passages comprise entre environ 3 et environ 20 m/s.

Selon une particularité de l'invention, lesdits passages sont réalisés par perforation ou par forage de trous à travers des feuilles ou des blocs d'un matériau en mousse réticulée.

De préférence, en outre, l'on secoue ou l'on fait vibrer périodiquement ladite enveloppe de façon à faire tomber la poussière déposée sur lesdits fils de la

mousse dans des moyens appropriés disposés au-dessous de la mousse réticulée.

D'autres avantages, caractéristiques et améliorations selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui va suivre, faite à titre
5 illustratif et nullement limitatif en référence aux figures annexées selon lesquelles :

- La figure 1 est une perspective d'une partie d'un séparateur selon l'invention;
- La figure 2 est une coupe longitudinale schématique d'un mode de
10 réalisation de l'invention; et
- La figure 3 est une perspective simplifiée d'un autre mode de réalisation de l'invention.

La figure 1 montre un bloc réalisé en un matériau spongieux 1 selon l'invention. Le matériau peut avantageusement être une mousse réticulée de
15 polyuréthane, ou de polyuréthane recouvert de PVC, une mousse réticulée de carbone vitreux ou encore une mousse réticulée d'un métal tel que l'aluminium, le nickel ou le plomb. Une mousse réticulée d'un matériau céramique peut aussi être utilisée sans sortir du cadre de l'invention.

Les matériaux visés par l'invention sont constitués de petites cellules
20 par exemple dodécaédriques formés de fils, filaments ou ligaments fins entremêlés. La porosité est couramment comprise entre 90 et 98 %. La taille des cellules varie entre environ 0,5 mm et environ 5 mm et le diamètre des fils est compris entre 50 μm et 1000 μm . Un diamètre de fils compris entre 50 et 100 μm peut parfois être préféré.

Par ailleurs, des canaux 2, préférentiellement parallèles entre eux, sont percés ou forés dans le matériau spongieux 1. Ces canaux permettent l'écoulement du fluide selon les flèches A de la figure 1. Les canaux 2 présentent ici un diamètre compris entre 3 et 100 mm. La distance entre deux canaux peut être comprise entre environ 2 mm jusqu'à environ 20 mm.

La section transversale occupée par les canaux d'écoulement 2 représente entre 30 et 70 % de la section transversale totale de ladite mousse.

La section des canaux est préférentiellement circulaire, comme illustré sur la figure 1. Cependant les sections des canaux peuvent présenter une autre forme sans sortir du cadre de l'invention.

La disposition générale des canaux peut être telle qu'un réseau quadrillé de canaux parallèles est formé. Cependant un réseau de canaux ordonnés différemment peut être envisagé sans sortir du cadre de l'invention.

A titre illustratif, un essai a été effectué sur la base d'un bloc en mousse réticulée de polyuréthane, percé de 63 canaux de circulation ayant chacun un diamètre d'environ 6 mm et une longueur de 18 cm ; la distance centre à centre des canaux est de 12 mm ; le taux de captation de particules d'environ 1,5 μm de diamètre est alors de 95 %. Le débit des effluents est d'environ 30 m^3/h et la perte de pression dans le dispositif est de l'ordre de 0,75 kPa. Cette perte de pression peut être plus faible encore en augmentant la longueur des canaux et leur diamètre d'un même facteur, tout en maintenant le même taux de captation.

Un autre exemple relatif à l'invention concerne la séparation d'un brouillard d'eau ayant des particules d'environ 30 μm de diamètre, dans un courant d'air. Une mousse réticulée de polyuréthane dont la taille des

cellules est d'environ 0,5 mm est utilisée. Cette mousse est percée de 162 canaux horizontaux circulaires d'environ 1 cm de diamètre (distance centre à centre de 1 cm), 34 cm de long. La vitesse de l'air dans les canaux est d'environ 7 m/s avec une chute de pression d'environ 0,3 Kpa. Un taux de captation d'environ 99,98 % a ainsi été obtenu.

Dans le domaine de la séparation des gouttelettes formant un brouillard, la présente invention présente l'avantage de drainer les gouttelettes qui forment ainsi un liquide qui s'écoule par gravité à travers le matériau spongieux réticulé.

Un exemple d'application est illustré par la figure 2 qui concerne un séparateur de brouillard visqueux en coupe longitudinale.

Un mélange de gaz et de brouillard huileux arrive selon la flèche B de la figure 2 dans une enceinte 10 qui contient le matériau spongieux.

Le mélange traverse l'ensemble des canaux 2 percés à travers le matériau spongieux et ressort de l'enceinte 10 selon la flèche C à l'autre extrémité des canaux 2. Le drainage obtenu selon l'invention permet à l'huile d'être collectée au fond de l'enceinte 10. Cette huile peut elle-même être évacuée et stockée dans un réservoir ou tout autre moyen spécifique tel que 3. Ainsi l'huile capturée par les fils formant le matériau spongieux s'écoule au fond du dispositif sensiblement au même débit qu'elle est absorbée.

En d'autres termes, le matériel spongieux est saturé de liquide sur une hauteur limitée, correspondant au taux d'absorption des fils du matériel spongieux, limitée par le débit d'évacuation prévu.

Une séparation relative à un brouillard huileux ayant des particules d'environ 1 μm de diamètre dans un courant d'air a été réalisée : une mousse réticulée de polyuréthane dont la taille des cellules est d'environ

0,5 mm est utilisée. Cette mousse est percée de 162 canaux horizontaux, d'environ 1 cm de diamètre (distance centre à centre 1 cm), de 68 cm de longueur. La vitesse de l'air dans les canaux est d'environ 10 m/s. Une chute de pression de l'ordre de 1,8 kPa est mesurée et un taux de captation de
5 96 % est ainsi réalisé.

Vis-à-vis des séparateurs constitués de matelas fibreux ou autres, la présente invention permet de se passer de carcasse ou autre élément de maintien du matelas, puisque le matériau spongieux selon l'invention est suffisamment rigide à l'origine pour être perforé par tout moyen connu en soi.
10 De plus une grande précision dans le forage peut être obtenue.

Le dispositif selon l'invention est adapté à la séparation de fumées d'effluents gazeux. Les dépôts se font alors sur les fils de la mousse réticulée, où ils forment une couche solide ou bitumineuse.

Les particules étant présentes dans de faibles concentrations, le
15 nettoyage et/ou le remplacement de la mousse est très peu fréquent.

En outre, sans sortir du cadre de l'invention, la mousse réticulée selon l'invention peut être lavée lorsqu'elle est sale, puis elle est remise en place une fois propre.

Le dispositif selon l'invention est en outre adapté à la séparation de
20 poussières industrielles. Dans ce cas, les canaux d'écoulement, seront préférentiellement orientés verticalement de sorte que la poussière déposée sur les fils peut en être dégagée en faisant vibrer le dispositif. Ainsi la poussière tombe par gravité dans les canaux dans lesquels l'écoulement est arrêté pendant le nettoyage.

25 Un autre exemple, concernant les fumées issues d'un catalyseur de FCC est donné : les particules ont un diamètre d'environ 6 μm . La mousse

est en céramique réticulé ayant des cellules d'environ 2 mm. 88 canaux circulaires soit horizontaux soit verticaux, ayant un diamètre d'environ 1,3 cm traversent de part en part ladite mousse. La distance centre à centre des canaux est d'environ 1,3 cm. Trois portions de mousse mesurant chacune environ 23 cm, sont disposées en série (longueur totale environ 70 cm). La vitesse de l'air dans les canaux est d'environ 7 m/s et une chute de pression d'environ 0,25 kPa a été mesurée. Un taux de captation d'environ 94 % a ainsi pu être obtenu selon cet exemple.

Sans sortir du cadre de l'invention, un dispositif tel que présenté schématiquement sur la figure 3 peut être prévu.

Le séparateur est ici constitué d'un assemblage de feuilles ou plaques 4 de mousse réticulée qui forment un quadrillage à travers lequel passent les effluents à traiter. Les plaques sont contenues dans une enveloppe 5.

Comme dans les précédents mode de réalisation de l'invention, les effluents à traiter arrivent selon la flèche B, traversent les canaux 2 de part en part puis ressortent selon la flèche C.

Selon un exemple d'application, les carrés du quadrillage ont un côté égal à 1,25 cm ; l'épaisseur des plaques de mousse est de l'ordre de 3 mm ; la mousse est une mousse de Nickel ayant 30 et 40 cellules (ou pores) par inch. La taille des cellules est de l'ordre de 0,75 mm avec des fils d'environ 50 μ m de diamètre.

Le quadrillage peut aussi être constitué de rectangles ou autres formes géométriques obtenues à partir d'un enchevêtrement de plaques 4 en mousse réticulée.

La longueur des canaux est selon cet exemple de 18 cm ; la hauteur du séparateur est de 11,5 cm et sa longueur (vue de face) de 49,5 cm. La figure 3 illustre globalement cette géométrie.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour séparer des particules d'un effluent gazeux les contenant, comprenant les étapes suivantes:

- faire passer ledit effluent gazeux en état turbulent à travers au moins un canal (2) droit, complètement libre, non obturé, ouvert à ses deux extrémités, dans une direction donnée dans une enveloppe (5; 10),
- disposer une mousse réticulée qui entoure lesdits canaux (2) et qui comprend une pluralité de régions non turbulentes mutuellement espacées, transversalement à la direction de l'écoulement de l'effluent gazeux, lesdites régions communiquant librement avec lesdits canaux (2),
- à transporter les particules par les courants gazeux de l'effluent gazeux à l'intérieur desdites régions, et
- à piégées et à déposer mécaniquement lesdites particules sur les surfaces des régions non turbulentes.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites régions non turbulentes sont constituées par des cellules formées par des fils adjacents et en ce que les particules sont déposées sur les surfaces des fils par impact inertiel et par des mécanismes de diffusion Brownienne.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdites particules présentent un diamètre compris entre environ 0,01 μm et environ 100 μm et en ce que l'effluent gazeux présente une vitesse dans les canaux (2) comprise entre environ 3 et environ 20 m/s.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits canaux (2) sont réalisés par perforation ou par forage de trous à travers des feuilles ou des blocs d'un matériau en mousse.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on secoue ou l'on fait vibrer périodiquement ladite enveloppe (5; 10) de façon à faire tomber une poussière déposée sur lesdits fils de la mousse dans des moyens appropriés (3) disposés au-dessous de la mousse.

FIG.1

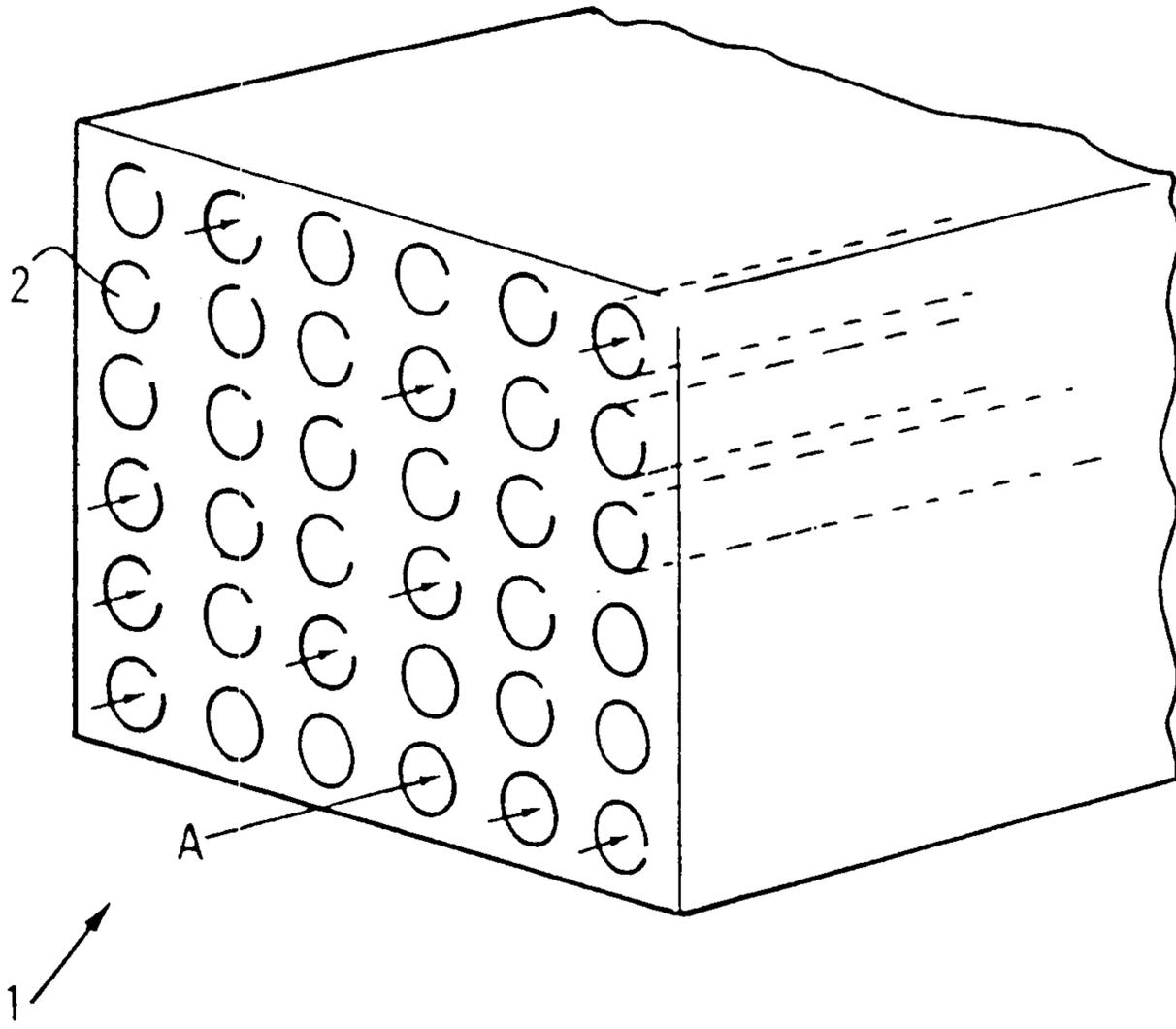
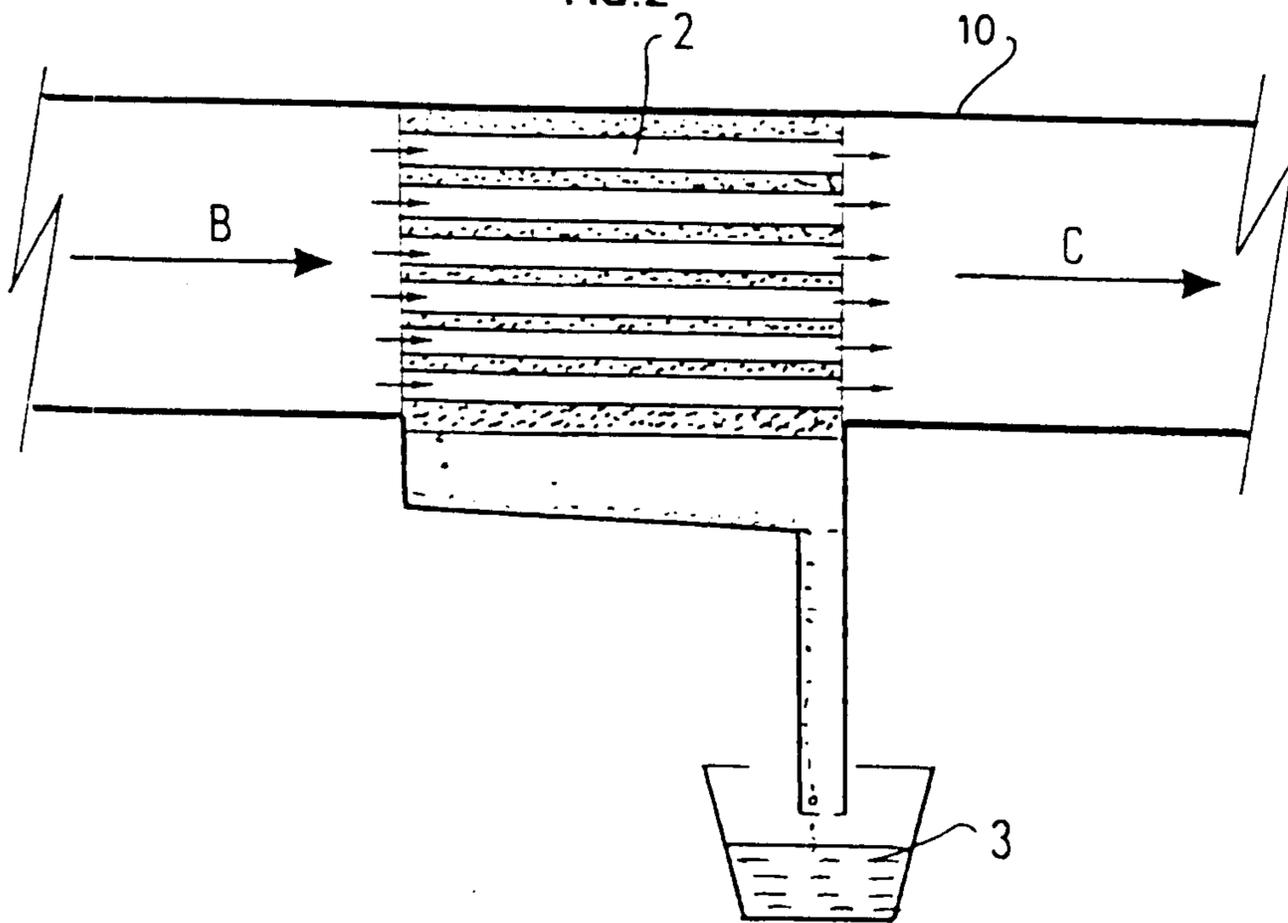


FIG.2



2/2

FIG.3

