(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 750 784 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
09.12.1998 Bulletin 1998/50

(21) Numéro de dépôt: **95912311.8**

(22) Date de dépôt: **14.03.1995**

(51) Int Cl.[6]: **G21F 9/02**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR95/00300

(87) Numéro de publication internationale:
WO 95/25332 (21.09.1995 Gazette 1995/40)

(54) **PROCEDE ET INSTALLATION D'EPURATION DE FUMEES ISSUES DE L'INCINERATION DE DECHETS FAIBLEMENT RADIOACTIFS**

VERFAHREN UND ANLAGE ZUR ABGASREINIGUNG ENTSTEHEND BEI VERBRENNUNG VON SCHWACHRADIOAKTIVEN ABFÄLLEN

METHOD AND PLANT FOR CLEANING LIGHTLY RADIOACTIVE WASTE INCINERATION GASES

(84) Etats contractants désignés:
BE DE FR GB IT

(30) Priorité: **14.03.1994 FR 9402924**

(43) Date de publication de la demande:
02.01.1997 Bulletin 1997/01

(73) Titulaire: **SERVICE PROTECTION ENVIRONNEMENT INGENIERIE ET CONSTRUCTION "SPEIC"**
89220 Bleneau (FR)

(72) Inventeurs:
- **YU, Dehui**
  F-92300 Levallois-Perret (FR)
- **TOUCHAIS, Dominique**
  F-78470 Saint-Rémy-les-Chevreuses (FR)

(74) Mandataire: **Schrimpf, Robert et al**
Cabinet Regimbeau
26, Avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(56) Documents cités:
DE-A- 3 639 289 **FR-A- 2 408 196**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 269 (P-888) 21 Juin 1989 & JP,A,01 061 698 (NGK INSULATORS LTD) 8 Mars 1989**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 750 784 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

L'invention concerne l'épuration de fumées issues de l'incinération de déchets faiblement radioactifs, notamment mais non exclusivement le traitement de fumées provenant d'un incinérateur à fusion et vitrification des déchets, tels que des déchets générés par l'industrie nucléaire, les hôpitaux ou les universités.

L'incinération de déchets faiblement radioactifs produit des fumées contenant de la vapeur d'eau, des polluants acides tels que des halogénures d'hydrogène, des particules solides dont certaines sont solubles, et des métaux lourds radioactifs, qu'il convient d'extraire des fumées avant le rejet de ces dernières dans l'atmosphère.

Un traitement connu des fumées consiste à les refroidir au moyen d'un récupérateur de chaleur à une température compatible avec leur passage dans un filtre apte à retenir les particules solides, et à traiter ensuite les fumées dépoussiérées dans une installation de lavage des gaz pour extraire les polluants acides et une partie des métaux lourds gazeux, avant le rejet des fumées dans l'atmosphère. Les fumées issues des incinérateurs à fusion et vitrification des déchets présentent une température élevée, pouvant atteindre 1250°C, et le récupérateur de chaleur doit être conçu spécialement et réalisé dans des matériaux résistant à la température et à la corrosion, donc coûteux. On a proposé pour pallier à cet inconvénient de refroidir les fumées par effet de dilution en injectant de l'air dans celles-ci, mais cette solution présente l'inconvénient d'augmenter la quantité des gaz à traiter. Par ailleurs, le refroidissement des fumées, avant l'envoi dans les filtres, provoque une adsorption des métaux lourds radioactifs sur les particules solides qui exigent alors, une fois extraites des fumées, des précautions particulières pour leur conditionnement et leur manutention. Les installations connues produisent ainsi un volume important de résidus solides radioactifs dont la manutention et le stockage sont coûteux. En outre, les particules solides ayant adsorbé les métaux lourds particulaires radioactifs contaminent toutes les installations situées en amont du filtre, tandis que les métaux lourds gazeux radioactifs contaminent les équipements de lavage des gaz, et ces installations constituent alors, en cas de remplacement, des sources de radioactivité exigeant des précautions particulières, lors de leur démontage, de leur transport et de leur élimination.

La publication FR-A-2 408 196 décrit un procédé de traitement de déchets qui comprend, entre autres étapes, une étape de refroidissement et de condensation de particules contenues dans ces fumées, les particules humides étant séparées par passage sur un tamis et les fumées étant ensuite réchauffées et filtrées.

La présente invention vise à réduire le coût du traitement des fumées, à augmenter les performances de celui-ci en minimisant la teneur résiduelle en polluants des fumées épurées, et elle y parvient grâce à une installation caractérisée en ce qu'elle comporte :

- un refroidisseur-condenseur apte à refroidir les fumées à une température inférieure à leur température de rosée, de manière à capter les métaux lourds radioactifs dans les condensats en même temps que les polluants acides et que des particules solides solubles contenues dans les fumées,
- un réchauffeur pour élever la température des fumées à leur sortie du refroidisseur-condenseur, de manière à éviter notamment le rejet d'effluent liquide par l'installation,
- un filtre pour récupérer les particules solides en aval du réchauffeur, avant le rejet des fumées épurées dans l'atmosphère,
- une unité de traitement des condensats, apte à précipiter les métaux lourds radioactifs pour récupérer un précipitat radioactif et une solution aqueuse, et
- une unité de cristallisation pour cristalliser des sels contenus dans ladite solution aqueuse et récupérer de l'eau à recycler dans l'installation.

Les particules solides véhiculées par les fumées sont ainsi récupérées par le filtre après que les fumées aient été débarrassées des métaux lourds radioactifs, de sorte que ces particules solides, non ou peu radioactives, n'exigent pas de précautions particulières pour leur manutention et peuvent être renvoyées vers l'incinérateur pour être fondues et vitrifiées. La cristallisation de sels de condensats neutralisés et traités permet de supprimer tout rejet liquide en produisant des sels susceptibles d'être valorisés industriellement et de l'eau à recycler dans le circuit des fumées. Les déchets ultimes résultant du traitement des fumées sont ainsi limités au précipitat, et la manutention et le stockage de ces déchets ultimes sont ainsi facilités par rapport aux installations connues qui produisent un plus grand volume de déchets. En outre, le nombre des équipements contaminés par les fumées est moindre que celui des installations connues car les métaux lourds radioactifs sont éliminés dans le refroidisseur-condenseur, c'est-à-dire le premier maillon du traitement.

L'invention a ainsi pour objet un procédé d'épuration de fumées issues d'un incinérateur de déchets faiblement radioactifs, ces fumées contenant de la vapeur d'eau, des polluants acides, des particules solides et des métaux lourds radioactifs, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes consistant à refroidir les fumées dans un refroidisseur-condenseur en dessous de leur point de rosée pour capter les métaux lourds radioactifs dans les condensats en même temps que les polluants acides et que des particules solides solubles contenues dans les fumées, à réchauffer les fumées issues du refroidisseur-condenseur de manière à éviter le rejet d'effluent liquide par l'installation, puis à envoyer les fumées dans un filtre apte à récupérer les particules solides avant de rejeter les fumées épurées dans l'atmosphère, les condensats étant traités pour précipiter les métaux

lourds radioactifs et récupérer une solution aqueuse qui est envoyée vers une unité de cristallisation, afin de récupérer des sels et de l'eau à recycler dans l'installation.

Dans une mise en oeuvre de l'invention, le refroidissement des fumées s'effectue par contact avec une solution aqueuse dispersée dans une enceinte de refroidissement jusqu'à une température proche de leur température de rosée, puis par contact avec un échangeur de chaleur à condensation jusqu'à une température inférieure à leur température de rosée.

En variante, le refroidissement des fumées s'effectue par contact avec une solution aqueuse dispersée dans une enceinte de refroidissement jusqu'à une température proche de leur température de rosée puis par contact direct des fumées avec une solution aqueuse dispersée dans une colonne à pulvérisation, cette solution aqueuse étant maintenue, grâce à un échangeur de chaleur, à une température inférieure à ladite température de rosée des fumées, de sorte que les métaux lourds sont extraits des fumées par condensation par mélange en même temps que la captation des polluants acides et de particules solubles contenues dans les fumées.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de réalisation non limitatifs de l'invention, et à l'examen du dessin annexé sur lequel:

- la figure 1 est une vue d'ensemble d'une installation d'épuration équipée d'un condenseur par surface, conformément à une première réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une vue d'ensemble d'une installation d'épuration équipée d'un condenseur par mélange, conformément à une deuxième réalisation de l'invention, et
- la figure 3 montre de façon détaillée le refroidisseur-condenseur correspondant à la réalisation de la figure 2.

L'installation représentée sur la figure 1 est destinée au traitement d'un flux 1 de fumées issues d'un incinérateur 3 de déchets faiblement radioactifs, par exemple des déchets générés par l'industrie nucléaire, les hôpitaux ou les universités. Cet incinérateur 3 est de préférence du type comprenant une poche de fusion des déchets sous l'action d'une torche à plasma ou d'un électrobrûleur, en vue de leur vitrification. Les fumées à traiter véhiculent des particules solides et des métaux lourds radioactifs. Elles renferment de la vapeur d'eau formée durant la combustion des déchets et des polluants acides tels que des halogénures d'hydrogène et des polluants organiques. La température des fumées est élevée, pouvant atteindre 1250°C.

Le flux 1 de fumées est envoyé dans un refroidisseur-condenseur comprenant une enceinte de refroidissement 6 dans laquelle est pulvérisée une solution aqueuse pour refroidir rapidement les fumées à une température proche de leur température de rosée. Après traversée de l'enceinte de refroidissement 6, les fumées sont envoyées dans un condenseur 100 où elles sont refroidies à une température inférieure à leur température de rosée, de sorte que les métaux lourds radioactifs sont extraits des fumées lors de la condensation de la vapeur d'eau contenue dans ces dernières, en même temps que la captation des polluants acides et de particules solides solubles véhiculées par les fumées.

Dans l'exemple de réalisation de la figure 1, le condenseur 100 est un condenseur du type condenseur par surface, comprenant un échangeur de chaleur 106 apte à réaliser un échange de chaleur entre les fumées et un fluide réfrigérant quittant en 101 une installation de réfrigération 102 pour alimenter l'échangeur 106 à une température inférieure à la température de rosée des fumées, et retournant ensuite en 103 à l'installation de réfrigération 102. Les produits de condensation qui se forment au contact de l'échangeur 106 sont envoyés par un circuit 104 dans l'enceinte de refroidissement 6 au contact des fumées traversant cette dernière, pour diminuer brutalement leur température, c'est-à-dire réaliser une trempe, jusqu'à une température proche de leur température de rosée. Lors de cette trempe, les métaux lourds ne s'adsorbent pas sur les particules solides transportées par les fumées. Le circuit 104 comporte avantageusement un clarificateur permettant de recueillir en 108 des particules solides qui sont, de préférence, renvoyées vers l'incinérateur pour y être fondues et vitrifiées.

Un circuit de purge 105 est prévu pour soutirer les produits de condensation lorsque la concentration en métaux lourds radioactifs ou autres polluants est élevée, afin de les envoyer vers une unité de traitement 30, recevant en 31, par l'intermédiaire d'une vanne 32, des réactifs 33, par exemple de la soude, des floculants et insolubilisants, destinés à précipiter les métaux lourds radioactifs. Le précipitat est extrait par filtration pour récupérer des gâteaux de filtration irradiés en 34. La solution aqueuse débarrassée du précipitat contient des sels formés lors de la neutralisation des polluants acides et des particules solubles dissoutes dans les condensats. Cette solution aqueuse est dirigée en 35 vers une unité de cristallisation des sels 36, permettant de récupérer en 37 de l'eau, envoyée dans un réseau de distribution 38 pour être recyclée dans l'installation 2. On récupère par ailleurs des sels cristallisés 41 susceptibles d'être valorisés industriellement. Les gâteaux de filtration 34 sont conditionnés en vue de leur stockage en 43. L'unité de cristallisation comporte avantageusement deux étages, le premier étant constitué par un concentrateur à circulation forcée et le second par un évaporateur-cristallisateur.

Les fumées quittant épurées le condenseur 100 passent au travers d'un réchauffeur 300, dans l'exemple décrit un réchauffeur comprenant un brûleur 301 au

propane, pour être portées à une température telle que, d'une part, les particules solides qu'elles véhiculent sont séchées et pour absorber, d'autre part, l'eau produite lors de la cristallisation des sels, qui est réinjectée dans l'enceinte 6 par une alimentation 22 reliée au réseau 38 ; ainsi l'installation 2 ne rejette aucun effluent liquide.

A leur sortie du réchauffeur 300, les fumées passent avantageusement au travers d'un échangeur de chaleur 400 puis sont envoyées dans un filtre 200. L'échangeur de chaleur 400 est apte à réaliser un échange de chaleur entre les fumées chaudes quittant en 302 le réchauffeur 300 et les fumées épurées ayant traversé le filtre 200, avant le rejet dans l'atmosphère de ces dernières. Cet échangeur de chaleur 400 permet d'une part d'éviter des fluctuations de température risquant d'endommager le filtre 200 situé en aval du réchauffeur 300 et d'autre part permet d'éviter la formation d'un panache blanc lors du rejet, par une cheminée, des fumées épurées dans l'atmosphère.

Le filtre 200, adapté à retenir les particules solides véhiculées dans les fumées, est un filtre absolu, par exemple un filtre de très haute efficacité à deux étages. Les particules solides, quasi exemptes de métaux lourds radioactifs, retenues par le filtre 200 sont récupérées en 201 et sont avantageusement renvoyées dans l'incinérateur 3 pour être fondues et vitrifiées. Grâce au réchauffeur 300, les particules solides qui atteignent le filtre 200 ne sont plus humides, ce qui permet d'éviter le colmatage de ce dernier. A leur sortie du filtre 200, les fumées épurées sont de préférence envoyées dans une unité de désulfuration 500 recevant en 501 de l'eau recyclée provenant du réseau de distribution 38, et en 502 des additifs basiques, par exemple de la soude, de façon connue en soi, pour former une solution de lavage basique. Les fumées épurées quittent en 503 l'unité de désulfuration 500 vers l'échangeur 400 pour être rejetées par un ventilateur 505 dans l'atmosphère après traversée de celui-ci tandis qu'une purge de déconcentration de la solution de lavage basique est acheminée en 504 vers l'unité de traitement 30.

Dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 1, le condenseur 100 comporte d'un échangeur de chaleur 106 apte à refroidir par le contact avec la surface de ce dernier les fumées. En variante, comme représenté sur les figures 2 et 3, on utilise avantageusement, notamment quand les fumées à traiter véhiculent davantage de particules solides, un condenseur par mélange comprenant une colonne à pulvérisation 7 dans laquelle les fumées sont envoyées au contact direct d'une solution aqueuse dispersée, dont la température est maintenue inférieure à la température de rosée des fumées, de sorte que les métaux lourds sont extraits des fumées par condensation par mélange, en même temps que la captation des polluants acides et de particules solides solubles contenues dans les fumées.

Une solution aqueuse 8 provenant initialement du réseau de distribution 38 et dont la température est maintenue inférieure à la température de rosée des fumées est pulvérisée dans la colonne 7 à contre-courant des fumées. Plus précisément, la solution aqueuse 8 est pulvérisée au moyen de buses 9 disposées de façon étagée pour créer des nappes de liquide dans la colonne 7, de façon connue en soi. Les fumées traversent successivement les nappes de solution aqueuse pulvérisée et la vapeur d'eau qu'elles contiennent se condense au contact des fines gouttelettes de solution aqueuse 8, avec absorption des polluants acides. La quasi totalité des métaux lourds radioactifs est ainsi captée dans les condensats acides formés. L'élimination des métaux lourds radioactifs est facilitée par l'acidité de la solution aqueuse, due à la dissolution dans celle-ci des gaz acides contenus dans les fumées.

Les buses 9 sont alimentées par un circuit d'alimentation 12 comprenant une pompe 11 pour prélever en 10 la solution aqueuse à la base de la colonne 7 et un échangeur de chaleur 13 situé en aval de la pompe 11. Des vannes 14 sont placées en série avec les buses 9 de manière à régler le débit de chacune d'elles à la valeur souhaitée.

L'échangeur de chaleur 13 est adapté à réaliser un échange de chaleur entre la solution aqueuse circulant dans le circuit d'alimentation 12 et de l'eau d'un circuit secondaire 15 de refroidissement, dont la température est bien entendu inférieure à la température souhaitée pour la solution aqueuse à pulvériser. La colonne 7 est équipée, de façon connue en soi, à sa partie supérieure, d'un dévésiculeur 20 destiné à retenir les gouttelettes de liquide entraînées par les fumées quittant celle-ci en 21. Ce dévésiculeur 20 est nettoyé, lorsque la perte de charge à sa traversée est supérieure à un seuil donné, par précipitation d'eau au moyen d'une buse 41, reliée par l'intermédiaire d'une vanne 42, au réseau de distribution 38.

L'enceinte de refroidissement 6 permet l'emploi, pour la construction de la colonne 7, d'un matériau de tenue à la température moindre que celle exigée pour l'enceinte 6, soumise à des fumées de température plus élevée. Le coût global de l'installation est ainsi réduit. Une solution aqueuse est pulvérisée dans l'enceinte 6 au moyen d'une ou plusieurs buses 16. De préférence, comme représenté, ces buses 16 sont alimentées par un circuit 29 comprenant une pompe 17 pour prélever la solution aqueuse 8 de la colonne 7 au fond de celle-ci en 18, en un point situé au plus bas de la colonne 7, en deçà du niveau du point de prélèvement 10 précité, de manière à entraîner les résidus solides accumulés au fond de la colonne 7. Un clarificateur 45 est placé en amont de la pompe 17 pour récupérer ces résidus solides en 46, qui sont renvoyés vers l'incinérateur 3 pour y être fondus et vitrifiés. Les fumées refroidies quittent en 19 l'enceinte 6, avec la solution pulvérisée par les buses 16, pour déboucher tangentiellement dans la colonne 7 sous les buses 9.

La solution aqueuse 8 circule pour sa majeure partie en circuit fermé. Toutefois, un circuit de purge 23 permet d'effectuer par surverse des soutirages lorsque la

concentration de celle-ci en métaux lourds radioactifs ou autres polluants extraits des fumées est élevée, et l'alimentation en eau recyclée 22 permet de secourir le cas échéant l'alimentation des buses 16. Cette alimentation 22, reliée d'un côté au réseau de distribution 38, se raccorde de l'autre, par l'intermédiaire d'une vanne 24, en un point 25 situé sur le circuit 23 en amont des buses 16 et isolé de la pompe 17 par un clapet anti-retour 26. Le circuit de purge 23, débouchant dans la colonne 7 au-dessus du niveau des points de prélèvement 10 et 18, permet d'effectuer des soutirages des polluants acides et des métaux lourds extraits des fumées, ainsi que le cas échéant des hydrocarbures et des matières en suspension. La buse 41 est alimentée en eau recyclée provenant du réseau d'alimentation 38 pour compenser les pertes en solution aqueuse dans la colonne 7, notamment dans le cas où les quantités soutirées sont supérieures à la quantité de vapeur d'eau, contenue dans les fumées, qui est condensée. Le fond de la colonne, pentu, est équipé d'une rampe 27, alimentée par l'intermédiaire d'une vanne 28 en air comprimé de faible pression pour agiter la solution aqueuse 8 avant le démarrage de l'installation.

Avantageusement, du fait de la basse température humide des fumées entrant dans l'unité de désulfuration 500, on obtient un bon rendement de désulfuration et une teneur résiduelle en SO_2 extrêmement faible, de l'ordre de quelques ppm.

Finalement, l'invention permet d'éliminer d'une façon efficace les polluants acides, les particules solides et les métaux lourds radioactifs en minimisant la quantité de résidus solides radioactifs résultant du traitement des fumées. Bien entendu, on peut par exemple, sans sortir du cadre de la présente invention, réaliser le refroidisseur-condenseur intégralement dans la colonne 7, le premier étage de celle-ci jouant alors le même rôle que l'enceinte de refroidissement 6. On peut aussi insérer l'unité de désulfuration dans la partie haute de la colonne de pulvérisation 7, alors équipée d'un plateau de séparation des fumées et d'une solution de lavage basique. La colonne de pulvérisation 7 à contre-courant peut être remplacée par une colonne de pulvérisation à co-courant.

L'installation selon l'invention réduit en outre avantageusement les risques de transfert de pollution en évitant le rejet d'effluent liquide, grâce à l'unité de cristallisation 36 qui permet de récupérer de l'eau à recycler et au réchauffeur 300 qui permet d'éliminer les excès d'eau, sous forme de vapeur, dans l'atmosphère.

Le refroidissement rapide des fumées dans l'enceinte de refroidissement 6 permet d'éviter l'adsorption des métaux lourds radioactifs sur les particules solides et la formation de polluants organiques tels que des dioxines ou des furannes.

L'installation présente en outre un rendement élevé pour la captation des polluants tels que le mercure gazeux, du fait de la basse température de sortie des fumées du condenseur-refroidisseur, typiquement de l'ordre de 30°C.

Revendications

1. Procédé d'épuration de fumées (1) issues d'un incinérateur (3) de déchets faiblement radioactifs, ces fumées contenant de la vapeur d'eau, des polluants acides, des particules solides et des métaux lourds radioactifs, le procédé comportant une étape de refroidissement des fumées et une étape de filtration des fumées, caractérisé en ce que le refroidissement des fumées s'effectue avant filtration ou collecte des particules solides, dans un refroidisseur-condenseur (6, 100 ; 6, 7) en dessous de leur point de rosée pour capter les métaux lourds radioactifs dans les condensats en même temps que les polluants acides et que des particules solubles contenues dans les fumées, en ce que les condensats sont traités pour précipiter les métaux lourds radioactifs et récupérer une solution aqueuse qui est envoyée vers une unité de cristallisation (36), afin de récupérer des sels et de l'eau, en ce que les fumées issues du refroidisseur-condenseur sont réchauffées puis envoyées dans un filtre absolu (200) apte à récupérer les particules solides avant le rejet des fumées épurées dans l'atmosphère, l'eau provenant de ladite unité de cristallisation étant recyclée dans l'installation.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le refroidissement des fumées (1) s'effectue par contact avec une solution aqueuse dispersée dans une enceinte de refroidissement (6) jusqu'à une température proche de leur température de rosée, puis par contact avec un échangeur de chaleur à condensation (106) jusqu'à une température inférieure à leur température de rosée.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le refroidissement des fumées (1) s'effectue par contact avec une solution aqueuse dispersée dans une enceinte de refroidissement (6) jusqu'à une température proche de leur température de rosée, puis par contact direct des fumées avec une solution aqueuse dispersée dans une colonne à pulvérisation (7) et maintenue, grâce à un échangeur de chaleur (13), à une température inférieure à ladite température de rosée des fumées, de sorte que les métaux lourds sont extraits des fumées par condensation par mélange en même temps que la captation des polluants acides et de particules solubles contenues dans les fumées.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les fumées épurées (503), préalablement à leur rejet dans l'atmosphère, sont réchauffées par les fumées chaudes envoyées dans

le filtre (200).

5. Installation (2) d'épuration de fumées (1) issues d'un incinérateur (3) de déchets faiblement radioactifs selon le procédé de la revendication 1, ces fumées contenant de la vapeur d'eau, des polluants acides, des particules solides et des métaux lourds radioactifs, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- un refroidisseur-condenseur (6, 100 ; 6, 7) apte à refroidir les fumées avant filtration ou collecte des particules solides à une température inférieure à leur température de rosée, de manière à capter les métaux lourds radioactifs dans les condensats en même temps que les polluants acides et que des particules solides solubles contenues dans les fumées,
- une unité de traitement (30) des condensats, apte à précipiter les métaux lourds radioactifs pour récupérer un précipitat radioactif et une solution aqueuse,
- une unité de cristallisation (36) des sels pour cristalliser des sels contenus dans ladite solution aqueuse et récupérer de l'eau à recycler dans l'installation (2),
- un réchauffeur (300) pour élever la température des fumées à leur sortie du refroidisseur-condenseur, et
- un filtre absolu (200) pour récupérer les particules solides en aval du réchauffeur avant le rejet des fumées épurées dans l'atmosphère.

6. Installation (2) selon la revendication 5, caractérisée en ce que le refroidisseur-condenseur comprend une colonne à pulvérisation (7) dans laquelle sont envoyées les fumées, et des moyens (11,12,14,9) pour prélever une solution aqueuse à la base de la colonne et la réinjecter, après refroidissement dans un échangeur de chaleur (13), dans celle-ci au contact des fumées à une température inférieure à la température de rosée de ces dernières, de sorte que les métaux lourds radioactifs sont extraits des fumées par condensation par mélange en même temps que la captation des polluants acides et de particules solubles contenues dans les fumées.

7. Installation (2) selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre une enceinte de refroidissement (6) des fumées, traversée par ces dernières avant leur envoi dans la colonne (7), et des moyens (29) pour pulvériser dans ladite enceinte une solution aqueuse prélevée dans le fond de la colonne (7), et en ce que la solution aqueuse ainsi pulvérisée quitte l'enceinte de refroidissement avec les fumées.

8. Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce que la solution aqueuse pulvérisée dans ladite enceinte (6) est prélevée dans le fond de la colonne (7), en un point de prélèvement (18) situé en deçà du niveau du point de prélèvement (10) de la solution aqueuse (8) pulvérisée dans la colonne (7), et passe au travers d'un clarificateur (45) destiné à évacuer des résidus solides contenus dans les fumées.

9. Installation (2) selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisée en ce qu'elle comporte un échangeur de chaleur (400) apte à réchauffer les fumées épurées avant leur rejet dans l'atmosphère par échange de chaleur avec les fumées chaudes envoyées dans le filtre (200).

10. Installation selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une installation de désulfuration (500) en aval du filtre (200).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung von Abgasen (1) aus einer Verbrennungseinrichtung (3) für schwach radioaktive Abfälle, wobei diese Abgase Wasserdampf, saure Verunreinigungen, feste Teilchen und radioaktive Schwermetalle enthalten, und das Verfahren eine Abkühlstufe für die Abgase und eine Filtrationsstufe für die Abgase umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abkühlung der Abgase vor der Filtration oder dem Sammeln der festen Teilchen in einem Kühler-Kondensator (6, 100 ; 6, 7) unter ihren Taupunkt erfolgt, um die radioaktiven Schwermetalle in den Kondensaten gleichzeitig mit den sauren Verunreinigungen und in den Abgasen enthaltenen löslichen Teilchen abzufangen, wobei die Kondensate zur Ausfällung der radioaktiven Schwermetalle und zur Gewinnung einer wäßrigen Lösung behandelt werden, die zu einer Kristallisationseinheit (36) geführt wird, um Salze und Wasser zu gewinnen, wobei die aus dem Kühler-Kondensator austretenden Abgase erneut erwärmt und anschließend in ein absolutes Filter (200) eingeleitet werden, das geeignet ist, die festen Teilchen vor dem Ausstoß der gereinigten Abgase in die Atmosphäre abzufangen, wobei das aus der Kristallisationseinheit kommende Wasser in die Vorrichtung zurückgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung der Abgase (1) durch Kontakt mit einer wäßrigen Lösung, die in einem Kühlraum (6) dispergiert ist, bis zu einer Temperatur nahe ihrer Taupunkt-Temperatur und anschließend durch Kontakt mit einem Kondensations-Wärmeaustauscher (106) bis auf eine Temperatur unter ihrer Taupunkt-Temperatur erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung der Abgase (1) durch Kontakt mit einer wäßrigen Lösung, dispergiert in einem Abkühlraum (6) bis auf eine Temperatur nahe ihrer Taupunkt-Temperatur und anschließend durch direkten Kontakt der Abgase mit einer wäßrigen Lösung, die in einer Zerstäuberkolonne (7) dispergiert ist und mittels eines Wärmeaustauschers (13) auf einer Temperatur unter der Taupunkt-Temperatur der Abgase gehalten wird erfolgt, derart, daß die Schwermetalle aus den Abgasen durch Misch-Kondensation extrahiert werden, gleichzeitig mit dem Abfangen der sauren Verunreinigungen und der in den Abgasen enthaltenen löslichen Teilchen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die gereinigten Abgase (503) vor ihrem Ausstoß in die Atmosphäre durch die heißen in das Filter (200) eingeführten Abgase erneut erwärmt werden.

5. Vorrichtung (2) zur Reinigung von Abgasen (1), die aus einer Verbrennungseinrichtung (3) für schwach radioaktive Abfälle stammen, gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1, wobei diese Abgase Wasserdampf, saure Verunreinigungen, feste Teilchen und radioaktive Schwermetalle enthalten, dadurch gekennzeichnet, daß sie umfaßt:

   - einen Kühler-Kondensator (6, 100 ; 6, 7), der geeignet ist, die Abgase vor der Filtration oder dem Sammeln der festen Teilchen auf eine Temperatur unter ihrer Taupunkt-Temperatur abzukühlen, derart, daß die radioaktiven Schwermetalle in den Kondensaten gesammelt werden, gleichzeitig mit den sauren Verunreinigungen und den festen löslichen Teilchen, die in den Abgasen enthalten sind,
   - eine Behandlungseinrichtung (30) für Kondensate, die geeignet ist, die radioaktiven Schwermetalle auszufällen, um eine radioaktive Ausfällung und eine wäßrige Lösung zu erhalten,
   - eine Kristallisationseinheit (36) für Salze, um die in der genannten wäßrigen Lösung enthaltenen Salze zu kristallisieren und das Wasser zu gewinnen, das zur Einrichtung (2) zurückgeführt wird,
   - eine Erwärmungseinrichtung (300), um die Temperatur der Abgase bei ihrem Austritt aus dem Kühler-Kondensator zu erhöhen und
   - ein absolutes Filter (200), um die festen Teilchen nach der Erwärmungseimrichtung vor dem Ausstoß der gereinigten Abgase in die Atmosphäre zu gewinnen.

6. Einrichtung (2) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühler-Kondensator eine Zerstäuberkolonne (7) umfaßt, in die die Abgase eingeführt werden und Einrichtungen (11, 12, 14, 9), um eine wäßrige Lösung an der Basis der Kolonne zu entnehmen und sie nach dem Abkühlen wieder in einen Wärmeaustauscher (13) einzuspritzen, worin sie in Kontakt mit den Abgasen bei einer Temperatur unter deren Taupunkt-Temperatur treten, derart, daß die radioaktiven Schwermetalle aus den Abgasen durch Misch-Kondensation extrahiert werden, gleichzeitig mit dem Abfangen von sauren Verunreinigungen und löslichen Teilchen, die in den Abgasen enthalten sind.

7. Vorrichtung (2) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem einen Kühlraum (6) für Abgase aufweist, der von diesen vor ihrem Einführen in die Kolonne (7) durchlaufen wird und Einrichtungen (29) zur Zerstäubung in dem Raum von einer wäßrigen Lösung, die aus dem Boden der Kolonne (7) entnommen wird, wobei die so zerstäubte wäßrige Lösung den Abkühlraum mit den Abgasen verläßt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zerstäubte wäßrige Lösung in dem Raum (6) am Boden der Kolonne (7) an einem Entnahmepunkt (18) entnommen wird, der diesseits des Niveaus des Entnahmepunkts (10) der in der Kolonne (7) zerstäubten wäßrigen Lösung (8) liegt und über eine Kläreinrichtung (45), die zur Abfuhr von in den Abgasen verbliebenen Feststoffen dient, geführt wird.

9. Vorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Wärmeaustauscher (400), der zur Wiedererwärmung der gereinigten Abgase vor ihrem Ausstoß in die Atmosphäre durch Wärmeaustausch mit den heißen Abgasen, die in das Filter (200) eingeführt werden, geeignet ist, umfaßt.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Einrichtung zur Entschwefelung (500) nach dem Filter (200) umfaßt.

Claims

1. Method of cleaning gases (1) from an incinerator (3) of lightly radioactive waste, said gases containing water vapour, acid pollutants, solid particles and radioactive heavy metals, the method including a step of cooling the gases and a step of filtering the gases, characterised in that the gases are cooled before filtration or collection of the solid particles in a cooler-condenser (6, 100; 6, 7) below their dew point temperature to capture the radioactive heavy metals in the condensates at the same time as the acid

pollutants and soluble particles contained in the gases, in that the condensates are treated to precipitate the radioactive heavy metals and to recover an aqueous solution that is directed to a crystallisation unit (36) in order to recover salts and water, and in that the gases from the cooler-condenser are heated and then directed to an absolute filter (200) adapted to recover the solid particles before the cleaned gases are returned to the atmosphere, the water from said crystallisation unit being recycled in the plant.

2. Method according to claim 1 characterised in that the gases (1) are cooled by contact with an aqueous solution sprayed into a cooling enclosure (6) to a temperature near their dew point temperature and then by contact with a condensation heat exchanger (106) to a temperature below their dew point temperature.

3. Method according to claim 1 characterised in that the gases (1) are cooled by contact with an aqueous solution sprayed into a cooling enclosure (6) to a temperature near their dew point temperature and then by direct contact of the gases with an aqueous solution sprayed into a scrubbing column (7) and maintained by a heat exchanger (13) at a temperature below said dew point temperature of the gases, with the result that the heavy metals are extracted from the gases by condensation by mixing at the same time as acid pollutants and soluble particles contained in the gases are captured.

4. Method according to any one of claims 1 to 3 characterised in that, before they are returned to the atmosphere, the cleaned gases (503) are heated by the hot gases directed into the filter (200).

5. Plant (2) for cleaning gases (1) from an incinerator (3) of lightly radioactive waste by the method according to claim 1, said gases containing water vapour, acid pollutants, solid particles and radioactive heavy metals, characterised in that it includes:

- a cooler-condenser (6, 100; 6, 7) adapted to cool the gases before filtration or collection of the solid particles to a temperature below their dew point temperature to capture the radioactive heavy metals in the condensates at the same time as acid pollutants and soluble solid particles contained in the gases,
- a unit (30) for treating the condensates to precipitate the radioactive heavy metals to recover a radioactive precipitate and an aqueous solution,
- a salt crystallisation unit (36) for crystallising salts contained in said aqueous solution and to recover water to be recycled in the plant (2),
- a heater (300) for increasing the temperature of the gases on leaving the cooler-condenser, and
- an absolute filter (200) for recovering solid particles on the outlet side of the heater before the cleaned gases are returned to the atmosphere.

6. Plant (2) according to claim 5 characterised in that the cooler-condenser includes a scrubber column (7) into which the gases are directed and means (11, 12, 14, 9) for drawing off an aqueous solution at the base of the column and reinjecting it, after cooling in a heat exchanger (13), into the column in contact with the gases at a temperature below the dew point temperature of the latter, so that the radioactive heavy metals are extracted from the gases by condensation by mixing at the same time as acid pollutants and soluble particles contained in the gases are captured.

7. Plant (2) according to claim 6 characterised in that it further includes an enclosure (6) for cooling the gases, through which the latter pass before they are directed into the column (7), and means (29) for spraying into said enclosure an aqueous solution drawn off from the bottom of the column (7), and in that the aqueous solution sprayed in this way leaves the cooling enclosure with the gases.

8. Plant according to claim 7 characterised in that the aqueous solution sprayed into said enclosure (6) is drawn off from the bottom of the column (7), at an offtake (18) below the offtake (10) for the aqueous solution (8) sprayed into the column (7), and is passed through a clarifier (45) adapted to remove solid residues contained in the gases.

9. Plant (2) according to any one of claims 5 to 8 characterised in that it includes a heat exchanger (400) adapted to heat the cleaned gases before they are returned to the atmosphere by exchange of heat with the hot gases directed into the filter (200).

10. Plant according to any one of claims 5 to 9 characterised in that it includes a desulphurisation unit (500) on the outlet side of the filter (200).

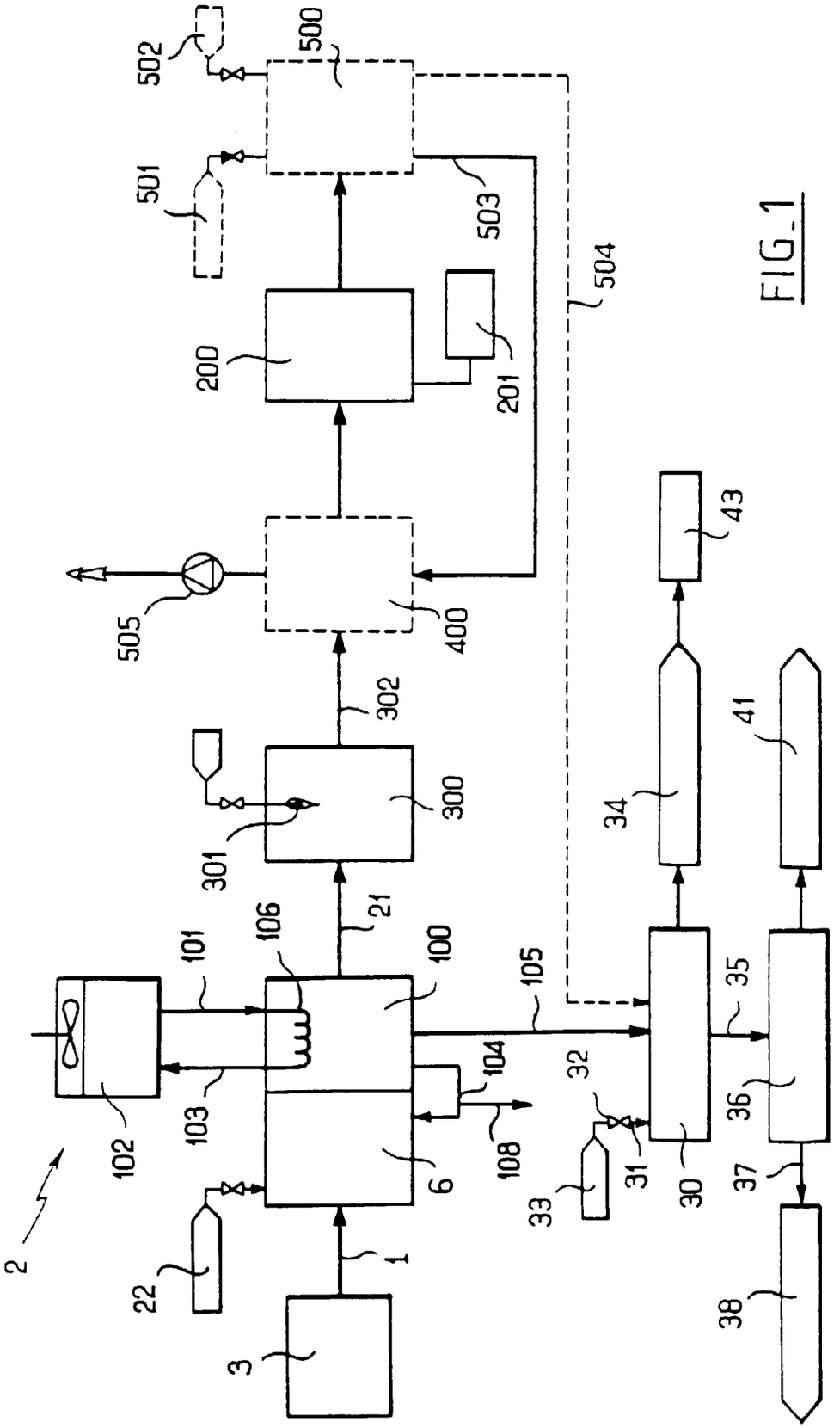

2
3
22
1
6
102
103
101
106
100
104
108
21
105
301
300
302
400
505
200
201
503
504
500
502
501
33
32
31
30
34
43
41
35
36
37
38

FIG_1

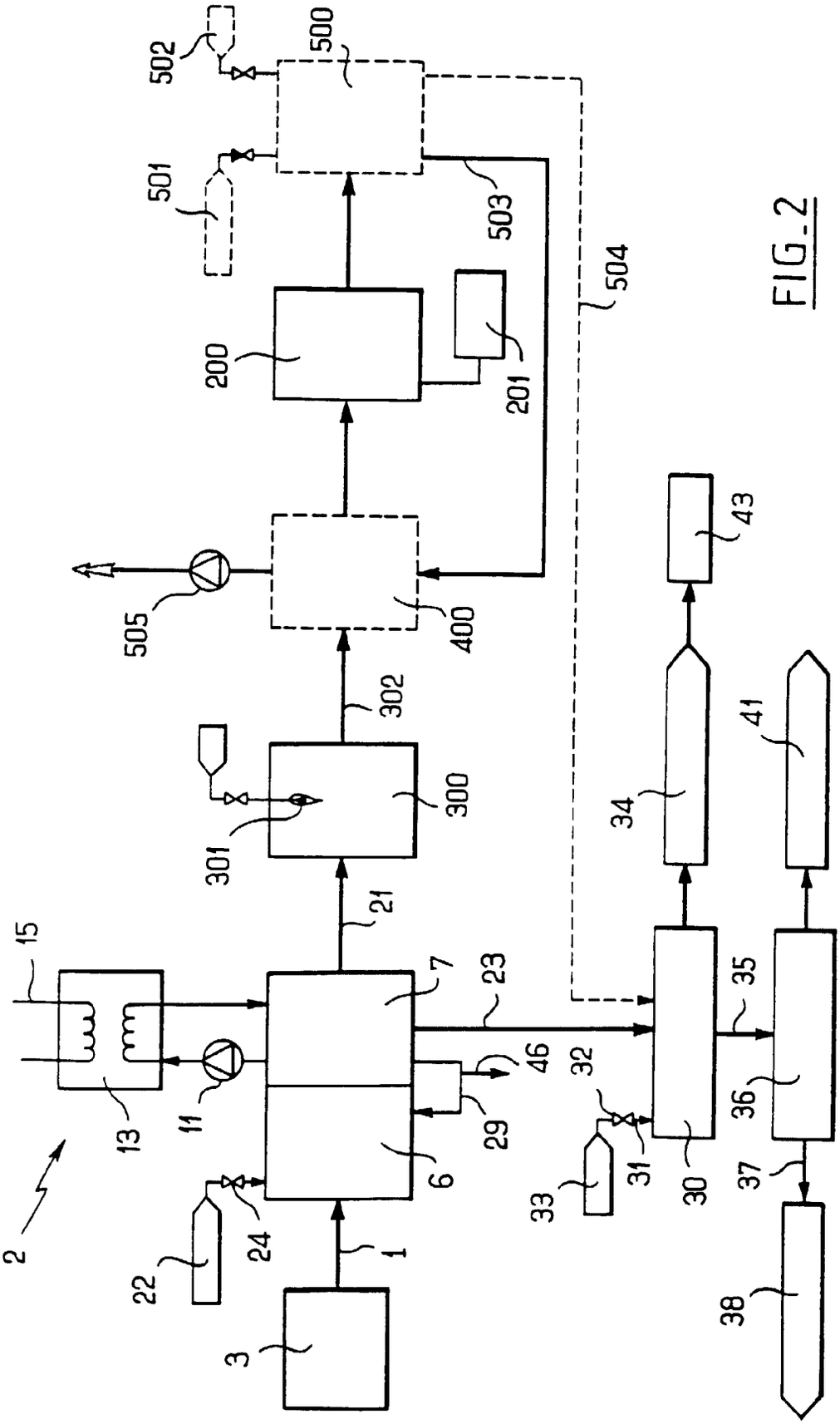

502
500
501
503
504
200
201
505
400
302
300
301
21
15
7
23
43
34
41
35
13
11
46
32
36
29
6
31
30
37
33
24
22
1
3
2
38

FIG.2

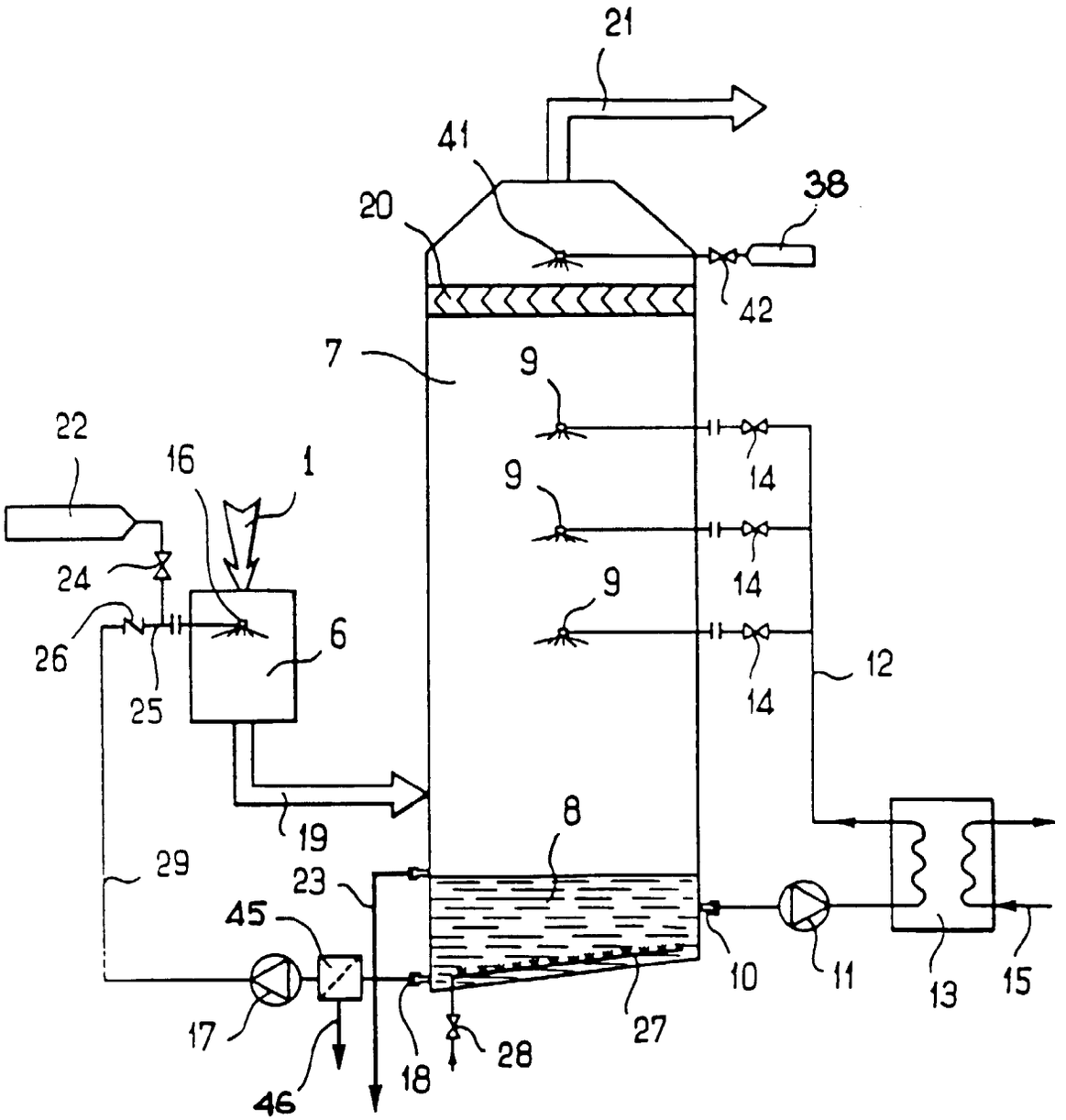

21
41
38
20
42
7
9
22
16
1
14
24
6
26
25
12
19
8
29
23
45
10
11
13
15
17
27
28
18
46

FIG.3