



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2016/11/22
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2017/06/15
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2018/04/25
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2016/053051
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2017/098105
(30) Priorité/Priority: 2015/12/10 (FR15 62130)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B01D 53/34* (2006.01),
B01D 53/50 (2006.01), *B01D 53/60* (2006.01),
B01D 53/86 (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
FIVES SOLIOS INC., CA
(72) Inventeurs/Inventors:
ALLEGRUCCI, THIERRY, CA;
LIM, CHIN, FR;
MARTINEAU, PHILIPPE, CA...
(74) Agent: NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : PROCEDE DE TRAITEMENT DES FUMÉES ISSUES D'UN FOUR DE COMBUSTION OU DE CALCINATION
ET INSTALLATION POUR LA MISE EN OEUVRE D'UN TEL PROCEDE
(54) Title: PROCESS FOR TREATING FLUE GASES RESULTING FROM A COMBUSTION OR CALCINATION
FURNACE AND PLANT FOR THE IMPLEMENTATION OF SUCH A PROCESS

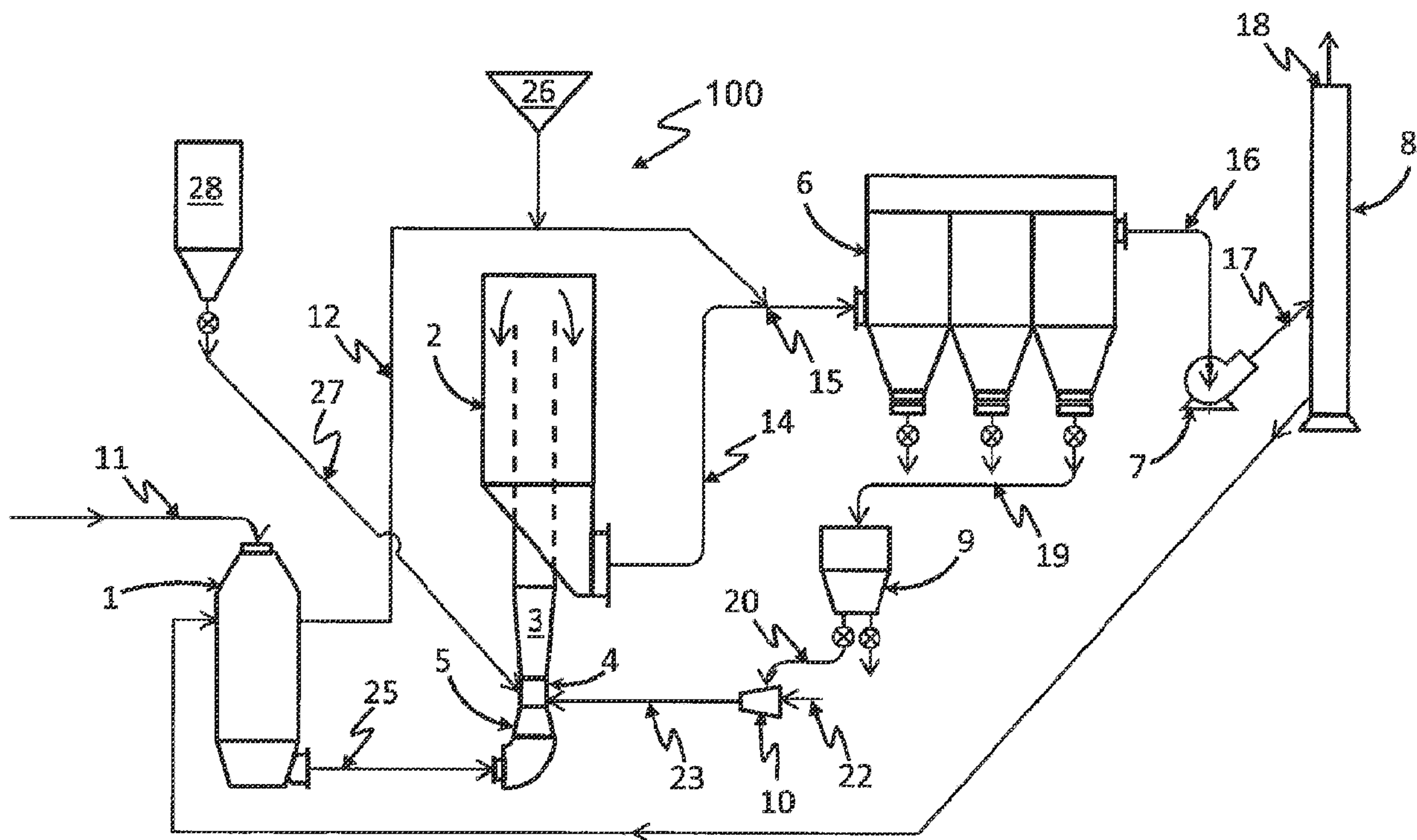


Figure 1

(57) Abrégé/Abstract:

Procédé de traitement de fumées comprenant des oxydes de soufre et des oxydes d'azote, le procédé comprenant les étapes suivantes : · refroidissement des fumées à la sortie du four, · mise en contact des fumées refroidies avec un agent (28, 9) de

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

neutralisation des oxydes de soufre, pour réduire les oxydes de soufre par des réactions de désulfuration, et obtenir des résidus des réactions de désulfuration, · séparation (6) des résidus des réactions de désulfuration et des fumées, · réchauffement d'une partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration, · injection (26) d'un agent de neutralisation des oxydes d'azote dans les fumées réchauffées, · mise en contact (6) d'au moins les fumées réchauffées et de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote avec un catalyseur, pour réduire les oxydes d'azote par des réactions de dénitrification, le refroidissement des fumées à la sortie du four étant réalisé par le réchauffement au sein d'un même échangeur (1) de chaleur de ladite partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration, dans lequel procédé les fumées réchauffées sont mélangées, après l'injection (26) de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote, aux fumées refroidies après leur mise en contact avec l'agent (28, 9) de neutralisation des oxydes de soufre, la séparation des résidus des réactions de désulfuration et la mise en contact avec ledit catalyseur étant réalisées au sein d'un même dispositif (6) de séparation.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2017/098105 A1(43) Date de la publication internationale
15 juin 2017 (15.06.2017)

(51) Classification internationale des brevets :

B01D 53/34 (2006.01) B01D 53/86 (2006.01)
B01D 53/50 (2006.01) B01D 53/60 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2016/053051

(22) Date de dépôt international :

22 novembre 2016 (22.11.2016)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

15 62130 10 décembre 2015 (10.12.2015) FR

(71) Déposants : FIVES SOLIOS INC. [CA/CA]; 625 Avenue
du Président Kennedy, Montreal, Québec H3A1K2 (CA).
FIVES SOLIOS [FR/FR]; Parc Les Erables Bât. 4, 66
route de Sartrouville, 78230 Le Pecq (FR).

(72) Inventeurs : ALLEGROCCI, Thierry; c/o Fives Solios
Inc, 625 Avenue du Président Kennedy, Montreal, Québec
H3A1K2 (CA). LIM, Chin; 8 rue des Charmes, 78110 Le
Vesinet (FR). MARTINEAU, Philippe; c/o fives solios
inc, 625 Avenue du Président Kennedy, Montreal, Québec
H3A1K2 (CA).

(74) Mandataires : BEROGIN, Francis et al.; Cabinet Plasse-
raud, 66 rue de la Chaussée d'Antin, 75440 Paris Cedex 09
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : PROCESS FOR TREATING FLUE GASES RESULTING FROM A COMBUSTION OR CALCINATION FURNACE AND PLANT FOR THE IMPLEMENTATION OF SUCH A PROCESS

(54) Titre : PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DES FUMÉES ISSUES D'UN FOUR DE COMBUSTION OU DE CALCINATION ET INSTALLATION POUR LA MISE EN OEUVRE D'UN TEL PROCÉDÉ

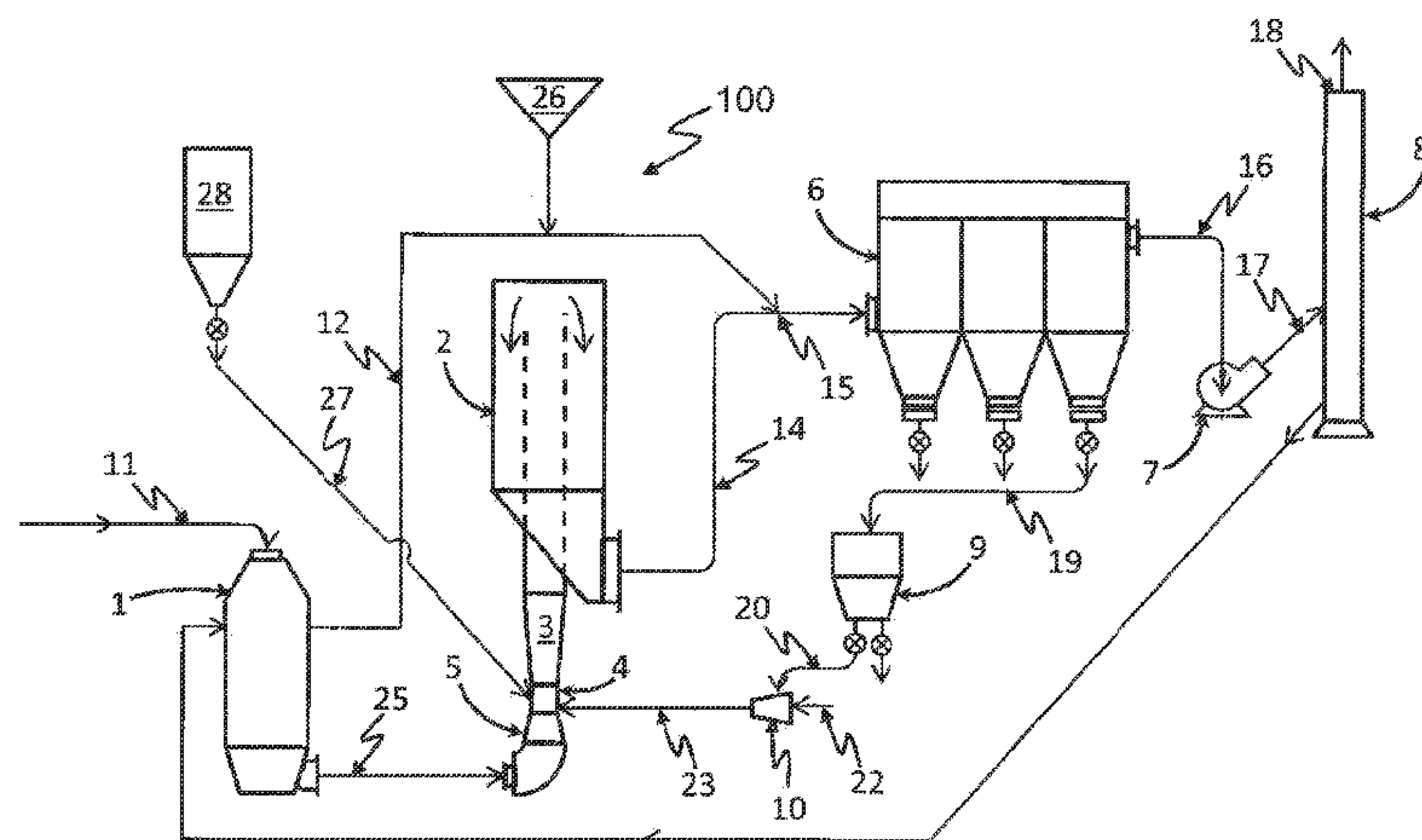


Figure 1

(57) Abstract : Process for treating flue gases comprising sulfur oxides and nitrogen oxides, the process comprising the following steps: • cooling the flue gases at the outlet of the furnace, • bringing the cooled flue gases into contact with an agent (28, 9) for neutralizing the sulfur oxides, in order to reduce the sulfur oxides via desulfurization reactions, and obtain residues of the desulfurization reactions, • separating (6) the residues of the desulfurization reactions and the flue gases, • reheating one portion at least of the flue gases separated from the residues of the desulfurization reactions, • injecting (26) an agent for neutralizing the nitrogen oxides into the reheated flue gases, • bringing at least the reheated flue gases and the agent for neutralizing the nitrogen oxides into contact (6) with a catalyst, in order to reduce the nitrogen oxides via denitrification reactions, the cooling of the flue gases at the outlet of the furnace being carried out by the reheating within one and the same heat exchanger (1) of said portion at least of the flue gases separated from the residues of the desulfurization reactions, in

[Suite sur la page suivante]

WO 2017/098105 A1

WO 2017/098105 A1

GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

which process the reheated flue gases are mixed, after injection (26) of the agent for neutralizing the nitrogen oxides, with the cooled flue gases after they have been brought into contact with the agent (28, 9) for neutralizing the sulfur oxides, the separation of the residues of the desulfurization reactions and the contacting with said catalyst being carried out within one and the same separation device (6).

(57) Abrégé : Procédé de traitement de fumées comprenant des oxydes de soufre et des oxydes d'azote, le procédé comprenant les étapes suivantes : • refroidissement des fumées à la sortie du four, • mise en contact des fumées refroidies avec un agent (28, 9) de neutralisation des oxydes de soufre, pour réduire les oxydes de soufre par des réactions de désulfuration, et obtenir des résidus des réactions de désulfuration, • séparation (6) des résidus des réactions de désulfuration et des fumées, • réchauffement d'une partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration, • injection (26) d'un agent de neutralisation des oxydes d'azote dans les fumées réchauffées, • mise en contact (6) d'au moins les fumées réchauffées et de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote avec un catalyseur, pour réduire les oxydes d'azote par des réactions de dénitrification, le refroidissement des fumées à la sortie du four étant réalisé par le réchauffement au sein d'un même échangeur (1) de chaleur de ladite partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration, dans lequel procédé les fumées réchauffées sont mélangées, après l'injection (26) de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote, aux fumées refroidies après leur mise en contact avec l'agent (28, 9) de neutralisation des oxydes de soufre, la séparation des résidus des réactions de désulfuration et la mise en contact avec ledit catalyseur étant réalisées au sein d'un même dispositif (6) de séparation.

Procédé de traitement des fumées issues d'un four de combustion ou de calcination et installation pour la mise en œuvre d'un tel procédé

La présente invention concerne un procédé de traitement pour les polluants
5 contenus dans les fumées. En particulier, la technologie présentée ici consiste notamment
à traiter les oxydes de soufre - par un procédé dit de désulfuration (DeSO_x) - tels que le
dioxyde de soufre (SO_2), et les oxydes d'azote - par un procédé dit de dénitrification
(DeNO_x) - , tels que l'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). Les fumées à traiter
10 proviennent notamment soit de sources de combustion comme les fours de combustion
ou chaudières au charbon, soit d'un four ou d'un procédé de calcination pour la production
du ciment, la production de la chaux, ou tout autre procédé de calcination.

De telles fumées contiennent un ou plusieurs polluants acides tels que l'acide
chlorhydrique (HCl), l'acide fluorhydrique (HF), des oxydes de soufre (SO_x) et des oxydes
d'azote (NO_x), qui peuvent causer des dommages à l'environnement, par exemple par
15 pluie acide, si ces fumées sont libérées à l'atmosphère sans un traitement approprié et
efficace. Ainsi, il est primordial d'avoir un procédé qui assure une captation efficace de
ces polluants afin de pouvoir respecter les règlements environnementaux.

Différentes technologies sont connues pour assurer la désulfuration et la
dénitrification. Toutefois, ces technologies ne sont en général efficaces que pour un seul
20 des polluants (SO_x ou NO_x) puisque les paramètres de procédé requis pour traiter les SO_x
et les NO_x sont différents, entre autre la température pour leur neutralisation.

Pour traiter le dioxyde de soufre (SO_2), une technologie répandue est le procédé
dit semi-humide qui consiste à mettre un lait de chaux, dispersé sous forme de
gouttelettes, en contact avec les fumées dans un réacteur ou dans une tour de
25 refroidissement avant leur passage dans un filtre à manches. Cependant, cette
technologie nécessite d'abaisser la température des fumées très près du point de rosée
des gaz, afin de réaliser une capture efficace du SO_2 . Cela conduit à une évaporation
d'eau importante, des installations à coûts élevés et une augmentation du risque de
condensation des gaz.

30 Dans le cas du traitement des NO_x , deux technologies sont très connues : SCR et
SNCR. Ces deux technologies utilisent l'ammoniac comme réactif. La technologie SCR
(Réduction Catalytique Sélective) utilise un catalyseur qui permet alors la neutralisation
des NO_x à des températures moyennes (environ 350°C), soit dans un réacteur soit dans

un filtre. L'éventuel problème avec cette technologie est la contamination du catalyseur au fil du temps à cause de la présence des SO_x dans les fumées, ce qui oblige son remplacement après deux ou trois ans d'opération. Quant à la technologie SNCR (Réduction Non-Catalytique Sélective), elle consiste à la neutralisation des NO_x à des températures très élevées, autour des 850°C - 1000°C , de sorte qu'un catalyseur n'est pas nécessaire, mais ce qui est parfois incompatible avec le procédé. De plus, le rendement de réduction des NO_x diminue significativement si la plage de température au point d'injection du réactif n'est pas respectée. Enfin, l'injection de l'ammoniac en excès dans le réacteur peut provoquer la corrosion aux équipements situés en aval et la fuite d'ammoniac dans l'environnement.

La plage de température requise pour la technologie SNCR est incompatible avec celle pour réaliser la désulfuration. Par conséquent, la technologie SCR est préférée pour la combiner au sein d'une même installation avec la désulfuration. En outre, afin d'éviter que les SO_x ne contaminent le catalyseur de neutralisation des NO_x , la désulfuration est en général effectuée avant la dénitrification, de sorte que les fumées à une température adaptée pour la désulfuration doivent être réchauffées avant la dénitrification, ce qui implique une consommation d'énergie augmentant les coûts du procédé de traitement des fumées.

Le document EP 2 815 801 décrit un exemple d'une telle installation, dans laquelle des fumées générées dans une chaudière sont envoyées d'abord dans une unité de traitement du SO_2 , puis dans une unité de traitement SCR. Entre les deux unités, un compresseur permet d'augmenter la température des gaz à l'entrée de l'unité de traitement SCR.

Une telle installation n'apporte pas entière satisfaction, en particulier car elle requiert une consommation d'énergie importante pour pouvoir modifier la température des fumées. En effet, en sortie de la chaudière, la température des fumées dépend de la nature du procédé au sein de la chaudière - qui peut atteindre 1200°C . Les fumées doivent donc être refroidies avant d'entrer dans l'unité de traitement du SO_2 , puis être réchauffées avant d'entrer dans l'unité de traitement SCR.

Il existe donc un besoin pour un nouveau procédé de traitement permettant notamment d'assurer la bonne efficacité de réduction des polluants SO_x et NO_x par un même système de traitement tout en remédiant aux problèmes des procédés connus.

A cet effet, selon un premier aspect, l'invention propose un procédé de traitement des fumées issues d'un four de combustion ou de calcination comprenant des espèces polluantes dont des oxydes de soufre et des oxydes d'azote. Le procédé comprend les étapes suivantes :

- 5 – refroidissement des fumées à la sortie du four,
- mise en contact des fumées refroidies avec un agent de neutralisation des oxydes de soufre, pour réduire les oxydes de soufre par des réactions de désulfuration, et obtenir des résidus des réactions de désulfuration,
- séparation des résidus des réactions de désulfuration et des fumées,
- 10 – réchauffement d'une partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration,
- injection d'un agent de neutralisation des oxydes d'azote dans les fumées réchauffées,
- mise en contact d'au moins les fumées réchauffées et de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote avec un catalyseur, pour réduire les oxydes d'azote par des réactions de dénitrification, ledit refroidissement des fumées à la sortie du four étant réalisé par le réchauffement au sein d'un même échangeur de chaleur de ladite partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration,
- 15 le procédé étant caractérisé en ce que les fumées réchauffées sont mélangées, après
- 20 l'injection de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote, aux fumées refroidies après leur mise en contact avec l'agent de neutralisation des oxydes de soufre, la séparation des résidus des réactions de désulfuration et la mise en contact avec ledit catalyseur étant réalisées au sein d'un même dispositif de séparation.

25 Le procédé permet ainsi de nettoyer les fumées aussi bien des oxydes de soufre que des oxydes d'azote au sein d'une unique installation, en minimisant les dépenses d'énergie, et l'installation pour réaliser le procédé est ainsi de taille réduite.

 L'agent de neutralisation des oxydes de soufre est par exemple de la chaux. L'agent de neutralisation des oxydes d'azote est par exemple de l'ammoniac.

30 Selon un mode de réalisation, lors de la mise en contact des fumées refroidies avec l'agent de neutralisation des oxydes de soufre, l'humidité au sein des fumées est contrôlée, afin d'optimiser la désulfuration.

 Une partie des résidus des réactions de désulfuration peut avantageusement être recyclée comme agent de neutralisation des oxydes de soufre.

Selon un deuxième aspect, l'invention propose une installation de traitement des fumées issues d'un four et comprenant des oxydes de soufre et des oxydes d'azote, pour la mise en œuvre du procédé tel que présenté ci-dessus, comprenant un échangeur de chaleur connecté au four pour refroidir les fumées sortantes dudit four, un réacteur de désulfuration connecté à l'échangeur de chaleur et dans lequel les fumées refroidies sont mises en contact avec un agent de neutralisation d'oxydes de soufre pour réduire ces derniers par des réactions de désulfuration, un dispositif de séparation, connecté au réacteur de désulfuration, et dans lequel des résidus des réactions de désulfuration sont séparés des fumées, un injecteur d'un agent de neutralisation des oxydes d'azote dans une partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration, et un dispositif catalytique pour la dénitrification des fumées, le dispositif de séparation des résidus des réactions de désulfuration étant connecté à l'échangeur de chaleur de sorte que ladite partie au moins des fumées issues du dispositif de séparation des résidus des réactions de désulfuration est réchauffée par les fumées sortantes du four, caractérisée en ce que le dispositif de séparation des résidus des réactions de désulfuration et le dispositif catalytique sont confondus en un même dispositif de séparation, les fumées réchauffées étant mélangées, après l'injection de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote, avec les fumées refroidies sortant du réacteur dans un conduit d'entrée du dispositif de séparation.

Le dispositif de séparation comprend par exemple au moins un filtre à manches, un catalyseur pour la dénitrification étant réparti sur la surface des manches du filtre. En variante, le dispositif de séparation comprend au moins un filtre à manches, un catalyseur pour la dénitrification étant placé à l'intérieur des manches du filtre.

D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lumière de la description donnée ci-dessous d'un mode de réalisation d'une installation pour la mise en œuvre du procédé de traitement selon l'invention, en référence à la figure qui représente de manière schématique le mode de réalisation.

Sur la figure unique, il est représenté une installation 100 pour la mise en œuvre d'un procédé de traitement des fumées issues d'un four de combustion ou de calcination. Selon le mode de réalisation présenté ici, l'installation est particulièrement adaptée au traitement des fumées provenant d'un four de production de la chaux dont les gaz acides contiennent notamment des oxydes de soufre (SO_x) et des oxydes d'azote (NO_x).

L'installation 100 comprend un échangeur 1 de chaleur de type connu. L'échangeur 1 de chaleur est par exemple à tubes de refroidissement : le fluide de plus basse température circule à l'intérieur des tubes, tandis que le fluide plus chaud est en contact avec la paroi extérieure des tubes. L'échangeur 1 de chaleur comprend donc deux circuits de circulation de fluide.

Un premier circuit d'écoulement de l'échangeur 1 de chaleur, par exemple le circuit d'écoulement des gaz en contact avec la paroi extérieure des tubes de refroidissement, est connecté, d'une part, à un conduit 11 par lequel les fumées chaudes issues du four arrivent, et, d'autre part, à un réacteur 2 de désulfuration, par exemple de type Venturi, par un conduit 25 d'entrée des fumées refroidies dans le réacteur 2. Le réacteur 2 comprend une entrée formée par la succession, dans le sens de circulation des fumées refroidies, d'un convergent 5, d'un col 4 et d'un divergent 3. Le réacteur 2 est alimenté en un agent de neutralisation des oxydes de soufre. Cet agent de neutralisation des oxydes de soufre peut être de la chaux, du bicarbonate de soude, du carbonate de magnésium, du carbonate de calcium, ou un mélange d'au moins deux de ces produits. Plus précisément, selon l'exemple, le réacteur 2 est alimenté en chaux fraîche provenant d'un réservoir 28 qui réagit avec les oxydes de soufre pour former des sels. La chaux fraîche est amenée depuis le réservoir 28 jusqu'au col 4 du réacteur 2 par un conduit 27 d'alimentation. Éventuellement, comme cela est explicité plus loin, le réacteur 2 est également alimenté par de la chaux recyclée hydratée. Le contrôle de l'humidité au sein du réacteur 2 est important. En effet, le taux d'humidité doit être suffisamment ajusté pour que la chaux se comporte comme un réactif pulvérulent, et ne s'agglomère pas en pâte. En outre, l'humidité doit être contrôlée pour que l'évaporation de l'eau contenue à la surface des particules solides provoque un refroidissement contrôlé des fumées et favorise l'absorption et la neutralisation du SO_2 , et des autres acides éventuels (HCl et HF), tout en conservant la température des fumées éloignée de leur point de rosée pour éviter des problèmes de colmatage. Un taux maximal d'humidité en poids de la chaux de 10% a été déterminé comme adéquat. Les réactions de désulfuration dans le réacteur 2 se font ainsi pour un court séjour des fumées dans le réacteur 2. Les résidus des réactions sont en général des sels solides, tels que le sulfate de calcium (CaSO_3) comme résidus de l'oxyde de soufre, mais aussi le fluorure de calcium (CaF_2) et le chlorure de calcium (CaCl_2).

L'installation 100 comprend un dispositif 6 de séparation, connecté au réacteur 2 par un conduit 14 d'entrée dans un filtre du dispositif 6, et permettant de séparer les résidus solides des réactions notamment de désulfuration, en l'occurrence les sels formés et chaux excédentaire, des gaz. A cet effet, le dispositif 6 de séparation comprend au moins un filtre à manches composé d'une pluralité de modules de filtration, au travers duquel les fumées passent, les résidus solides, et la chaux éventuellement en excès, étant récupérés et dirigés vers un réservoir 9 de recyclage par une conduite 19 de récupération. De plus, les particules qui se déposent à la surface des manches du filtre dans le dispositif 6 de séparation forment un gâteau composé de particules de chaux hydratée encore actives formant une surface additionnelle, qui permet de continuer la réaction de neutralisation des gaz acides au sein du dispositif 6 de séparation et d'augmenter encore plus l'efficacité du procédé. Environ 80-95% de la réaction de neutralisation ont lieu dans le réacteur 2, et le restant se produit sur les manches du filtre du dispositif 6 de séparation.

Comme cela est explicité plus loin, les manches du filtre sont dits catalytiques, car ils comprennent un catalyseur pour les réactions de dénitrification. Par exemple, les manches sont revêtus sur toute leur surface d'une couche d'un catalyseur métallique, ce qui augmente la surface de contact avec les fumées. Toutefois, le catalyseur peut être placé à l'intérieur des manches.

Le mélange dans le réservoir 9 de recyclage est appelé chaux recyclée. La chaux recyclée est sous forme solide, permettant de la revaloriser facilement. Toute ou partie de la chaux recyclée peut être réemployée dans le réacteur 2 de désulfuration. À cet effet, la chaux recyclée est emmenée par un conduit 20 d'amenée à un tambour 10 d'humidification, dans lequel de l'eau, en quantité bien contrôlée, rentre par une alimentation 22. La chaux recyclée humidifiée, sans dépasser le taux d'humidité maximal de 10% en poids de chaux, est alors envoyée dans le réacteur 2 de désulfuration par un conduit 23 connecté au col 4 du réacteur 2 pour réagir de nouveau avec les polluants acides dans les fumées.

La recirculation de la chaux recyclée dans le réacteur 2 permet de maximiser le contact gaz/solide, pour une meilleure utilisation du réactif et une moindre mise en décharge de résidus.

Les résidus qui ne sont pas recyclés sont secs, ce qui facilite leur mise en décharge, voire même leur réutilisation comme produit d'épandage pour les sols. Ainsi,

les principaux paramètres pour assurer une bonne efficacité de neutralisation du SO₂ sont notamment l'excès stœchiométrique de la chaux hydratée alimentée par rapport aux polluants, la quantité de chaux recyclée et son humidité de surface qui conditionne l'abaissement de la température des fumées, de même que la surface active (surface BET) des particules de chaux hydratée.

Les fumées en sortie du dispositif 6 de séparation sont ensuite dirigées par un conduit 16 d'évacuation vers un ventilateur 7. Ce dernier permet en particulier de surmonter la perte de charge subie dans les filtres du dispositif 6 de séparation. Par la suite, les fumées purifiées sont ramenées du ventilateur 7 à une cheminée 8 par un conduit 17 de sortie.

Au moins une partie des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration et arrivant à la cheminée 8 est recirculée en amont du procédé, pour être nettoyée des oxydes d'azote par la méthode dite SCR.

Plus précisément, une partie des fumées dans la cheminée 8 est renvoyée à l'échangeur 1 de chaleur, dans le deuxième circuit d'écoulement à l'intérieur des tubes de refroidissement. Ainsi, les fumées recirculées, séparées des résidus des réactions de désulfuration, sont réchauffées par les fumées chaudes entrant dans le premier circuit d'écoulement de l'échangeur 1, tandis que les fumées chaudes entrant dans le premier circuit sont refroidies par les fumées recirculées. La consommation d'énergie nécessaire pour porter les fumées aux températures adéquates suivant les étapes de leur nettoyage est ainsi réduite.

Les fumées recirculées et réchauffées sortent de l'échangeur 1 de chaleur par un conduit 12 de mise en contact, distinct du conduit 25 d'entrée du réacteur 2, et relié à un réservoir d'un agent de neutralisation des oxydes d'azote, par exemple de l'ammoniac. Comme agent de neutralisation des oxydes d'azote, on peut utiliser l'ammoniac, ou l'urée, ou un mélange de ces deux produits. Plus précisément, l'injecteur 26 de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote, dans cet exemple de l'ammoniac, est connecté au conduit 12 de mise en contact, de sorte que de l'ammoniac se mélange aux fumées recirculées et réchauffées dans le conduit 12 de mise en contact.

Le mélange d'ammoniac et de fumées recirculées est combiné et mélangé au mélange gaz/solides sortant du réacteur 2 de désulfuration par la jonction du conduit 12 de mise en contact et du conduit 14 d'entrée dans le filtre du dispositif 6, et reliant le réacteur 2 au dispositif 6 de séparation en un point 15 de combinaison.

A partir du point 15 de combinaison, les fumées dans le conduit 14 d'entrée de filtre sont alors un mélange comprenant en particulier :

- des fumées ayant subies un procédé de désulfuration dans le réacteur 2, mais non encore séparées des résidus des réactions de désulfuration ;
- 5 – des fumées ayant subies un procédé de désulfuration dans le réacteur 2, et séparées des résidus des réactions de désulfuration ; et
- de l'ammoniac.

10 Ce mélange entre alors dans le dispositif 6 de séparation, avec une température compatible pour la dénitrification par la méthode SCR, et vient en contact avec le catalyseur du filtre à manches. Les réactions de dénitrification réduisent les oxydes d'azote et l'ammoniac dans les fumées à leur forme ionique pour être transformés notamment en azote gazeux et en vapeur d'eau. Le dispositif 6 de séparation fait alors également office de dispositif catalytique pour la dénitrification.

15 Les fumées sont ensuite dirigées, comme précédemment, vers la cheminée 8, d'où la partie non recyclée de ces fumées est évacuée à l'atmosphère par une ouverture 18.

Les fumées ainsi évacuées possèdent des polluants en très faible concentration, ce respectant les règlements environnementaux.

20 Un avantage du procédé est que les résidus récupérés au dispositif 6 de séparation, c'est-à-dire les sels (CaCl_2 , CaF_2 , CaSO_3), sont secs, donc la valorisation de ces résidus dans le marché est possible.

Un autre avantage est dû à la quantité minimale d'eau utilisée pour humidifier la chaux hydratée dans le tambour 10 ; il n'est pas nécessaire d'effectuer un traitement d'effluents liquides, ce qui diminue la quantité d'équipements et éventuellement les coûts de maintenance et d'opération.

25 De plus, l'arrangement des équipements dans la mise en œuvre du procédé possède aussi ses avantages. Par exemple, en plaçant les filtres à manches catalytiques après le réacteur 2 de désulfuration, la majorité du SO_2 étant enlevée dans le réacteur 2, les risques d'empoisonnement du catalyseur dans les filtres du dispositif 6 de séparation sont significativement diminués.

30 Un autre avantage apporté par ces filtres est que des particules de catalyseur peuvent être déposées sur toute la surface de leurs manches, ce qui augmente la surface de réaction pour la dénitrification. Ainsi, les oxydes d'azote sont capables de réagir sur toute la longueur des manches des filtres avec la majorité de l'ammoniac injectée en

amont des filtres, ce qui évite sa fuite à l'environnement. De même, cette filtration permet d'atteindre une efficacité élevée quant à la séparation des polluants des gaz, car on peut enlever la majorité des constituants contenus dans les fumées de départ.

5 Enfin, le procédé permet, au sein d'une même installation, de réaliser une désulfuration et une dénitrification des fumées, en limitant la consommation d'énergie. En effet, le procédé permet de faire circuler les fumées issues du four dans deux circuits parallèles, à savoir un circuit de désulfuration et un circuit de dénitrification, et d'ajuster la température des fumées dans chaque circuit en minimisant les consommations d'énergie.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement des fumées issues d'un four de combustion ou de calcination comprenant des espèces polluantes dont des oxydes de soufre et des oxydes d'azote, le
5 procédé comprenant les étapes suivantes :

- refroidissement des fumées à la sortie du four,
- mise en contact des fumées refroidies avec un agent (28, 9) de neutralisation des oxydes de soufre, pour réduire les oxydes de soufre par des réactions de désulfuration, et obtenir des résidus des réactions de désulfuration,

- 10 – séparation (6) des résidus des réactions de désulfuration et des fumées,
- réchauffement d'une partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration,

- injection (26) d'un agent de neutralisation des oxydes d'azote dans les fumées réchauffées,

- 15 – mise en contact (6) d'au moins les fumées réchauffées et de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote avec un catalyseur, pour réduire les oxydes d'azote par des réactions de dénitrification, ledit refroidissement des fumées à la sortie du four étant réalisé par le réchauffement au sein d'un même échangeur (1) de chaleur de ladite partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration,

20 le procédé étant caractérisé en ce que les fumées réchauffées sont mélangées, après l'injection (26) de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote, aux fumées refroidies après leur mise en contact avec l'agent (28, 9) de neutralisation des oxydes de soufre, la séparation des résidus des réactions de désulfuration et la mise en contact avec ledit catalyseur étant réalisées au sein d'un même dispositif (6) de séparation.

25 2. Procédé de traitement selon la revendication 1, dans lequel l'agent de neutralisation des oxydes de soufre est de la chaux (28).

30 3. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, lors de la mise en contact des fumées refroidies avec l'agent de neutralisation (28, 9) des oxydes de soufre, l'humidité au sein des fumées est contrôlée (10, 22).

4. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une partie des résidus des réactions de désulfuration est recyclée comme agent de neutralisation des oxydes de soufre.

5. Procédé de traitement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'agent de neutralisation des oxydes d'azote est de l'ammoniac.

6. Installation (100) de traitement des fumées issues d'un four et comprenant des oxydes de soufre et des oxydes d'azote, pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un échangeur (1) de chaleur connecté au four pour refroidir les fumées (11) sortantes dudit four, un réacteur (2) de désulfuration connecté à l'échangeur (1) de chaleur et dans lequel les fumées refroidies sont mises en contact avec un agent de neutralisation d'oxydes de soufre pour réduire ces derniers par des réactions de désulfuration, un dispositif (6) de séparation, connecté au réacteur (2) de désulfuration, et dans lequel des résidus des réactions de désulfuration sont séparés des fumées, un injecteur (26) d'un agent de neutralisation des oxydes d'azote dans une partie au moins des fumées séparées des résidus des réactions de désulfuration, et un dispositif (6) catalytique pour la dénitrification des fumées, le dispositif (6) de séparation des résidus des réactions de désulfuration étant connecté à l'échangeur (1) de chaleur de sorte que ladite partie au moins des fumées issues du dispositif (6) de séparation des résidus des réactions de désulfuration est réchauffée par les fumées sortantes du four, caractérisée en ce que le dispositif (6) de séparation des résidus des réactions de désulfuration et le dispositif (6) catalytique sont confondus en un même dispositif (6) de séparation, les fumées réchauffées étant mélangées, après l'injection de l'agent de neutralisation des oxydes d'azote, avec les fumées refroidies sortant du réacteur (2) dans un conduit (14) d'entrée du dispositif (6) de séparation.

7. Installation (100) de traitement selon la revendication 6, dans laquelle le dispositif (6) de séparation comprend au moins un filtre à manches, un catalyseur pour la dénitrification étant réparti sur la surface des manches du filtre.

8. Installation (100) de traitement selon la revendication 6, dans laquelle le dispositif (6) de séparation comprend au moins un filtre à manches, un catalyseur pour la dénitrification étant placé à l'intérieur des manches du filtre.

1/1

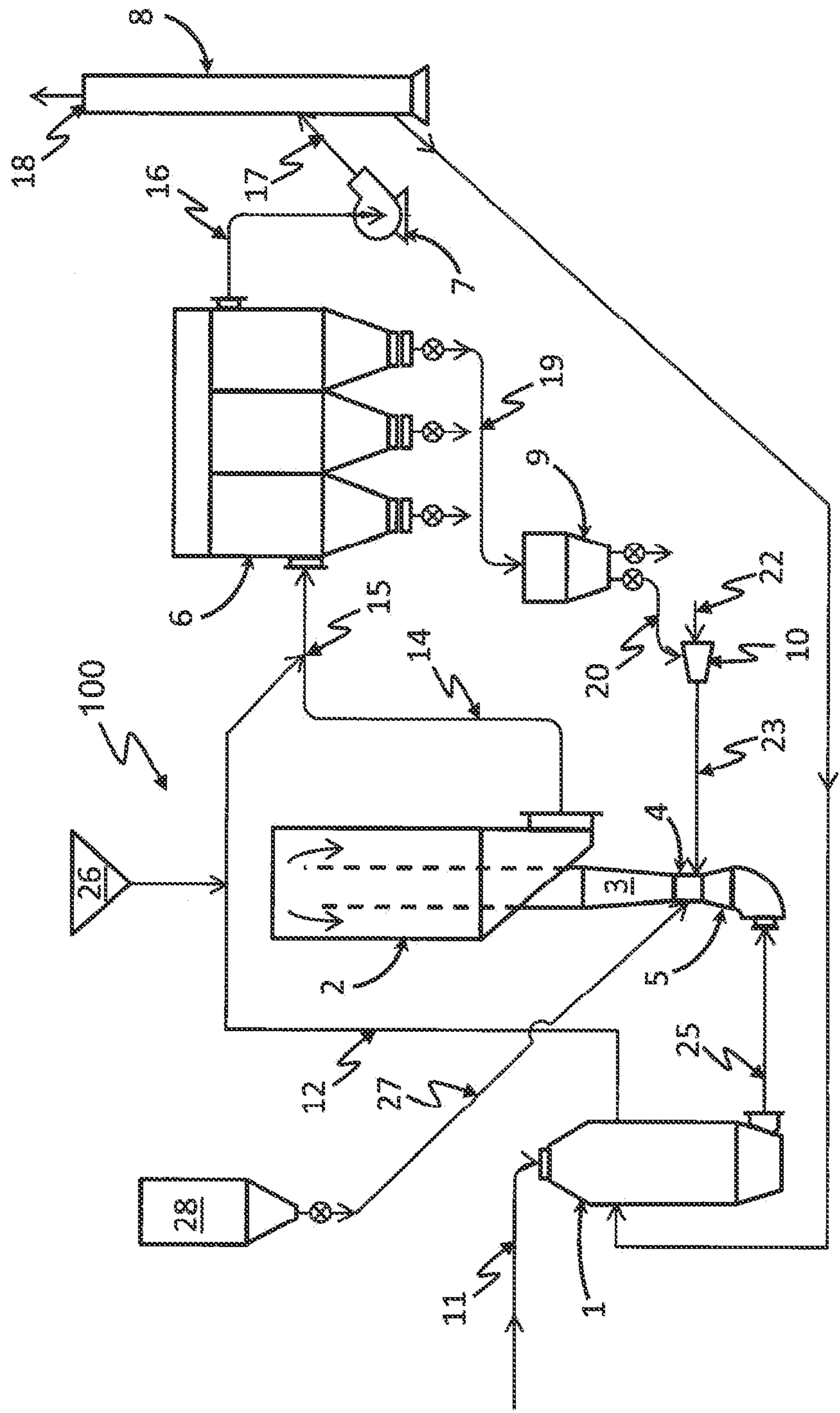


Figure 1

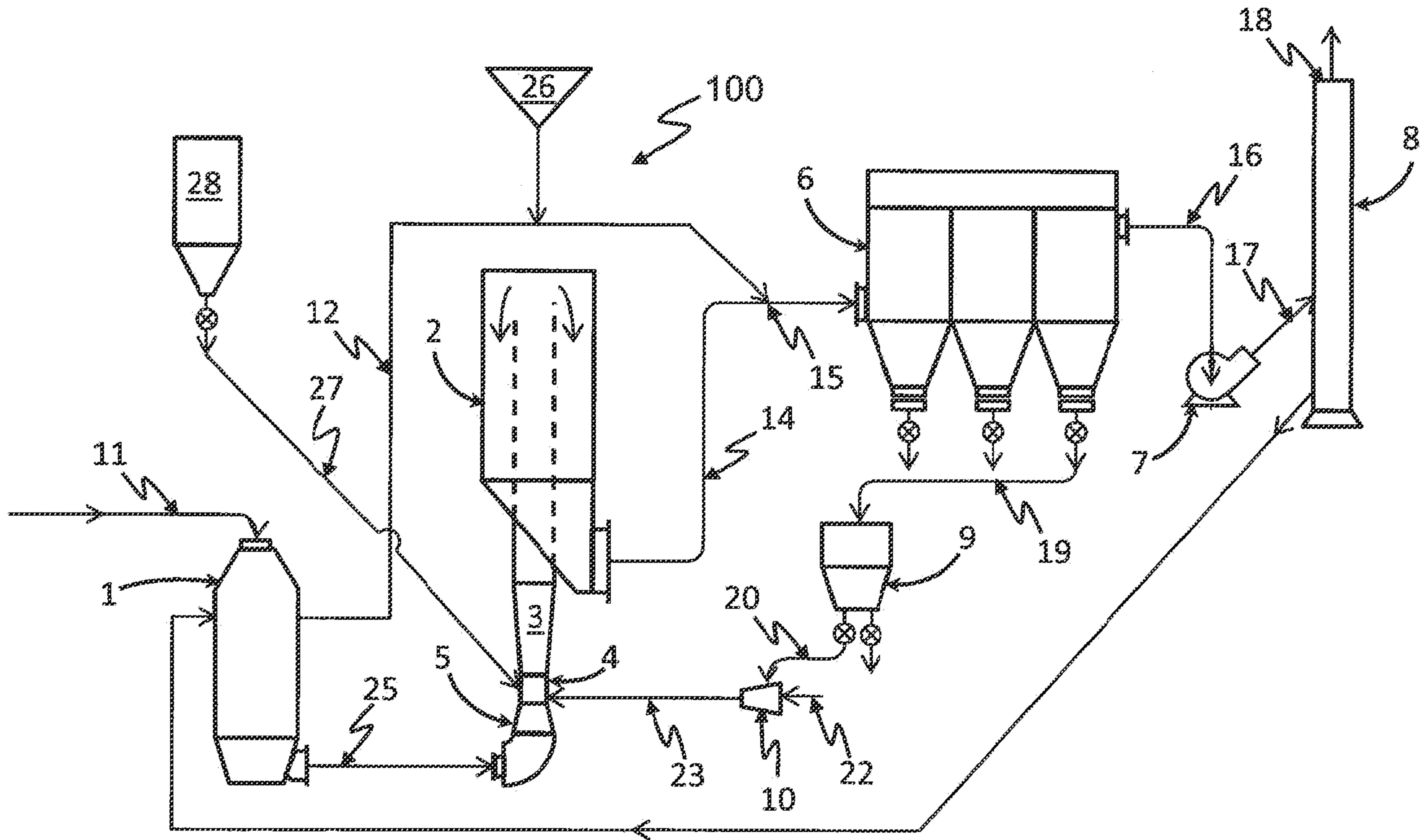


Figure 1