



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 32990 B1** (51) Cl. internationale : **C04B 7/36; C04B 7/43; F27D 17/00**
- (43) Date de publication : **02.01.2012**


-
- (21) N° Dépôt : **34045**
- (22) Date de Dépôt : **20.07.2011**
- (30) Données de Priorité : **23.12.2008 IT MI2008A002310**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2009/007818 17.12.2009**
- (71) Demandeur(s) : **ITALCEMENTI S.P.A., Via G. Camozzi 124 24121 Bergamo BG (IT)**
- (72) Inventeur(s) : **FEDI, Roberto ; CLAUSI, Antonio ; CINTI, Giovanni**
- (74) Mandataire : **CABINET AKSIMAN**

(54) Titre : **PROCESSUS DE PURIFICATION D'UN FLUX DE FUMÉES DE COMBUSTION ISSU D'UNE INSTALLATION DE PRODUCTION DE MACHEFER, ET APPAREIL ASSOCIE**

(57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION CONCERNE UN PROCESSUS DE PURIFICATION D'UN FLUX DE FUMÉES DE COMBUSTION ISSU D'UNE INSTALLATION DE PRODUCTION DE MACHEFER, LEDIT PROCESSUS COMPORTANT LES ÉTAPES OPÉRATIONNELLES SUIVANTES : A) ÉLIMINER LA POUSSIÈRE À UNE TEMPÉRATURE COMPRISE ENTRE 250 ET 400°C D'UN FLUX DE FUMÉES DE COMBUSTION QUITTANT UN PRÉCHAUFFEUR À SUSPENSION, FORMANT AINSI UN FLUX DE FUMÉES DE COMBUSTION EXEMPT DE POUSSIÈRE; B) RÉALISER SUR LEDIT FLUX DE FUMÉES DE COMBUSTION EXEMPT DE POUSSIÈRE UN TRAITEMENT DE RÉDUCTION CATALYTIQUE SÉLECTIVE DES NOX À L'AIDE D'UN AGENT RÉDUCTEUR, FORMANT AINSI UN FLUX PURIFIÉ DE FUMÉES DE COMBUSTION. LA PRÉSENTE INVENTION CONCERNE ÉGALEMENT UN APPAREIL DESTINÉ À RÉALISER LE PROCESSUS SUSMENTIONNÉ.

Abrégé

La présente invention concerne un processus de purification d'un flux de fumées de combustion issu d'une installation de production de mâchefer, ledit processus comportant les étapes opérationnelles suivantes : a) éliminer la poussière à une température comprise entre 250 et 400°C d'un flux de fumées de combustion quittant un préchauffeur à suspension, formant ainsi un flux de fumées de combustion exempt de poussière; b) réaliser sur ledit flux de fumées de combustion exempt de poussière un traitement de réduction catalytique sélective des NO_x à l'aide d'un agent réducteur, formant ainsi un flux purifié de fumées de combustion. La présente invention concerne également un appareil destiné à réaliser le processus susmentionné.

A handwritten signature or mark consisting of a long horizontal line with a vertical line intersecting it near the right end, and some scribbles above the intersection.

32990 02 JAN 2012

Processus de purification d'un flux de fumées de combustion issu d'une installation de production de mâchefer, et appareil associé

5 La présente invention se rapporte à un procédé de purification d'un flux de fumées de combustion provenant d'une installation de production de mâchefer et à l'appareil destiné à sa réalisation.

10 Le ciment est un liant hydraulique utilisé pour lier les matériaux solides inertes comme le sable et le gravier, formant ainsi du béton et du mortier, soit les composants de base en matière de construction. Sur le plan industriel, le ciment est fabriqué par le mélange et le broyage de mâchefer et de gypse avec des substances de correction comme la chaux, le laitier et la pouzzolane.

15 Dans le procédé de production du ciment, désigné par la technologie « à sec », le mâchefer est obtenu par la cuisson à haute température d'un mélange de matières premières consistant essentiellement dans la chaux (carbonate de calcium) et l'argile (silice, alumine, oxydes de carbone, ainsi que l'eau de cristallisation).

20 Les matières premières sont mélangées à l'état solide dans les proportions souhaitées, puis, elles sont finalement broyées jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène désignée par « farine crue » ou « mélange cru ». Dans la présente description, on entend par « farine crue » ou « mélange cru » la poussière homogène ainsi obtenue et qui est utilisée comme matière première pour produire les mâchefers. La farine crue est transformée en mâchefer par le biais de la cuisson à une température d'environ 1450°C dans un four rotatif qui consiste essentiellement en un cylindre rotatif incliné.

25 Durant son passage dans le four rotatif, la farine crue est chauffée à des températures pouvant atteindre 1450°C. Pendant le chauffage, la farine commence d'abord par se calciner complètement puis réagit pour former les silicates de calcium et les aluminates (réaction de scorification) qui représentent les principaux composants du mâchefer. Plus spécifiquement, pendant la réaction de scorification, une série de réactions chimiques se produisent entre l'oxyde de calcium, l'oxyde de silicone, l'oxyde d'aluminium et l'oxyde de fer. Ces réactions sont favorisées par le mélange d'une partie des matières premières elles-mêmes (les oxydes
30 d'aluminium et de fer).

L'énergie nécessaire pour que la réaction de scorification se produise est générée grâce à un brûleur placé à la tête du four rotatif, à l'extrémité opposée à celle sur laquelle la farine est chargée. Les carburants généralement utilisés sont le charbon, le coke de pétrole, le mazout, le méthane ainsi que les carburants alternatifs tels que la farine de viande.

L'énergie thermique est transmise à la farine crue qui subit un traitement par irradiation dans la zone de cuisson du brûleur (température avoisinant les 2000°C), et par convection et conduction à l'aide des gaz de combustion dans la partie restante du four.

5 Au terme du traitement par cuisson, le mâchefer obtenu est retiré du four rotatif, et il est immédiatement refroidi dans un aérorefroidisseur pour qu'il se stabilise.

Les procédés selon l'état de l'art sont illustrés et discutés à la lumière des figures suivantes :

- la figure IA représente le schéma d'une installation de production de mâchefer selon les développements les plus récents. Ladite installation comprend un four rotatif équipé d'un préchauffeur en suspension à 4 étages ;

10 - la figure IB montre un schéma d'une installation de production de mâchefer selon la dernière technique de pointe. Ladite installation comprend un four rotatif équipé d'un préchauffeur en suspension à 5 étages et d'un précalcineur ;

15 Dans ces figures, les lignes continues indiquent les flux de la matière solide, les lignes tiretées indiquent les flux du courant gazeux. Quant aux chiffres romains, ils indiquent les étages des préchauffeurs en suspension.

Dans les installations de production de mâchefer connues dans l'état de l'art, la farine crue, avant d'être acheminée vers le four rotatif, subit un traitement de préchauffage et, éventuellement, une précalcination.

20 Une des techniques de préchauffage les plus largement utilisées actuellement se base sur le « préchauffeur en suspension » ou le « préchauffeur à cyclone à plusieurs étages », qui consiste en une tour à cyclone dans laquelle chaque étape de préchauffage se déroule dans un ou plusieurs cyclones.

25 Dans ce type de préchauffeur, nous entendons par « premier cyclone » le cyclone dans lequel ont lieu la première étape de préchauffage et la première séparation entre la farine préchauffée et les fumées de combustion. Par « second cyclone », on entend le cyclone dans lequel ont lieu la deuxième étape de préchauffage et la seconde séparation entre la farine préchauffée et les fumées de combustion ; les autres cyclones du préchauffeur à cyclone à plusieurs étages sont définis de la même façon. Dans la présente description, le premier cyclone du préchauffeur, tout comme les autres cyclones, devrait toujours être défini
30 tel que déjà mentionné.

Le premier étage, à la différence des autres cyclones, est configuré de façon à minimiser le transport de poussières par les fumées de combustion depuis le four. Pourtant, la concentration de la poussière dans les fumées de combustion qui se dégagent du préchauffeur demeure élevée (autour de 50-100 g/Nm³).

- 5 Les étapes de préchauffage et de précalcination sont réalisées respectivement dans le préchauffeur 1 et dans le précalcineur 2 (Figures IA et IB). La réalisation de ces étapes permet à la farine partiellement calcinée (30-40%), qui a été préchauffée à une température d'environ 950°C, d'être acheminée vers le four rotatif 3, ce qui permet d'économiser l'énergie de façon significative dans la réaction de scorification qui intervient par la suite.
- 10 La réalisation de l'étape de préchauffage, accompagnée éventuellement de l'étape de précalcination, permet aussi l'utilisation de fours rotatifs de petite dimension, ce qui permet de réduire les pertes de chaleur qui surviennent dans ces fours et d'augmenter le rendement énergétique global du procédé de production du mâchefer.

- 15 Dans le préchauffeur, la farine crue du départ est graduellement chauffée d'une température de 40°C à 950°C à peu près. Le chauffage se fait en maintenant la farine en suspension dans un flux de gaz chauds, composés de fumées de combustion du four rotatif, et, éventuellement, de fumées de combustion du précalcineur, exploitant la grande surface d'échange thermique entre la farine et la phase gazeuse.

- 20 Dans l'étape de préchauffage, le temps pendant lequel la phase solide (la farine) est en contact avec la phase gazeuse (fumées de combustion du four rotatif) revêt une importance cruciale. Afin d'assurer un temps de contact optimal entre la phase solide et la phase gazeuse, le préchauffeur en suspension est muni d'une série de cyclones (de 4 à 6) dont l'un est disposé au-dessus de l'autre afin de former une tour de hauteur variable pouvant atteindre 130 à 150 m. Ce préchauffeur peut être défini comme un préchauffeur à cyclone à
- 25 plusieurs étages. La première étape de préchauffage, qui a lieu en amont de la tour, peut être réalisée dans deux cyclones parallèlement, afin de garantir une meilleure efficacité de séparation de la farine du flux gazeux avant que ce dernier ne sorte du préchauffeur.

- 30 Tel qu'illustré dans la figure IA, dans le préchauffeur à cyclone à plusieurs étages 1, les fumées de combustion provenant du four rotatif 3 et ayant une température comprise entre 900 et 1000°C à peu près passent à travers les cyclones du fond vers le haut (de IV à I). La farine crue du départ est mélangée avec les fumées de combustion dans le préchauffeur 1, à l'intérieur duquel elle est introduite à travers une entrée 4, disposée en amont du préchauffeur, entre le premier (I) cyclone et le second (II) cyclone. La farine crue traverse le

préchauffeur vers la sortie dans la partie inférieure, transportée depuis un cyclone à l'autre par le flux des fumées de combustion. Dans chaque cyclone, environ 80% de la phase solide (la farine) est séparée de la phase gazeuse (fumées de combustion) pour être par la suite réintroduite dans la phase gazeuse qui entre dans le cyclone d'en bas. D'autre part, la phase gazeuse contenant la fraction solide restante (environ 20% de la farine), coule vers le cyclone du dessus.

Au fond du préchauffeur 1, une farine préchauffée est obtenue dont la température avoisine 950°C. A partir de la dernière étape de préchauffage dans le préchauffeur à cyclone à étages multiples, la farine est déversée directement dans le four rotatif 3 pour la soumettre par la suite à la réaction de scorification.

Dans les installations équipées d'un précalcineur 2 (Figure IB), la farine préchauffée est acheminée du préchauffeur 1 vers une chambre de combustion adaptée 5, équipée d'un brûleur 6, à l'intérieur duquel s'effectue une opération de calcination partielle. La farine précalcinée quitte le précalcineur 2, puis elle est envoyée, conjointement avec les fumées de combustion du précalcineur 2, vers le dernier étage (V) du préchauffeur 1, et enfin vers le four rotatif 3.

Les fumées de combustion du précalcineur 2 s'écoulent conjointement avec celles du four rotatif 3 et montent en amont du préchauffeur 1 vers la sortie supérieure 7, après le premier cyclone.

Le flux gazeux quittant à travers la sortie 7 du préchauffeur, comprenant les fumées de combustion du four rotatif 3, et, éventuellement, celles du précalcineur 2, a une température comprise entre 270 et 360°C.

Selon l'état de l'art, dans les installations de production de mâchefer, avant que le flux soit libéré du flux dans l'atmosphère, il est généralement utilisé dans les autres étapes du processus de production de ciment (par exemple, dans le broyage et le séchage des matières premières ou encore comme air de combustion dans le four rotatif ou dans le précalcineur) pour que sa teneur thermique soit récupérée.

La préparation du mâchefer dans une installation de production de ciment comme celle décrite auparavant génère des volumes considérables d'émissions de gaz, ce qui pourrait polluer l'environnement.

Le flux gazeux sortant du préchauffeur se caractérise par une concentration élevée de substances polluantes, notamment les oxydes d'azote (NO_x) et les poussières.

Les oxydes d'azote (NO_x) dérivent principalement de l'opération de combustion qui se déroule dans le four rotatif, et, éventuellement, dans le précalcineur. Les principales techniques utilisées actuellement pour réduire les (NO_x) dans le flux gazeux quittant le préchauffeur sont au nombre de deux :

- 5 - une réduction non catalytique sélective qui prévoit la réaction des (NO_x) avec un réducteur comme l'ammoniac ou l'urée dans la zone à haute température du préchauffeur et
- une réduction catalytique sélective qui prévoit la réaction des (NO_x) avec le (NH_3) en tant qu'agent réducteur en présence d'un catalyseur.

- 10 La technique de réduction non catalytique sélective est efficace lorsqu'elle est utilisée sur un flux gazeux ayant une température comprise entre 800 et 900°C, et permet de réduire la plupart des (NO_x) présents dans le flux.

- 15 La technique de réduction catalytique sélective est d'une application récente dans le domaine de la production de l'énergie électrique et est en cours de développement dans l'industrie cimentière. Cette technique donne des résultats importants avec une réduction allant jusqu'à 90%. La technique de réduction sélective est efficace lorsqu'elle est utilisée sur un flux gazeux ayant une température comprise entre 300 et 400°C.

- 20 Compte tenu de la gamme des valeurs de température optimales nécessaires à la réduction des (NO_x), le dispositif de réduction catalytique sélective est installé dans les installations de production de mâchefer immédiatement en aval du préchauffeur, selon la direction du flux des fumées de combustion.

A la sortie du préchauffeur, après le premier étage de cyclone, les fumées de combustion sont à une température comprise entre 270 et 360°C à peu près, et contiennent de grandes quantités de (NO_x) ($> 1 \text{ g/Nm}^3$) et 50 à 100 g/Nm^3 de poussières.

- 25 Cette technique de réduction des (NO_x) appliquée dans les installations de production de mâchefer est généralement indiquée dans la littérature par le terme « réduction catalytique sélective à forte teneur en poussières », puisque la réduction des (NO_x) se fait sur un effluent gazeux dont la poussière n'a pas été éliminée.

- 30 L'application de cette technique a divers inconvénients liés principalement à la présence de grandes quantités de poussière dans les fumées de combustion sortant du préchauffeur. La poussière, qui se dépose sur la surface du catalyseur, affecte l'efficacité du système de

réduction catalytique sélective, et accroît en même temps la résistance du passage du flux gazeux et, par conséquent, la consommation de l'énergie liée à ce mouvement.

5 La présence de la poussière dans l'effluent gazeux traité signifie aussi une consommation énergétique élevée associée au besoin de nettoyer le catalyseur avec l'air comprimé, ainsi que la réduction de la durée de vie utile en raison de l'action abrasive qu'exerce la poussière sur la surface du lit catalytique. La forte teneur en poussière est liée essentiellement à l'efficacité limitée des cyclones du préchauffeur destinés à éliminer les poussières. Bien qu'ils soient conçus pour optimiser l'efficacité de la séparation, les cyclones ne sont efficaces que dans la séparation des poussières plus épaisses.

10 Un deuxième inconvénient de la technique de réduction catalytique sélective à forte teneur en poussières réside dans le fait qu'on peut trouver aussi dans les fumées de combustion sortant du préchauffeur des cendres provoqués par la combustion dans les brûleurs du four rotatif et du précalcineur de carburants alternatifs, comme les farines de viande. La présence de cendres (contenant des phosphates) empoisonne le catalyseur et limite par conséquent
15 son efficacité dans la réduction des (NO_x).

Parfois, les fumées contiennent des oxydes de soufre, essentiellement sous forme de (SO_2), selon la teneur en soufre des matières premières utilisées. La réduction des (SO_2) dans ces cas peut se faire par l'injection des composés à base d'oxyde de calcium et/ou d'hydroxyde de calcium dans les fumées de combustion, ce qui donne lieu à la formation de sulfate de calcium, ledit sulfate de calcium présente l'avantage d'être recyclable dans le processus de
20 production de mâchefer. L'efficacité de la réduction des oxydes de soufre en phase gazeuse, conformément à la technique susmentionnée est également limitée en raison de la présence dans les fumées de fortes concentrations de poussière, ce qui rend presque impossible le recyclage de la chaux qui ne réagit pas.

25 Il existe une autre technique par rapport à la technique de purification par réduction catalytique sélective à forte teneur en poussières susmentionnée. Il s'agit de la technique de réduction catalytique sélective à faible teneur en poussières. Cette technique envisage de réduire les (NO_x) au moyen d'une réduction catalytique sélective sur les fumées de combustion dont les poussières ont été auparavant éliminées au moyen du filtrage. Le
30 filtrage des fumées de combustion réduit de façon considérable les poussières à des valeurs avoisinant 5 à 10 g/Nm³, ce qui permet d'éviter l'engorgement du catalyseur et les problèmes de gestion résultant du procédé de réduction catalytique sélective des (NO_x).

Dans les installations qui adoptent la technique de réduction catalytique sélective à faible teneur en poussières, la réduction des (NO_x) est réalisée en tant que technique de « bout de chaîne », c'est-à-dire qu'elle intervient comme la dernière étape du traitement des fumées de combustion, avant leur libération dans l'atmosphère.

- 5 L'application de bout de chaîne est maintenant considérée comme étant la seule façon possible d'utiliser la technique de réduction catalytique à faible teneur en poussières dans les installations de production de mâchefer. En effet, dans presque toutes ces installations, la technique utilisée pour éliminer les poussières des fumées de combustion est le filtrage sur des filtres en tissu. Ces derniers étant considérés comme les seuls dispositifs capables
- 10 de garantir les niveaux bas d'émission de poussières fixés par les normes environnementales actuelles.

Toutefois, les filtres de tissu peuvent fonctionner seulement à une gamme de température limitée. Quel que soit le type de tissu employé, la température de fonctionnement ne peut en aucun cas dépasser 250°C . L'utilisation de la technique de réduction catalytique sélective à

15 faible teneur en poussières exige par conséquent l'installation de systèmes adaptés pour la réduction de la température des effluents gazeux à filtrer, par exemple des tours de refroidissement, des échangeurs de chaleur, une insertion d'air de dilution, ce qui entraîne une augmentation des coûts d'investissement dans les installations et de la consommation globale de l'énergie liés au procédé de purification des fumées de combustion.

- 20 De surcroît, puisque l'étape de réduction catalytique sélective, qui intervient après le filtrage des poussières, exige que la température de l'effluent gazeux traité soit comprise entre 300 et 400°C pour réduire de façon efficace les (NO_x), il est nécessaire de chauffer les fumées de combustion qui ne contiennent pas de poussière avant de les envoyer à la réduction catalytique. Ce qui correspond à une augmentation élevée de la consommation d'énergie du
- 25 procédé de purification.

Tous ces inconvénients empêchent l'application jusqu'à maintenant d'une technique prometteuse telle que la réduction catalytique sélective à faible teneur en poussières en matière de purification des fumées de combustion issues des installations de production de mâchefer.

- 30 L'objectif de la présente invention est de surmonter les inconvénients soulignés par les techniques les plus récentes.

Ainsi, un premier objet de la présente invention est un procédé pour la purification d'un flux de fumées de combustion issu d'une installation de production de mâchefer, qui comprend les étapes d'exploitation suivantes :

- 5 a) un dépoussiérage d'un flux de fumées de combustion provenant d'un préchauffeur en suspension à une température comprise entre 250 et 400°C, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumées de combustion sans poussière,
 - b) la soumission dudit flux de fumées de combustion sans poussière à un traitement de réduction catalytique sélective pour réduire les (NO_x) à l'aide d'un réducteur, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumée de combustion purifié.
- 10 Un second objet de la présente invention est un appareil destiné à la réalisation du procédé de purification d'un flux de fumées de combustion issu d'une installation de production de mâchefer, qui comprend :
- 15 i) un moyen pour l'élimination des poussières à une température comprise entre 300 et 400°C d'un flux de fumées de combustion sortant d'un préchauffeur en suspension, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumées de combustion sans poussière ;
 - 20 ii) un moyen pour soumettre le flux de fumées de combustion exempt de poussières à un traitement de réduction catalytique sélective des (NO_x) à l'aide d'un réducteur, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumées de combustion purifié, ledit moyen servant à réaliser ledit traitement étant relié au moyen de dépoussiérage d'où ils reçoivent un flux de fumées de combustion sans poussière.

25 Aux fins de la présente invention, on entend par le terme « fumées de combustion » le flux gazeux utilisé à l'intérieur d'un préchauffeur en suspension pour préchauffer la farine brute, ledit flux gazeux contient les fumées de combustion sortant du four de cuisson du mâchefer, et, le cas échéant, les fumées de combustion sortant d'un précalcineur.

Un aspect préféré du procédé ainsi que de l'appareil mis de l'avant par la présente invention est représenté sous forme de schéma dans la figure 2 ci-annexée.

30 Dans la figure 2 les lignes continues indiquent aussi les flux de la matière solide, les lignes tiretées les flux des courants gazeux, alors que les chiffres romains indiquent les cyclones du préchauffeur en suspension.



Dans le mode de réalisation illustré dans la figure 2, un flux de fumées de combustion 11, issu du four rotatif 8, circule du fond vers le haut dans un préchauffeur à cyclone à multi-étages 9 vers la sortie 12, disposée en haut du préchauffeur 9.

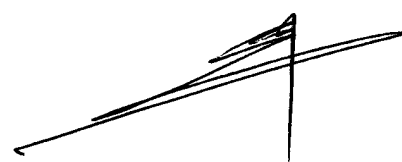
5 La farine crue de départ 13 est introduite dans le préchauffeur 9 à travers une entrée 18 disposée entre le premier cyclone (I) et le second (II). Dans le préchauffeur 9, la farine crue 13 se mêle avec les fumées de combustion 11 qui restent en suspension dans la phase gazeuse, et, qui chauffent en même temps. La farine crue 13 descend à travers le préchauffeur 9 du haut vers le bas, dans la direction opposée à celle du flux ascendant du flux des fumées de combustion 11. Au terme du préchauffage, la farine crue 14, qui est
10 une température d'environ 950°C, est déchargée du fond du préchauffeur 9 et déposée dans le four rotatif 8 où elle subit une réaction de scorification.

Le flux de fumées de combustion 11 quittant la sortie 12 du préchauffeur 9 est acheminé pour subir l'étape a du procédé de la présente invention. A l'étape a, le flux 11 est soumis au dépeussierage à une température comprise entre 250 et 400°C, préférablement entre 270 et
15 360°C. Cette gamme de température est généralement celle que l'on rencontre dans un flux de fumées de combustion sortant de la tête du préchauffeur en suspension du cyclone à 4 et 6 étage.

Dans le mode de réalisation illustré dans la figure 2, le dépeussierage du flux de fumées de combustion 11 sortant du préchauffeur 9 est réalisé grâce à la technique de précipitation électrostatique. A cet effet, l'appareil mis de l'avant par la présente invention comprend un électro-filtre 10. L'électro-filtre 10 permet de dégager la poussière du flux de fumées de combustion 11 à une température élevée comprise entre 250 et 400°C, ce qui permet d'éviter les opérations de refroidissement du flux gazeux, qui sont pourtant essentielles dans le cas de filtrage sur des filtres de tissu.

25 Aux fins de la présente invention, au lieu de la précipitation électrostatique, il est possible d'utiliser toute autre technique de filtrage adaptée pour éliminer les poussières du flux de fumées de combustion sortant du préchauffeur aux mêmes températures de fonctionnement d'un électro-filtre.

30 A l'étape a du procédé mis de l'avant par la présente invention, un flux de fumées de combustion sans poussière 15 et un résidu poussiéreux 16 comprenant une partie de la farine crue préchauffée sont formés. La farine crue ainsi récupérée peut être recyclée dans le procédé de production de mâchefer, par exemple en l'insérant de nouveau dans le préchauffeur 9 à travers l'entrée 18.



Quel que soit le moyen utilisé pour réaliser l'étape *a*, le dépoussiérage du flux de fumées de combustion 11 dans l'étape *a* réduit la concentration de la poussière dans le flux des fumées de combustion 15 à une valeur inférieure à 15 g/Nm^3 , plus préférablement, inférieure à 10 g/Nm^3 et plus préférablement inférieure à 5 g/Nm^3 .

5 A l'étape *b* suivante du procédé mis de l'avant par la présente invention sur le flux de fumées de combustion sans poussière 15, un traitement de réduction catalytique sélective est effectué à l'aide de réducteurs tels que l'ammoniac. Le traitement de réduction catalytique sélective peut être réalisé par un appareil de réduction catalytique sélective adapté (voir
10 appareil 20 dans la figure 2), conformément aux techniques connues dans l'état de l'art. Le réducteur peut être introduit dans le flux gazeux à l'intérieur du dispositif de réduction catalytique sélective. Alternativement, l'ammoniac éventuellement présent dans le même flux de fumées de combustion, soumis à un traitement par réduction catalytique sélective, peut être utilisé comme réducteur. Cet ammoniac provient du traitement par la chaleur des
15 matières premières envoyées au préchauffeur et il est transporté par les fumées de combustion à travers l'électro-filtre jusqu'au catalyseur du dispositif de réduction catalytique sélective. Si la quantité d'ammoniac dérivé des matières premières n'est pas suffisante, il est possible d'ajouter une quantité supplémentaire d'ammoniac ou un autre réducteur dans le flux gazeux.

20 Pendant le traitement par réduction catalytique sélective de l'étape *b*, les (NO_x) sont convertis en (N_2) et en vapeur. Au terme de l'étape *b*, se dégage du réducteur 20 un flux de fumées de combustion purifié 17, considérablement débarrassé de la poussière et de (NO_x) .

Dans un mode de réalisation préféré, le procédé mis de l'avant par la présente invention comprend une autre étape *c* qui consiste à soumettre le flux de fumées de combustion purifié 17 sortant de l'appareil de réduction catalytique sélective 20 à un ou plusieurs
25 traitements pour en éliminer plus de polluants et/ou à une récupération de la chaleur.

A cet effet, l'appareil en question, objet de la présente invention prévoit la présence de moyens de traitement adaptés, soit un moyen pour la purification des polluants et/ou un moyen de récupération de la chaleur.

30 Un premier traitement de purification auquel il est possible de soumettre le flux de fumées de combustion purifié 17 est un procédé de réduction des oxydes de soufre (désulfuration), plus particulièrement la réduction des (SO_2) . Préférablement, ce procédé envisage l'injection de composés à base d'oxyde de calcium et/ou d'hydroxyde de calcium dans le flux de fumées de combustion 17, à l'aide d'un appareil d'injection adapté. Le procédé de désulfuration

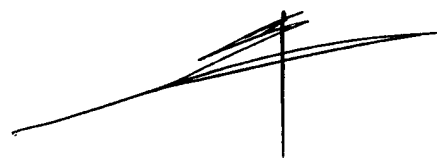
susmentionné (non illustré dans la figure 2) peut être réalisé soit avant soit après avoir soumis le flux de fumées de combustion purifié 17 à une étape de récupération de la chaleur.

- 5 Afin de récupérer la chaleur du flux de fumées de combustion sortant du réducteur du système de réduction catalytique sélective 20, le flux 17 peut être acheminé vers d'autres étapes du procédé de production de mâchefer ou, de façon plus générale, vers d'autres étapes du procédé de production de ciment, par exemple dans le broyage et le séchage des matières premières ou autres matières en tant qu'air de combustion dans le four rotatif et/ou dans le précalcineur.
- 10 Alternativement, la chaleur résiduelle des fumées de combustion purifiées 17 peut être récupérée à l'aide d'un moyen de récupération de chaleur adapté. A cet effet, l'appareil mis de l'avant par la présente invention peut par exemple comprendre un échangeur de chaleur air/air, air/huile diathermique, air/eau-vapeur ou une tour de refroidissement qui fonctionne à l'eau (tour de refroidissement 18 dans la figure 2).
- 15 Le procédé dont il est question dans la présente invention peut également être appliqué dans les installations de production de mâchefer équipées d'un précalcineur. Dans ce cas, les fumées de combustion du four rotatif sont envoyées au précalcineur, puis, ces fumées ainsi que les fumées de combustion du précalcineur, sont envoyées au préchauffeur en suspension 9.
- 20 Le procédé et l'appareil mis de l'avant par la présente invention peuvent être appliqués aussi bien aux installations actuelles qu'aux nouvelles installations de production de mâchefer.

Le procédé de la présente invention ainsi que l'appareil qui lui est associé, présentent différents avantages par rapport aux procédés et aux appareils connus jusqu'ici dans l'art.

- 25 D'abord, le procédé de la présente invention rend possible l'application effective de la technique de réduction catalytique sélective à faibles poussières pour purifier les fumées de combustion dans un procédé de production de mâchefer, ce qui permet d'éviter les inconvénients relevés par les développements les plus récents de l'art.

- 30 L'installation et le procédé qui, selon la présente invention, éliminent les poussières des fumées de combustion quittant le préchauffeur à une température élevée permettent à un effluent gazeux ne contenant pas de poussière de subir le traitement de purification suivant qui sert à éliminer les (NO_x), et, éventuellement, les autres polluants, et ils offrent une série d'avantages importants.

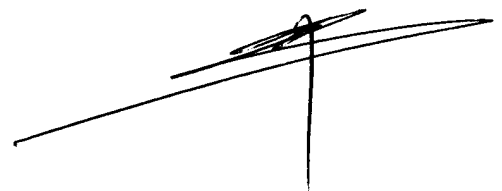


La faible teneur en poussières des fumées de combustion qui ont été sujettes à la réduction catalytique sélective des (NO_x) rend possible ce qui suit :

- obtenir une grande efficacité de réduction des (NO_x) et, en même temps améliorer la fiabilité et la continuité opérationnelle du réducteur;
- 5 - diminuer les interventions d'entretien sur le système de réduction catalytique sélective en raison de l'engorgement du catalyseur, de l'empoisonnement, etc.;
- réduire l'occurrence des pertes de charge du flux des fumées de combustion qui passe à travers le catalyseur et par conséquent la consommation d'énergie liée à son déplacement;
- réduire de façon significative la consommation de l'air comprimé nécessaire au nettoyage
10 du catalyseur;
- prolonger la durée de vie utile du catalyseur grâce à la réduction de l'action abrasive de la poussière;
- utiliser un catalyseur de plus petite dimension, ce qui réduit le volume et les coûts du système de réduction catalytique sélective;
- 15 - réduire de façon significative les problèmes courants d'encrassement des échangeurs de chaleur, lorsque ces dispositifs sont utilisés pour récupérer l'énergie thermique résiduelle des fumées de combustion résultant du traitement de réduction catalytique sélective.

De plus, au cas où des carburants alternatifs sont utilisés dans le procédé de production de mâchefer, l'électro-filtre garantit la réduction des cendres qui se forment éventuellement
20 (contenant généralement des phosphates) et qui peuvent être responsables de l'empoisonnement du catalyseur. Un autre avantage de la présente invention est par conséquent de faire usage d'une technologie de réduction catalytique sélective compatible avec l'utilisation de tous types de carburants alternatifs.

L'exemple suivant sert simplement à illustrer la présente invention et non à en limiter la
25 portée de protection fixée dans les revendications ci-annexées.



Exemple 1 :

Un appareil selon la présente invention comprenant un préchauffeur en suspension muni d'un cyclone à 4 étages, un électro-filtre et un système de réduction des (NO_x) a été testé.

5 Un flux de fumées de combustion issu d'un préchauffeur en suspension, ayant une température de 350°C et une concentration de poussière d'environ 70 g/Nm^3 a subi un dépoussiérage dans un électro-filtre qui fonctionne à la même température. Le flux de fumées de combustion sans poussière à la sortie de l'électro-filtre a une concentration de poussière d'environ 5 g/Nm^3 .

10 Les fumées de combustion purifiées sortant de l'électro-filtre ont subi un traitement de réduction catalytique sélective dans un dispositif destiné à cette fin. La réduction catalytique sélective a été effectuée à une température d'environ 320°C , en présence du (NH_3) en tant que réducteur ($100\text{-}150 \text{ mg/Nm}^3$, cette valeur réfère aux fumées anhydres et à 10% du volume de (O_2)). L'ammoniac était présent dans les fumées de combustion puisqu'il dérive des matières premières.

15 Les fumées de combustion purifiées sortant de l'électro-filtre et qui sont envoyées au dispositif de réduction catalytique sélective ont une concentration de poussière d'environ 5 g/Nm^3 et une température d'environ 350°C . Les fumées de combustion présentaient aussi une forte concentration de (SO_2) ($100\text{-}200 \text{ mg/Nm}^3$, cette valeur réfère aux fumées anhydres et à 10% du volume de (O_2)).

20 Pendant le test, on a mesuré l'efficiéce de la réduction des (NO_x), la consommation d'énergie électrique pour le nettoyage avec l'air comprimé du catalyseur, les pertes de charge causées par l'engorgement du catalyseur, la durée de vie du catalyseur et la fréquence des problèmes qui affectent le four rotatif.

25 Les résultats du test sur l'appareil susmentionné (indiqués au tableau 1 sous le titre « Appareil de la présente invention ») figurent dans le tableau 1 ci-après qui présente aussi des données sur le traitement par réduction catalytique sélective des fumées de combustion issues d'une installation de production de mâchefer de type traditionnel (désignée dans le tableau par « appareil traditionnel »).

30 Dans l'appareil traditionnel, les fumées de combustion soumises au traitement par réduction catalytique sélective proviennent d'un préchauffeur en suspension muni d'un cyclone à 5 étages et ont une température d'environ 310°C . La concentration de la poussière dans les fumées traitées dans le système de réduction catalytique sélective dépassait les 70 g/Nm^3 .

Dans l'appareil traditionnel, les fumées de combustion contenaient de petites concentrations de (NH₃) et de (SO₂) dérivant des matières premières. Le (NH₃) a été ajouté au flux gazeux traité de façon à mettre en œuvre le procédé de réduction catalytique sélective dans des conditions les plus proches possible de celles de l'appareil mis en avant par la présente invention.

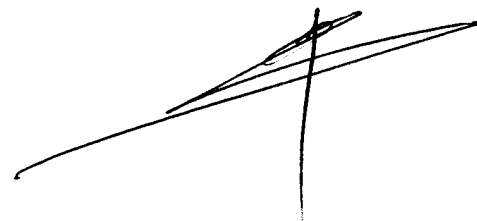
Tableau 1

Paramètre	Unité	Appareil de la présente invention	Appareil traditionnel
Température	°C	320	310
Efficiéce de réduction des (NO _x)	%	99	>90
Système de nettoyage	Kwh/t _{mâchefer}	0,2 (discontinu)	2 (continu)
Durée de vie du catalyseur	---	>5 ans	3-5 ans
Interruptions dans le fonctionnement du four rotatif	---	Aucune	Fréquentes
Pertes de charge	---	Tel que prévu	En augmentation progressive en raison de l'engorgement du lit catalytique

Les résultats du tableau 1 démontrent à quel point l'appareil et le procédé de la présente invention permettent aussi d'améliorer l'efficiéce du système de traitement de réduction catalytique sélective par rapport à un traitement analogue inséré dans une installation de production de mâchefer traditionnelle.

Les résultats montrent aussi que l'appareil de la présente invention se caractérise par une excellente régularité de fonctionnement et par une faible consommation d'énergie en ce qui concerne le nettoyage du catalyseur.


Enfin, il convient de noter qu'une modeste élimination des poussières sur les fumées de combustion à l'aide d'un électro-filtre (jusqu'à des concentrations atteignant 1g) suffit pour accroître de façon significative l'efficacité du dispositif de réduction catalytique sélective.



Revendications

- 1) Un procédé de purification d'un flux de fumées de combustion issu d'une installation de production de mâchefer comprenant les étapes d'exploitation suivantes :
- 5 a) le dépoussiérage à une température comprise entre 250 et 400°C d'un flux de fumées de combustion sortant d'un préchauffeur en suspension, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumées de combustion sans poussière;
- b) la soumission dudit flux de fumées de combustion exempt de poussières à un traitement de réduction catalytique sélective des (NO_x) avec un réducteur, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumées de combustion purifié.
- 10 2) Un procédé selon la revendication 1 où l'étape a) est réalisée à une température comprise entre 270 et 360°C.
- 3) Un procédé selon les revendications 1 ou 2 où le dépoussiérage de l'étape a) réduit la concentration de la poussière dans le flux de fumées de combustion exempt de poussière à des valeurs inférieures à 15 g/Nm³, préférablement inférieures à 10 g/Nm³, et plus
- 15 préférablement inférieures à 5 g/Nm³.
- 4) Un procédé selon la revendication 1 qui comprend en outre les étapes d'exploitation que voici:
- c) la soumission du flux de fumées de combustion purifié à d'autres traitements en vue d'en éliminer les autres polluants et/ou à une récupération de la chaleur.
- 20 5) Un procédé selon la revendication 4 où l'étape c) comprend un traitement visant à réduire les oxydes de soufre présents dans le flux de fumées de combustion purifié, plus particulièrement les (SO₂), préférablement en injectant dans ledit flux de fumées de combustion purifié des composés à base d'oxyde de calcium et/ou d'hydroxyde de calcium.
- 6) Un procédé selon les revendications 4 ou 5 où l'étape c) comprend une récupération de la
- 25 chaleur du flux de fumées de combustion purifié à l'aide d'au moins un échangeur de chaleur et/ou une tour de refroidissement.
- 7) Un procédé selon une quelconque des revendications précédentes où le dépoussiérage de l'étape a) est réalisé au moyen d'une précipitation électrostatique.

- 8) Un procédé selon une quelconque des revendications précédentes où le réducteur utilisé dans le traitement de réduction catalytique sélective est l'ammoniac.
- 9) Un appareil conçu pour la réalisation du procédé de purification d'un flux de fumées de combustion issu d'une installation de production de mâchefer composé de :
- 5 i) un moyen pour enlever la poussière à une température comprise entre 250 et 400°C d'un flux de fumées de combustion sortant d'un préchauffeur en suspension, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumées de combustion exempt de poussières;
- ii) un moyen pour réaliser le traitement de réduction catalytique sélective des (NO_x) à l'aide d'un réducteur sur un flux de fumées de combustion sans poussières, ce qui donne lieu à la formation d'un flux de fumées de combustion purifié ; ledit moyen de réalisation dudit traitement étant relié au moyen de dépoussiérage d'où ils reçoivent un flux de fumées de combustion exempt de poussières.
- 10 10) Un appareil selon la revendication 9 où le moyen de dépoussiérage comprend un précipitateur électrostatique.
- 15 11) Un appareil selon les revendications 9 ou 10 qui comprend également un moyen pour l'élimination d'autres polluants d'un flux de fumées de combustion purifié et/ou un moyen pour la récupération de leur chaleur.
- 12) Un appareil selon la revendication 11 où le moyen destiné à l'élimination des autres polluants présents dans un flux de fumées de combustion purifié comprend un dispositif qui permet de réduire les oxydes de soufre, notamment les (SO₂), préférablement un dispositif pour l'injection dans lesdites fumées de composés à base d'oxyde de calcium et/ou d'hydroxyde de calcium.
- 20 12) Un appareil selon la revendication 11 où le moyen destiné à l'élimination des autres polluants présents dans un flux de fumées de combustion purifié comprend un dispositif qui permet de réduire les oxydes de soufre, notamment les (SO₂), préférablement un dispositif pour l'injection dans lesdites fumées de composés à base d'oxyde de calcium et/ou d'hydroxyde de calcium.
- 13) Un appareil selon les revendications 10 ou 11 où le moyen de récupération de la chaleur contenue dans le flux de fumées de combustion purifié comprend un échangeur de chaleur et/ou une tour de refroidissement.
- 25



1/2

Fig. 1B

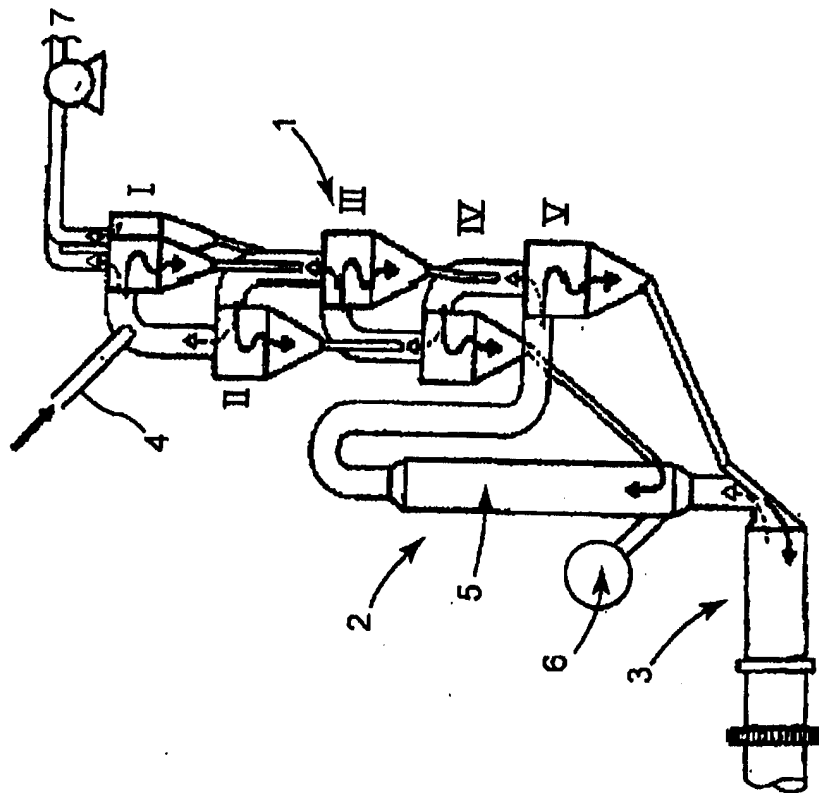
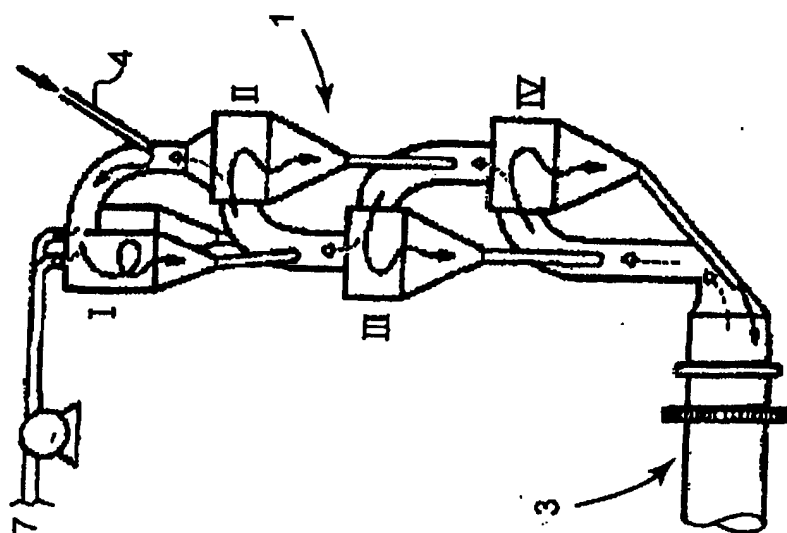


Fig. 1A



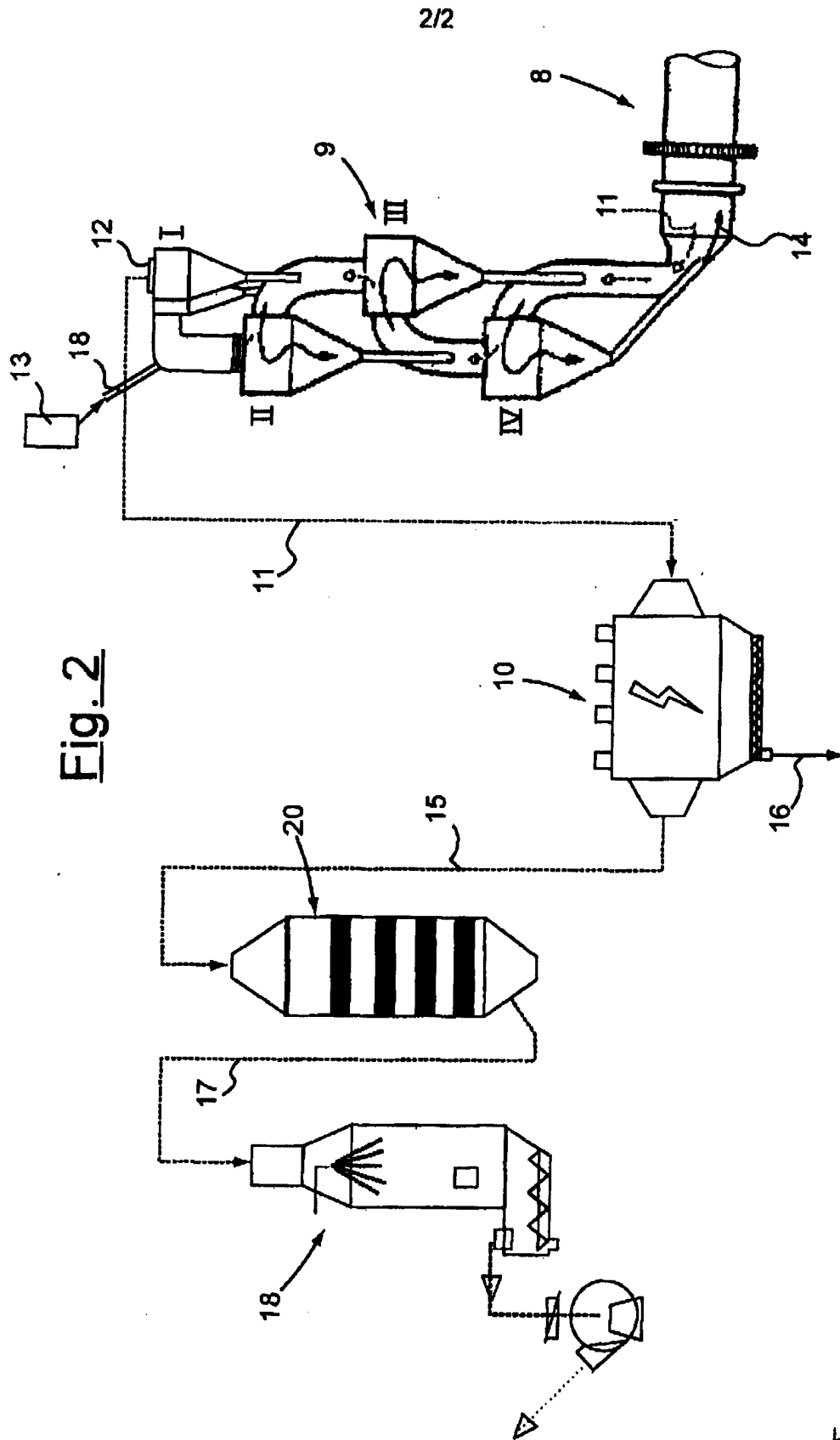


Fig. 2