



(43) Date de la publication internationale
29 décembre 2016 (29.12.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/207159 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F23J 15/00 (2006.01) *B01D 53/90* (2006.01)
B01D 53/83 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/064311

(22) Date de dépôt international :
21 juin 2016 (21.06.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
2015/5378 22 juin 2015 (22.06.2015) BE

(71) Déposant : SA LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT [BE/BE]; 28, rue Charles Dubois, 1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve (BE).

(72) Inventeurs : DE BOIS, Kevin; 38, rue de l'Yser, 5020 Veldrin (BE). LALOIX, Donatien; 20, rue du Prétéry, 5530 Purnode (BE).

(74) Mandataire : GEVERS PATENTS; Holidaystraat 5, 1831 Diegem (BE).

(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, 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, 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, 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))

(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR TREATING FLUE GASES

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE GAZ DE FUMÉES

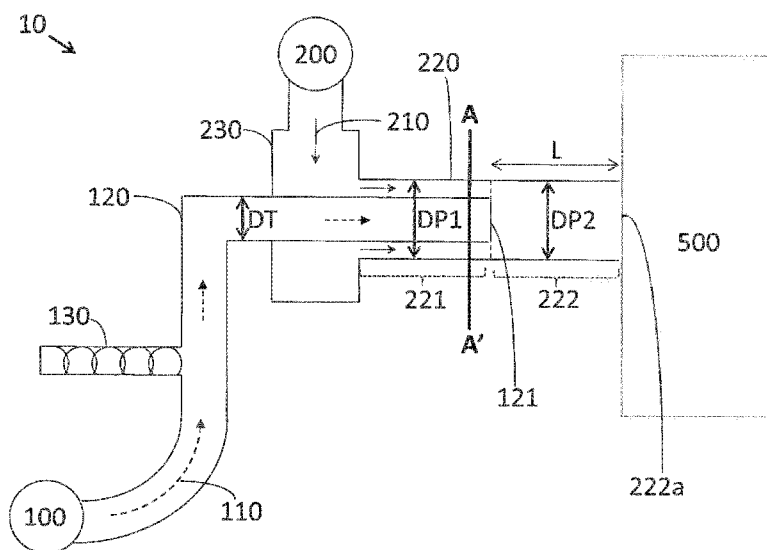


Figure 1

(57) Abstract : Device (10) for injecting powders into a furnace pipe (500), comprising a chamber (230) connected to a peripheral pipe (220) and, on the other hand, to the said furnace pipe via the said peripheral pipe (220), which comprises a first part (221) of diameter DP1, and a second part (222) of diameter DP2, having a downstream end (222a) and intended to be in communication with the furnace pipe, and a powder conveying pipe (120) which has a diameter DT and a downstream end (121), characterized in that the second part of the peripheral pipe has a length $L \geq \text{diameter } (DP2)$ of the second part of the peripheral pipe, and in that the diameter (DT) and the diameter (DP2) are connected by the relationship $0 < DP2 - DT < 1/2 \text{ DT}$.

(57) Abrégé : Dispositif (10) d'injection de poudres dans une conduite de four (500), comprenant une chambre (230) reliée à une conduite périphérique (220) et d'autre part à la dite conduite de four par l'intermédiaire de la dite conduite périphérique (220), laquelle comprend une première partie (221) de diamètre DP1, et une deuxième partie (222) de diamètre DP2, présentant une extrémité aval (222a), et prévue pour être en communication avec la conduite de four, et une conduite de

[Suite sur la page suivante]



transport (120) de poudres, laquelle présente un diamètre DT et une extrémité aval (121), caractérisé en ce que la deuxième partie de la conduite périphérique présente une longueur $L \geq$ au diamètre (DP2) de la deuxième partie de la conduite périphérique, et en ce que le diamètre (DT) et le diamètre (DP2) sont reliés par la relation $0 < DP2 - DT < 1/2 DT$.

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DE GAZ DE FUMÉES

La présente invention concerne un procédé de traitement de fumées de combustion, aussi appelé procédé de traitement de gaz de fumées, dans une conduite de four par un composé pulvérulent ainsi que le dispositif pour sa mise en œuvre.

Par conduite de four, au sens de la présente invention, on entend la zone de postcombustion (également appelée chaudière) et/ou toute conduite ou tout dispositif dans lesquels passent des gaz de fumées, en aval de la zone de postcombustion et en amont de la cheminée d'évacuation desdits gaz de fumées.

Le procédé et le dispositif visés par la présente invention sont applicables au traitement des fumées issues d'une combustion de combustibles conventionnels ou de substitution, liquides ou solides. Ces combustions ou traitements thermiques sont effectués dans des enceintes telles que des chaudières, des fours, des incinérateurs, sans que ceci soit limitatif, qui seront dans la suite du texte appelées indifféremment fours.

Ces combustions produisent des fumées à haute température qui sont généralement évacuées dans l'atmosphère par une cheminée. Outre les cendres volantes, ces fumées comportent généralement des gaz acides tels que HCl, HF, SO₂, SO₃,... et d'autres polluants tels que les métaux lourds (Hg,...), les dioxines et/ou les furannes. Ces gaz sont nocifs pour l'environnement et la santé, et il est souhaitable de les éliminer avant d'évacuer les fumées dans l'atmosphère.

A cette fin, un procédé connu, appelé abattement, consiste en l'injection de réactifs pulvérulents, dans la conduite de four, au sein des fumées. De tels composés incluent notamment des composés calco-magnésiens, tels que de la chaux hydratée pulvérulente, ou des composés carbonés tels que du charbon actif ou du coke de lignite, par exemple. On entend par chaux hydratée pulvérulente, également appelée chaux éteinte, un ensemble de particules solides principalement constituées d'hydroxyde de calcium Ca(OH)₂. D'autres composés minéraux peuvent aussi être utilisés tels que des composés sodiques comme un carbonate ou un bicarbonate de sodium ou encore les composés utilisés pour l'abattement des

dioxines, furannes et/ou métaux lourds dont le mercure, comme par exemple, ceux à base de phyllosilicates, tels la sépiolite ou l'halloysite ou analogues.

Un tel procédé d'abattement impose cependant de nombreuses contraintes, en termes de débit de transport, de débit d'injection et de dispersion radiale du composé pulvérulent au sein de la conduite de four, qui sont
5 actuellement difficiles à concilier.

En premier lieu, l'injection de la poudre (composé pulvérulent) dans la conduite de four doit être réalisée à un débit supérieur aux débits des fumées présentes dans ladite conduite de four, et ce, afin d'éviter que la poudre s'y
10 disperse mal et, dans certains cas, s'agglomère contre les parois de la conduite de four, sous l'effet d'une pression trop élevée de ces gaz. La vitesse de telles fumées peut atteindre plus de 30 m/s, voire plus de 50 m/s.

En deuxième lieu, le transport de la poudre jusqu'au point d'injection dans la conduite de four doit être réalisé à des vitesses de l'ordre de 15 à 20 m/s, des vitesses plus élevées risquant de conduire à des phénomènes de
15 friction/d'attrition et/ou de colmatage de la poudre dans la conduite de transport, ce dernier phénomène pouvant également conduire, lorsque la poudre est à base de chaux éteinte, à une carbonatation de celle-ci.

Enfin, la poudre doit être dispersée de façon homogène sur toute la section transversale de la conduite de four (par rapport au flux des fumées dans la
20 conduite de four) afin de permettre un abattement homogène et efficace des polluants gazeux. Cette dispersion dépend notamment de la taille de la conduite de four ainsi que du débit des gaz qui la traversent. Or, une telle conduite présente généralement, en son centre, des « veines », à savoir des zones où la vitesse des gaz
25 de fumées est plus importante, ce qui nuit à une distribution homogène de la poudre au sein de la conduite de four. Pour résoudre ces problèmes de dispersion, on utilise actuellement des « lances pénétrantes », c'est-à-dire des canalisations métalliques qui pénètrent à l'intérieur de la conduite de four et qui sont donc entièrement soumises aux fumées.

30 Ces « lances pénétrantes » présentent encore malgré tout de nombreux inconvénients.

Tout d'abord, elles résistent très difficilement aux conditions de température et d'acidité auxquelles elles sont exposées dans la conduite de four et présentent une durée d'utilisation très limitée, notamment inférieure à un mois lorsqu'elles sont soumises à de hautes températures. Elles nécessitent donc un
5 remplacement fréquent ce qui, en plus de générer des coûts d'exploitation non négligeables, requiert d'arrêter le four, parfois pendant plusieurs jours. Relancer la combustion après chaque arrêt de four, pour le remplacement des lances pénétrantes, est problématique dès lors que ces fours n'atteignent ni rapidement ni aisément leur équilibre dans la combustion.

10 Ces « lances pénétrantes » sont également sujettes au colmatage intérieur à cause des propriétés du composé pulvérulent et de son pouvoir d'agglomération.

Par conséquent, ces « lances pénétrantes », bien que permettant une bonne dispersion de la poudre dans la conduite de four, posent de nombreux
15 problèmes de mise en œuvre, notamment en termes de maintenance, peu compatibles avec l'application visée puisqu'elles ne permettent pas un fonctionnement optimal du four.

Le document US 2013/0125749 décrit un dispositif et un procédé d'abattement de gaz acides et de métaux lourds dans une conduite de four utilisant
20 une tuyère de transport d'absorbant et une tuyère d'injection d'air périphérique, ces tuyères étant concentriques et débouchant à la surface interne de la conduite de four. Ce procédé et ce dispositif souffrent cependant d'inconvénients.

Tout d'abord, ils sont applicables à des températures de fumées inférieures ou égales à 454°C (850°F). De telles températures ne permettent pas
25 toujours d'atteindre les conditions optimales d'abattement. En effet, la température optimale d'abattement de polluants gazeux dépend notamment de la nature du polluant à abattre ainsi que de la nature du composé pulvérulent utilisé. Par exemple, dans le cas d'un composé pulvérulent à base de chaux éteinte, il a été constaté que la réaction entre la chaux éteinte pulvérulente et le SO₂ gazeux peut notamment être
30 favorisée dans la gamme de température comprise entre 850°C (1562°F) et 1150°C (2102°F).

De plus, ce document suggère de mettre en œuvre des débits d'air périphérique extrêmement importants, jusqu'à 6 000 m³/h, conduisant à un ratio de débit massique d'air périphérique sur le débit des gaz de fumées compris entre 3 et 5 %. De tels débits vont inévitablement perturber le fonctionnement général de l'installation de traitement des gaz de fumées.

En effet, avec des débits d'air périphérique aussi élevés, comparativement au débit des gaz de fumées, la quantité d'air apporté dans les gaz de fumées n'est pas négligeable et va notamment entraîner un refroidissement indésirable de ces gaz de fumées, réduisant dès lors le rendement énergétique global du four. Un tel dispositif aura également pour effet d'augmenter le débit total et la teneur en oxygène des gaz de fumées situées en aval de celui-ci, obligeant dès lors l'opérateur à modifier sa ligne de traitement des gaz de fumées en conséquence.

Il existe également des procédés de dénitrification des gaz de fumées à l'aide d'une solution aqueuse d'ammoniaque comme notamment décrit dans le document EP0337073 qui divulgue également un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé. Il est évident que des procédés de ce genre ne sont pas confrontés aux mêmes problèmes que lors d'injection de produits pulvérulents, notamment concernant les contraintes de débit de transport.

La présente invention a donc pour but de pallier les inconvénients de l'état de la technique en procurant un dispositif de traitement de fumées par un composé pulvérulent d'abattement de polluant qui ne souffre pas des inconvénients précités, à savoir qui procure un rendement d'abattement de polluant élevé sans recourir à un dispositif pénétrant et en perturbant le moins possible le fonctionnement global de l'installation de traitement des gaz de fumées.

Il a pour cela été mis au point un dispositif et un procédé de traitement par un composé pulvérulent d'abattement de polluants de gaz de fumées dans une conduite de four permettant de s'adapter à une large gamme de conditions opératoires, notamment en termes de température des gaz de fumées à traiter, de nature du polluant à abattre et de nature du composé pulvérulent utilisé,

sans modifier sensiblement les autres caractéristiques des fumées à traiter (en particulier leur débit et leur température).

Ainsi, selon un premier objet, l'invention concerne un dispositif d'injection de composé pulvérulent d'abattement de polluants de gaz de fumées

5 dans une conduite de four, ledit dispositif comprenant :

- une chambre reliée à une conduite périphérique et agencée pour être reliée d'une part à un premier élément soufflant agencé pour souffler un gaz périphérique dans ladite chambre et dans ladite conduite périphérique et d'autre part à ladite conduite de four par l'intermédiaire de ladite conduite périphérique,

10 - ladite conduite périphérique comprenant une première partie de diamètre DP1, reliée à la chambre, et une deuxième partie de diamètre DP2, opposée à la première partie, présentant une extrémité aval, et prévue pour être en communication avec la conduite de four,

- une conduite de transport de composé pulvérulent prévue pour être reliée à un deuxième élément soufflant agencé pour souffler un gaz de transport dans ladite conduite de transport, simultanément au jet de gaz périphérique, ladite conduite de transport présentant un diamètre DT et une extrémité aval,

ladite première partie de la conduite périphérique étant traversée par ladite conduite de transport de manière concentrique et longitudinalement, de telle manière que l'extrémité aval de ladite conduite de transport soit localisée dans un plan sécant entre la première et la deuxième partie de la conduite périphérique.

20 Ce dispositif selon la présente invention est caractérisé en ce que la deuxième partie de la conduite périphérique présente une longueur L supérieure ou égale au diamètre (DP2) de la deuxième partie de la conduite périphérique et en ce que le diamètre (DT) de la conduite de transport et le diamètre (DP2) de la deuxième partie de la conduite périphérique sont reliés par la relation suivante :

$$0 < DP2 - DT < \frac{1}{2} DT.$$

Au sens de la présente invention, les termes « aval » et « amont » sont utilisés en faisant référence au sens d'écoulement des gaz de fumées. Par exemple, si un gaz parcourt une conduite dans un sens d'écoulement, il entrera par une extrémité amont de la conduite et sortira par une extrémité aval de la conduite.

Au sens de la présente invention, le gaz de transport et/ou le gaz périphérique sont de préférence l'air ambiant de l'atmosphère, indépendamment l'un de l'autre.

En effet, par gaz de transport, au sens de la présente invention, on entend tout gaz, en particulier de l'air, qui permet de véhiculer, par transport pneumatique, le composé pulvérulent dans la conduite de transport, vers la conduite de four.

Par gaz périphérique, au sens de la présente invention, on entend tout gaz, en particulier de l'air, qui est apporté dans la conduite périphérique, à la périphérie de la conduite de transport.

La présence de la chambre, reliée à la conduite périphérique, et le fait que la conduite de transport la traverse de façon étanche permet de former deux jets de gaz coaxiaux ; un flux de transport de composé pulvérulent et un flux de gaz périphérique. Par ailleurs, la présence de la deuxième partie de longueur L de la conduite périphérique ainsi que les proportions relatives des diamètres de la conduite de transport (DT) et de la deuxième partie de la conduite périphérique (DP2) permettent de créer un effet venturi et d'accélérer les jets de gaz en sortie du dispositif, améliorant ainsi la pénétrabilité du composé pulvérulent injecté dans la conduite de four. De cette façon, il est possible de distribuer la poudre dans la conduite de four de manière optimale sans devoir recourir à un dispositif invasif, contrairement aux « lances pénétrantes » de l'art antérieur, et tout en réduisant la quantité de gaz périphérique nécessaire pour permettre la bonne pénétration du composé pulvérulent d'abattement dans la conduite de four, contrairement au dispositif et procédé de l'art antérieur US 2013/0125749.

Réduire la quantité de gaz périphérique permet de limiter la perturbation des propriétés des gaz de fumées (notamment leur température, leur débit et leur teneur en oxygène), contrairement au dispositif du document US 2013/0125749, ce dernier requérant un débit d'air périphérique très important.

Ainsi, la présente invention permet à la fois d'améliorer la récupération des calories présentes dans les gaz de fumées, dès lors que le jet de gaz périphérique refroidit beaucoup moins les gaz de fumées avant leur

récupération. Elle permet aussi d'approcher et de maintenir les conditions optimales de température favorisant l'abattement des polluants par le composé pulvérulent injecté.

En effet, comme mentionné précédemment, certaines plages de température particulière permettent de favoriser la réaction d'abattement de polluants gazeux. Ces gammes de température optimales dépendent notamment de la nature du polluant à abattre et de la nature du composé pulvérulent utilisé. La présente invention, en raison du faible débit d'air périphérique utilisé, permet de ne pas modifier sensiblement la température des gaz de fumées, en particulier au point d'injection du composé pulvérulent, et donc de garantir un maintien de la température optimale de réaction.

Dans un mode de réalisation particulier de la présente invention, le diamètre DP1 est supérieur ou égal au diamètre DP2.

Dans un autre mode de réalisation particulier de la présente invention, le diamètre DP1 est inférieur ou égal au diamètre DP2.

Avantageusement, l'extrémité aval de la deuxième partie de la conduite périphérique est directement reliée à la conduite de four.

Dans un autre mode de réalisation avantageux de la présente invention, la conduite périphérique peut en outre comprendre une troisième partie comportant une portion amont munie d'une extrémité amont et une portion aval munie d'une extrémité aval, de diamètre DP3 inférieur au diamètre DP2, ladite extrémité amont étant prévue pour être reliée à l'extrémité aval de la deuxième partie de la conduite périphérique, ladite extrémité aval étant prévue pour être reliée à la conduite de four.

Ce mode de réalisation particulier permet de créer un deuxième effet venturi, améliorant dès lors davantage le phénomène d'accélération des jets de gaz en sortie du dispositif et donc la pénétrabilité du composé pulvérulent dans la conduite de four.

De préférence, l'extrémité aval de la troisième partie de la conduite périphérique est directement reliée à la conduite de four.

Par le terme « directement reliée à la conduite de four », on entend que l'extrémité aval de la deuxième partie ou de la troisième partie de la conduite périphérique aboutit tout au plus au niveau de la paroi interne de ladite conduite de four. Bien que dans le cadre de dispositif industriel, il ne puisse être totalement exclu que l'extrémité aval de la deuxième partie ou de la troisième partie de la conduite périphérique dépasse de manière non significative la paroi interne après avoir traversé l'épaisseur de la conduite de four, il est plutôt prévu selon la présente invention que l'extrémité aval de la deuxième partie ou de la troisième partie de la conduite périphérique aboutisse dans l'épaisseur de la conduite de four ou bien que l'extrémité aval de la deuxième partie ou de la troisième partie de la conduite périphérique soit reliée à la surface extérieure de la conduite de four.

Avantageusement, ladite portion amont de la troisième partie de la conduite périphérique présente une forme conique tronquée.

Selon un mode de réalisation préféré, ledit composé pulvérulent est un composé calco-magnésien de formule $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, dans laquelle l représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 5\%$, par rapport au poids total dudit composé calco-magnésien, la somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

Avantageusement, ledit composé pulvérulent est un composé calco-magnésien de formule $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, dans laquelle l représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 3\%$, de préférence $u \leq 2\%$, en particulier $u \leq 1\%$ par rapport au poids total dudit composé calco-magnésien, la somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

Selon ces modes de réalisation préférés, la performance du dispositif d'abattement de gaz de fumées est encore améliorée pour l'abattement des polluants, en particulier de SO_2 , à haute température. En effet, les composés calco-magnésiens sont particulièrement performants dans la plage de températures de

gaz de fumées allant de 850°C à 1150°C, surtout lorsqu'il s'agit de capturer des polluants acides de type SO_x, souvent plus difficiles à capturer de manière efficace. A contrario, selon l'enseignement du document US 2013/0125749, ce résultat ne pouvait en aucun cas être atteint à cause des basses températures (inférieures à
5 454°C) présentes au site de mise en contact du composé pulvérulent, températures auxquelles c'est surtout la réaction de la chaux avec le CO₂ qui est favorisée, dans le cas d'un composé calco-magnésien sous forme d'hydroxyde de calcium.

Dans un autre mode de réalisation avantageux de la présente invention, le composé pulvérulent peut être choisi parmi les composés calco-
10 magnésiens définis ci-dessus, les composés carbonés, tels que le charbon actif ou le coke de lignite, les composés minéraux sodiques, tels que le carbonate ou le bicarbonate de sodium, les composés minéraux à base de phyllosilicates, tels que la sépiolite ou l'halloysite, et leurs mélanges.

Avantageusement, le dispositif selon la présente invention comprend
15 en outre :

- un premier élément soufflant relié à la chambre et agencé pour souffler un gaz périphérique dans ladite chambre et dans la conduite périphérique,
- un deuxième élément soufflant relié à la conduite de transport et agencé pour souffler un gaz de transport dans ladite conduite de transport,
- 20 - un moyen de dosage de composé pulvérulent relié d'une part à un réservoir de composé pulvérulent et d'autre part à la conduite de transport, en aval dudit deuxième élément soufflant par rapport à une direction d'écoulement du gaz de transport, agencés pour que le gaz de transport entraîne le composé pulvérulent dosé.

Avantageusement, dans le dispositif selon la présente invention ledit
25 premier élément soufflant et le deuxième élément soufflant comprennent des moyens d'ajustements de débits de telle façon que les débits du premier élément soufflant et du deuxième élément soufflant soient ajustables séparément.

Cette caractéristique confère une grande souplesse d'utilisation au dispositif, lui permettant de s'adapter à une grande plage de caractéristiques des
30 fumées (température, vitesse, polluants...), de diamètre de conduite et de composé pulvérulent d'abattement utilisé.

Avantageusement, le réservoir de composé d'abattement pulvérulent peut être un réservoir de composé calco-magnésien de formule $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{I}$, dans laquelle I représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 5\%$, par rapport au poids total dudit composé calco-magnésien, la somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

Avantageusement, le réservoir de composé d'abattement pulvérulent peut être un réservoir de composé calco-magnésien de formule $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{I}$, dans laquelle I représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 3\%$, de préférence $u \leq 2\%$, en particulier $u \leq 1\%$ par rapport au poids total dudit composé calco-magnésien, la somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

De préférence, le composé calco-magnésien comprend au moins de la chaux hydratée.

Dans un autre mode de réalisation avantageux de la présente invention, le réservoir de composé d'abattement pulvérulent peut être un réservoir de composé pulvérulent choisi parmi les composés calco-magnésiens définis ci-dessus, les composés carbonés, tels que le charbon actif ou le coke de lignite, les composés minéraux sodiques, tels que le carbonate ou le bicarbonate de sodium, les composés minéraux à base de phyllosilicates, tels que la sépiolite ou l'halloysite, et leurs mélanges.

En pratique, plusieurs dispositifs d'injection de composé pulvérulent tels que définis ci-dessus peuvent être utilisés pour former un système d'injection de composé pulvérulent.

D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon la présente invention sont mentionnées dans les revendications annexées.

Selon un deuxième objet, l'invention concerne une conduite de four munie d'au moins un dispositif d'injection de composé pulvérulent d'abattement tel que défini ci-dessus.

D'autres caractéristiques et avantages de la conduite de four selon la présente invention sont mentionnées dans les revendications annexées.

Selon un troisième objet, l'invention concerne un procédé de traitement de gaz de fumées dans une conduite de four par un composé pulvérulent d'abattement de polluants de gaz de fumées, comprenant :

- une injection d'un jet de gaz de transport présentant un débit massique Q_T , ledit jet de gaz de transport étant prévu pour transporter ledit composé pulvérulent d'abattement au sein desdites fumées présentant un débit de gaz de fumées Q_F ,
- 10 - simultanément, une injection d'un jet de gaz, de manière périphérique au jet de gaz de transport, formant un jet de gaz périphérique présentant un débit massique Q_p .

Ce procédé est caractérisé en ce que ledit débit massique de gaz périphérique rapporté audit débit massique des gaz de fumées forme un ratio

15 Q_P/Q_F compris entre 0,05% et 0,25 %.

Le procédé selon la présente invention permet de s'affranchir des « lances pénétrantes », c'est-à-dire des canalisations métalliques qui pénètrent à l'intérieur de la conduite de four et de tous les problèmes qui y sont liés. Il permet de concilier les contraintes de transport et d'injection de la poudre et de contrôler

20 la distribution radiale de celle-ci afin d'atteindre les zones souhaitées dans la conduite de four, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un dispositif invasif tel qu'une lance pénétrante.

Par ailleurs, grâce à un rapport du débit de gaz périphérique sur le débit massique des fumées très faible, il permet de ne pas modifier sensiblement

25 les caractéristiques des gaz de fumées du four (notamment en termes de température, débit, et teneur en oxygène) assurant ainsi le maintien de la température optimale de la réaction d'abattement et tout en évitant également de réduire le rendement énergétique global du four ou de perturber le fonctionnement global de l'installation de traitement de ces gaz de fumées.

30 A contrario, le document US 2013/0125749 enseigne d'utiliser un rapport de débit nettement supérieur afin de créer des turbulences pour disperser

le flux de composé pulvérulent (mélanger) et former des remous de composé pulvérulent dans le flux de gaz porteur et incidemment dans le flux de gaz de fumées.

Dans un mode préférentiel du procédé selon la présente invention, le dit gaz de transport présente une vitesse V_T et le dit gaz périphérique présente une vitesse V_P , la vitesse de gaz périphérique V_P étant comprise entre deux fois et vingt fois la vitesse du gaz de transport V_T selon $2V_T \leq V_P \leq 20V_T$.

Dans un mode de réalisation particulier de la présente invention, le débit massique du gaz de transport Q_T ajouté au débit massique du gaz périphérique Q_P rapporté au débit massique des gaz de fumées Q_F forme un rapport $(Q_T + Q_P)/Q_F$ compris entre 0,1 et 0,5%. De telle façon, le rapport de la somme des débits massiques des gaz de transport et périphérique sur le débit massique des gaz de fumées est compris entre 0,1 et 0,5 %.

Avantageusement, le composé pulvérulent est injecté selon un débit massique Q_A , le débit massique du gaz de transport Q_T rapporté au débit massique de composé pulvérulent formant un ratio Q_T/Q_A compris entre 5 et 10. De cette façon, le rapport du débit massique de gaz de transport sur le débit massique de composé pulvérulent peut être compris entre 5 et 10.

Dans un mode préféré du procédé selon la présente invention, l'injection des jets de gaz de transport et de gaz périphérique s'effectue au niveau de la face interne de la conduite de four.

Avantageusement, dans le procédé selon la présente invention, la température des fumées à traiter est comprise entre 850° C et 1150° C.

De plus, dans le procédé selon la présente invention, la vitesse des fumées à traiter est comprise entre 2 m/s et 150 m/s, de préférence entre 3 et 50 m/s, en particulier entre 5 et 30 m/s

Dans un mode préféré, les vitesses des jets de gaz de transport et de gaz périphérique sont ajustées indépendamment l'une de l'autre.

Avantageusement, dans le procédé selon la présente invention, le gaz de transport et/ou le gaz périphérique est/sont de l'air, indépendamment l'un de l'autre.

Dans un procédé d'abattement de polluants, tel que le procédé selon la présente invention, les gaz de fumées comprennent des polluants choisis dans le groupe constitué des gaz acides, notamment soufrés et/ou halogénés, des métaux lourds, des furanes, des dioxines et leurs mélanges.

5 Plus particulièrement, dans le procédé selon la présente invention, les gaz acides comprennent des polluants choisis dans le groupe constitué du SO_2 , SO_3 , HCl , HF , HBr , et de leurs mélanges.

Dans un mode de réalisation avantageux de la présente invention, le composé pulvérulent peut être choisi parmi les composés calco-magnésiens, les
10 composés carbonés, tels que le charbon actif ou le coke de lignite, les composés minéraux sodiques, tels que le carbonate ou le bicarbonate de sodium, les composés minéraux à base de phyllosilicates, tels que la sépiolite ou l'halloysite, et leurs mélanges.

Avantageusement, le composé pulvérulent d'abattement utilisé dans
15 le procédé selon la présente invention, comprend un carbonate, un hydroxyde et/ou un oxyde d'un métal alcalino-terreux choisi parmi le calcium et le magnésium, ou un mélange de ceux-ci.

De préférence, le composé pulvérulent d'abattement comprend un composé calco-magnésien de formule
20 $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, dans laquelle l représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 5\%$, par rapport au poids total dudit un composé calco-magnésien, la somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

Avantageusement, ledit composé pulvérulent est un composé calco-magnésien de formule $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, dans laquelle l représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 3\%$, de préférence $u \leq 2\%$, en particulier $u \leq 1\%$ par rapport au poids total dudit composé calco-magnésien, la
30 somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

Selon un mode de réalisation préféré du procédé selon la présente invention, le composé pulvérulent comprend plus de 50% en poids, notamment plus de 90% en poids, d'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

D'autres caractéristiques et avantages du procédé selon la présente invention sont mentionnées dans les revendications annexées.

D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront de la description donnée ci-après, à titre non limitatif et en faisant référence aux exemples et aux figures annexées.

La figure 1 représente un schéma de principe d'un mode de réalisation d'un dispositif d'injection permettant de mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

La figure 1A montre une vue en coupe selon la ligne de coupe A-A' sur la figure 1.

La figure 2 représente un schéma de principe d'un autre mode de réalisation d'un dispositif d'injection permettant de mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

La figure 3 représente un comparatif des performances de désulfurisation entre une installation pilote et des essais industriels pratiqués soit avec une lance métallique pénétrante de l'art antérieur soit avec le dispositif d'injection de la présente invention.

Les figures 4, 5A et 5B représentent des résultats de simulations numériques CFD (Computational Fluid Dynamics) de la répartition de composé pulvérulent d'abattement dans une même conduite de four, avec un dispositif et son procédé correspondant, selon la présente invention (Figure 4), en comparaison de l'art antérieur US 2013/0125749 (Figures 5A et 5B).

La Figure 1 est un exemple d'un premier mode de réalisation de dispositif d'injection de composé pulvérulent selon l'invention. Un four (non représenté) produit des fumées comportant des polluants gazeux qui sont transportés par une conduite de four 500 vers une cheminée (non représentée) afin de les évacuer dans l'atmosphère.

En fonctionnement, le dispositif d'injection selon l'invention génère deux flux de gaz :

- un flux de gaz dit de transport 110, engendré par une soufflante 100 à débit ajustable, (soufflante latérale dans l'exemple illustré) ; ce flux de gaz de transport circule dans une conduite de transport 120 reliée à la soufflante ; sur le trajet de ce flux de transport se trouve un système de dosage de composé pulvérulent 130, relié à un réservoir de composé pulvérulent (non représenté), de façon à ce que ce flux de transport se charge en composé pulvérulent ;
- un flux de gaz dit périphérique 210 engendré par une soufflante à débit variable 200 ; ce flux de gaz périphérique est délivré dans une chambre 230 puis circule dans une conduite périphérique 220 reliée à cette chambre.

La conduite de transport 120 traverse la chambre 230 de façon étanche et en ressort de façon concentrique à la conduite périphérique 220 à l'intérieur de celle-ci. Elle s'interrompt à son extrémité amont 121 située dans un plan sécant entre la première partie 221 et la deuxième partie 222 de la conduite périphérique 220.

Comme illustré par la coupe A-A' de la figure 1A, il existe donc un espace annulaire 170 entre la conduite de transport axiale 120 et la première partie 221 de la conduite périphérique, dans lequel circule le flux de gaz périphérique 210, le flux de gaz de transport 110 circulant dans la conduite de transport 120. Le dispositif fournit donc dans la conduite de four deux jets de gaz, un jet de gaz de transport 110, chargé en composé pulvérulent, axial, et un jet de gaz périphérique 210 qui entoure le jet de gaz de transport.

Dans un mode de réalisation particulier de la présente invention, illustré à la figure 2, la conduite périphérique 220 comprend en outre une troisième partie (223) comportant une portion amont (224) munie d'une extrémité amont (224a) et une portion aval (225) munie d'une extrémité aval (225a), de diamètre DP3 inférieur au diamètre DP2, ladite extrémité amont étant prévue pour être reliée à l'extrémité aval de la deuxième partie de la conduite périphérique, ladite extrémité aval étant prévue pour être reliée à la conduite de four.

Avantageusement, ladite portion amont (224) de la troisième partie de la conduite périphérique présente une forme conique tronquée.

Le rétrécissement de diamètre de la conduite périphérique 220 au niveau de sa troisième partie 223 provoque, par conservation de masse, un
5 deuxième effet venturi permettant une accélération supplémentaire des flux des gaz de transport et périphérique et donc une amélioration supplémentaire de la pénétrabilité du composé pulvérulent dans la conduite de four.

De manière générale, la conduite périphérique 220 est connectée à la conduite de four 500 de façon radiale. Le flux de gaz périphérique 210, périphérique
10 au flux de gaz de transport 110, maintient en forme et guide ce flux de gaz de transport 110 lorsqu'ils pénètrent dans la conduite de four 500, permettant d'atteindre la veine centrale de la conduite de four 500 sans qu'il soit besoin d'une lance pénétrante.

De plus, les débits des soufflantes 100 et 200 étant ajustables
15 séparément, le dispositif permet de s'adapter à une grande variété de conditions d'utilisation, notamment en termes de vitesse des fumées, de concentration en gaz acides, de diamètre de la conduite,...

Bien entendu l'invention couvre des formes différentes du dispositif, pourvu que l'on obtienne, en entrée dans la conduite de four, un jet de gaz de
20 transport 110 chargé en matériau pulvérulent d'abattement et un jet de gaz périphérique 210. Par exemple, dans les figures 1 et 3 de la présente demande, la conduite périphérique 220 est connectée à la conduite de four 500 de manière perpendiculaire, autrement dit avec un angle de 90° entre les axes des deux conduites. De manière alternative, cette conduite périphérique 220 pourrait
25 évidemment être connectée à la conduite de four 500 avec un angle entre les axes des deux conduites supérieur ou inférieur à 90°.

Simulations numériques

Afin de démontrer l'efficacité du dispositif et du procédé selon la présente invention, des simulations numériques de répartition de chaux éteinte
30 pulvérulente au sein d'une conduite de four contenant des gaz de fumées ont été réalisées en considérant différents dispositifs d'injection. Plus précisément, la

répartition de la chaux obtenue à l'aide du dispositif selon la présente invention et de son procédé a été comparée à celle obtenue avec le dispositif et le procédé du document US 2013/0125749, à paramètres de fonctionnement comparables (autrement dit, en fixant la géométrie de la conduite de four, la composition et la vitesse des gaz de fumées qui la traversent, la position et la section du conduit de transport de chaux, ainsi que le débit d'air de transport et de chaux, lequel est calculé théoriquement par rapport à la quantité de polluants présents dans les gaz de fumées, selon les performances de capture de la chaux).

La répartition de la chaux au sein de la conduite de four est évaluée par CFD (Computational Fluid Dynamics) à l'aide du facteur de répartition Phi qui correspond à la concentration de chaux dans les gaz de fumées, à un point donné de ladite conduite, lorsque la chaux est injectée transversalement.

Ce facteur de répartition dépend notamment de la géométrie de la conduite de four et est défini comme suit :

$$Phi = \frac{V_i}{V_{tot}}$$

Où

V_i correspond au volume de la chaux pulvérulente ;

V_{tot} correspond à la somme du volume de la chaux pulvérulente et des volumes de tous les gaz présents dans les gaz de fumées.

Dans les simulations numériques effectuées, la conduite de four considérée est en forme de U inversé (voir figures 4 et 5) et présente une section carrée de 4m de long.

Pour pouvoir comparer l'efficacité du dispositif de la présente invention à celle du dispositif de l'art antérieur US2013/0125749, il faut tout d'abord déterminer le facteur de répartition optimal Φ_{opt} . Celui-ci correspond à la concentration de chaux dans les gaz de fumées à atteindre pour que cette chaux se répartisse de manière optimale de sorte à recouvrir l'intégralité de la section de la conduite de four considérée.

Dans le cas présent, ce facteur de répartition optimal a été déterminé en simulant un dispositif comprenant une lance pénétrante (ne contenant dès lors pas de gaz périphérique), considéré à l'heure actuelle comme étant le dispositif le

plus efficace en termes de répartition de composé pulvérulent. La lance est introduite dans la conduite de four à 1 m de profondeur.

Dans cette configuration et pour la conduite de four considérée, le facteur de répartition optimal Φ_{opt} vaut environ 7.10^{-3} . En effet, pour cette valeur
5 de Φ , la répartition de la chaux dans cette conduite de four est optimale et prend la forme d'un écran transversal, recouvrant l'intégralité de la section d'une jambe du U inversé, à 50 cm au-dessus du point d'injection. Cette situation ($\Phi_{\text{opt}} = 7.10^{-3}$) a donc été considérée comme étant le facteur de répartition optimal à atteindre.

Dispositifs étudiés :

- 10 a) Dispositif et procédé selon la présente invention.
b) Dispositif et procédé selon le document US2013/0125749.

Les résultats de cette simulation sont indiqués aux figures 4 (la présente invention) et 5 (état de la technique US 2013/0125749).

Comme on peut le constater à la figure 4, lorsqu'on utilise un flux de
15 gaz périphérique avec un débit massique de 0,1 à 0,2 % par rapport au débit de gaz de fumées, selon l'invention, on parvient à obtenir un facteur de répartition identique au facteur de répartition optimal ($\Phi_d = 7.10^{-3}$) dans un plan transversal situé à 50 cm au-dessus du point d'injection. La présente invention est donc capable d'injecter de la chaux éteinte pulvérulente avec la même pénétrabilité que la lance pénétrante mais
20 sans avoir recours à un dispositif invasif.

Par contre, en utilisant le dispositif et le procédé selon la demande de brevet US 2013/0125749, on génère un flux de gaz périphérique avec un débit très important par rapport au gaz de fumées (débit massique de gaz périphérique 10 fois supérieur à celui de la présente invention), ce qui crée une grande turbulence qui est
25 d'ailleurs recherchée par le document US 2013/0125749. Dans ce cas, la zone dans laquelle la chaux est répartie uniformément est très petite, requérant, pour atteindre le facteur de répartition optimal de chaux dans la conduite de four, de placer au moins trois dispositifs selon cet art antérieur.

En effet, comme on peut la voir à la figure 5A, la zone dans laquelle la
30 chaux est répartie uniformément est très concentrée. Dans ce cas, une lance seule ne permet pas d'atteindre un $\Phi = 7.10^{-3}$ dans un plan transversal situé 50 cm au-dessus

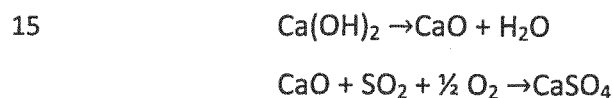
du point d'injection. Effectivement, dans ce plan transversal, le facteur de répartition Phi vaut 4.10^{-3} (figure 5B), ce qui rend la dispersion de la chaux 1,75 fois moins efficace comparativement à la présente invention.

Il faudrait en fait utiliser trois dispositifs selon l'art antérieur US 2013/0125740 pour obtenir une répartition analogue à celle d'une seule lance pénétrante de l'art antérieur.

Exemples

Afin d'évaluer l'efficacité de la dispersion obtenue selon la présente invention, l'abattement du SO_2 à ultra haute température par une chaux éteinte pulvérulente telle qu'obtenue selon le procédé décrit dans le document WO2007000433 a été étudié.

Dans la gamme de température comprise entre 850 et 1150°C, la chaux hydratée $Ca(OH)_2$ réagit avec SO_2 pour former $CaSO_4$ selon les équations suivantes :



Dans cette gamme de température, la réaction entre l'hydroxyde de calcium et le SO_2 est sélective et rapide.

Sélective car excepté le SO_2 , aucun des autres composés présents dans les fumées (tel que le CO_2) ne possède un produit de réaction stable dans la gamme de température susmentionnée. Pour les besoins de l'expérimentation en effet, même si l'hydroxyde de calcium permet d'abattre d'autres gaz acides, on ne s'intéressera qu'à la neutralisation de SO_2 par l'hydroxyde de calcium de façon à pouvoir doser le produit de la réaction à savoir $CaSO_4$ et ainsi accéder à l'efficacité du procédé étudié, notamment au rapport stœchiométrique RS.

Rapide car la vitesse de la réaction entre la chaux éteinte et le SO_2 augmente exponentiellement avec la température selon la loi d'Arrhenius. Ainsi, à 900°C le temps de contact entre les gaz acides et la chaux éteinte peut être inférieur à 0,5 seconde.

Dans la suite, les résultats obtenus dans les trois conditions suivantes ont été comparés :

- Exemple comparatif 1 : Installation pilote qui peut être assimilée à une situation de mélange parfait.
- Exemples comparatifs 2 et 3 : Installations industrielles avec une injection de chaux éteinte pulvérulente réalisée au moyen d'une lance métallique pénétrante selon l'art antérieur.
- Exemple : Installation industrielle avec une injection de chaux éteinte réalisée à l'aide du dispositif de la présente invention.

La comparaison a été réalisée pour un abattement de 70% du SO₂, ce qui représente l'abattement moyen recherché pour ce type de procédé.

10 **Exemple comparatif 1 : Installation pilote**

L'installation pilote a permis de mesurer l'évolution de la conversion du SO₂ en fonction du rapport stœchiométrique RS (nombre de moles d'hydroxyde de calcium/nombre de moles de SO₂ en entrée) dans un cas parfait, c'est-à-dire en l'absence de poussière, avec une température parfaitement répartie sur l'ensemble de la zone réactionnelle et sans zone morte ou turbulente. Une telle installation pilote est également décrite dans le document WO2007000433.

Les paramètres des gaz de fumées présents dans l'installation pilote sont les suivants :

- Débit total : 2 Nm³/h
- Température : 950°C
- Teneur en SO₂ : 1 500 ppm
- Teneur en CO₂ : 10% vol
- Teneur en O₂ : 6% vol

Pour l'installation pilote, le rapport stœchiométrique (RS) mesuré est de 1,5 pour obtenir 70% de conversion du SO₂. Nous pouvons donc en conclure que dans le cadre d'un abattement du SO₂ à une température comprise entre 850 et 1150°C, le RS d'un mélange parfait sera proche de 1,5 pour 70% de conversion du SO₂.

De nombreux essais industriels ont été réalisés à l'aide de lances pénétrantes en métal visant à maximiser l'efficacité de la dispersion des particules solides dans le flux de fumée.

Les deux exemples comparatifs présentés ci-dessous reprennent les ratios conversion/RS les plus élevés obtenus à ce jour.

Exemple comparatif 2.- Essai industriel avec lance métallique pénétrante (selon l'art antérieur)

Une chaux éteinte similaire à celle utilisée dans l'installation pilote a été injectée à une vitesse de 15m/s à l'aide d'une lance pénétrante métallique dans une chambre de postcombustion (conduite de four), dans laquelle la combustion des imbrûlés a lieu.

Les paramètres des gaz de fumées sont les suivants :

- Débit total : 46 750 Nm³/h
- Température moyenne: 925°C
- 15 ▪ Teneur en SO₂ moyenne : 450 ppm
- Teneur en CO₂ : 15% vol
- Teneur en O₂ : 10% vol

Le temps de séjour de la chaux hydratée dans la conduite de four est d'environ 1 à 1,5 secondes. Dans le cas de l'exemple comparatif 2, le rapport stœchiométrique mesuré est de 2 pour obtenir 70% de conversion du SO₂.

Exemple comparatif 3.- Essai industriel avec lance métallique pénétrante (selon l'art antérieur)

Une chaux éteinte similaire à celle utilisée dans l'installation pilote a été injectée à une vitesse de 15m/s à l'aide d'une lance pénétrante métallique dans une chambre de postcombustion (conduite de four).

Les paramètres des gaz de fumées sont les suivants :

- Débit total : 140 000 Nm³/h
- Température moyenne: 925°C
- Teneur en SO₂ moyenne : 390 ppm
- 30 ▪ Teneur en CO₂ : 15% vol
- Teneur en O₂ : 8% vol

Le temps de séjour de la chaux hydratée dans la conduite de four est d'environ 1 à 1,5 secondes. Dans le cas de l'exemple comparatif 3, le rapport stœchiométrique mesuré est de 2,3 pour obtenir 70% de conversion du SO_2 .

Le rapport stœchiométrique moyen pour les exemples comparatifs 2 et 3 est de 2,1 pour 70% de conversion du SO_2 .

Exemple .- Essai industriel réalisé selon le procédé de la présente invention

Une chaux éteinte similaire à celle utilisée dans l'installation pilote a été injectée à l'aide du dispositif de la présente invention dans une chambre de postcombustion (conduite de four).

Les paramètres des gaz de fumées sont les suivants :

- Débit total : 82 000 Nm^3/h
- Température moyenne : 900°C
- Teneur en SO_2 moyenne: 395 ppm
- Teneur en O_2 : 17% vol
- Teneur en CO_2 : 15% vol

Les paramètres du dispositif d'injection sont les suivantes :

- Diamètre DT de la conduite de transport 120 : 88,9 mm,
- Diamètre DP2 de la deuxième partie de la conduite périphérique 222 : 107,1 mm,
- Vitesse de l'air de transport V_T : 15 m/s,
- Vitesse de l'air périphérique V_p : 44 m/s,
- Débit d'air de transport Q_T : 420 Nm^3/h ,
- Débit d'air périphérique Q_p : 290 Nm^3/h .

Le temps de séjour de la chaux hydratée dans la conduite de four est de 0,1 seconde.

Le procédé selon l'invention a permis d'obtenir des rapports stœchiométriques (RS) de 1,6 pour 70% d'abattement du SO_2 .

La figure 3 reprend l'ensemble des résultats obtenus sur l'installation pilote (exemple comparatif 1); à l'aide du dispositif de la présente invention

(exemple); et à l'aide d'une lance métallique pénétrante de l'art antérieur (moyenne des exemples comparatifs 2 et 3).

Comme on peut le constater à la figure 3, les valeurs obtenues selon le procédé de la présente invention se rapprochent des valeurs obtenues avec
5 l'installation pilote.

Comme mentionné précédemment, lorsque l'efficacité de la dispersion des particules solides augmente, les valeurs mesurées sur site se rapprochent des valeurs obtenues avec le pilote.

Ces résultats montrent que le dispositif et le procédé selon la
10 présente invention permettent, à taux de conversion identique, une économie de chaux éteinte pulvérulente de l'ordre de 23% par rapport aux lances métalliques pénétrantes de l'art antérieur.

L'efficacité de la dispersion des particules solides dans le mélange fluide est donc meilleure selon le dispositif et le procédé de l'invention
15 comparativement à l'utilisation de lances métalliques pénétrantes de l'art antérieur. Ces dernières posent par ailleurs d'autres problèmes en termes de transport de la poudre, de sécurité et de facilité d'installation, également résolus par le dispositif et le procédé selon l'invention.

Revendications

1. Dispositif (10) d'injection de composé pulvérulent d'abattement de polluants de gaz de fumées dans une conduite de four (500), ledit
- 5 dispositif comprenant :
- une chambre (230) reliée à une conduite périphérique (220) et agencée pour être reliée d'une part à un premier élément soufflant (200) agencé pour souffler un gaz périphérique (210) dans ladite chambre et dans ladite conduite périphérique et d'autre part à ladite conduite de four par l'intermédiaire de ladite
 - 10 conduite périphérique,
 - ladite conduite périphérique (220) comprenant une première partie (221) de diamètre DP1, reliée à la chambre, et une deuxième partie (222) de diamètre DP2, opposée à la première partie, présentant une extrémité aval (222a), et prévue pour être en communication avec la conduite de four,
 - 15 - une conduite de transport (120) de composé pulvérulent prévue pour être reliée à un deuxième élément soufflant (100) agencé pour souffler un gaz de transport (110) dans ladite conduite de transport, simultanément au jet de gaz périphérique, ladite conduite de transport présentant un diamètre DT et une extrémité aval (121),
 - 20 ladite première partie (221) de la conduite périphérique étant traversée par ladite conduite de transport (120) de manière concentrique et longitudinalement, de telle manière que l'extrémité aval (121) de ladite conduite de transport soit localisée dans un plan sécant entre la première et la deuxième partie de la conduite périphérique,
 - 25 caractérisé en ce que la deuxième partie de la conduite périphérique présente une longueur L supérieure ou égale au diamètre (DP2) de la deuxième partie de la conduite périphérique, et en ce que le diamètre (DT) de la conduite de transport (120) et le diamètre (DP2) de la deuxième partie de la conduite périphérique (222) sont reliés par la relation suivante :
 - 30
$$0 < DP2 - DT < \frac{1}{2} DT.$$

2. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon la revendication 1, dans lequel l'extrémité aval (222a) de la deuxième partie de la conduite périphérique est directement reliée à la conduite de four.

3. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon la revendication 1, dans lequel la conduite périphérique comprend en outre une troisième partie (223) comportant une portion amont (224) munie d'une extrémité amont (224a) et une portion aval (225) munie d'une extrémité aval (225a), de diamètre DP3 inférieur au diamètre DP2, ladite extrémité amont étant prévue pour être reliée à l'extrémité aval de la deuxième partie de la conduite périphérique, ladite extrémité aval étant prévue pour être reliée à la conduite de four.

4. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon la revendication 3, dans lequel l'extrémité aval (225a) de la troisième partie de la conduite périphérique est directement reliée à la conduite de four.

5. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans lequel ladite portion amont (224) de la troisième partie de la conduite périphérique présente une forme conique tronquée.

6. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre :

- un premier élément soufflant (200) relié à la chambre (230) et agencé pour souffler un gaz périphérique (210) dans ladite chambre et dans la conduite périphérique (220),
- un deuxième élément soufflant (100) relié à la conduite de transport (120) et agencé pour souffler un gaz de transport (110) dans ladite conduite de transport,
- un moyen de dosage (130) de composé pulvérulent relié d'une part à un réservoir de composé pulvérulent et d'autre part à la conduite de transport, en aval dudit deuxième élément soufflant par rapport à une direction d'écoulement du gaz de transport, agencés pour que le gaz de transport entraîne le composé pulvérulent dosé.

7. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon la revendication 6, dans lequel ledit premier élément soufflant (200) et le deuxième

élément soufflant (100) comprennent des moyens d'ajustements de débits de telle façon que les débits du premier élément soufflant (200) et du deuxième élément soufflant (100) soient ajustables séparément.

8. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon l'une des revendications 6 ou 7, dans lequel le réservoir de composé pulvérulent est un réservoir de composé calco-magnésien de formule $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{l}$, dans laquelle l représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 5\%$, par rapport au poids total dudit composé calco-magnésien, la somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

9. Dispositif d'injection de composé pulvérulent selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le gaz de transport et/ou le gaz périphérique sont l'air ambiant de l'atmosphère, indépendamment l'un de l'autre.

10. Conduite de four munie d'au moins un dispositif d'injection de composé pulvérulent d'abattement selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

11. Procédé de traitement de gaz de fumées dans une conduite de four par un composé pulvérulent d'abattement de polluants de gaz de fumées, comprenant :

- une injection d'un jet de gaz de transport présentant un débit massique Q_T , ledit jet de gaz de transport étant prévu pour transporter ledit composé pulvérulent d'abattement au sein desdites fumées présentant un débit de gaz de fumées Q_F ,

- simultanément, une injection d'un jet de gaz, de manière périphérique au jet de gaz de transport, formant un jet de gaz périphérique présentant un débit massique Q_P ,

caractérisé en ce que ledit débit massique de gaz périphérique rapporté audit débit massique des gaz de fumées forme un ratio Q_P/Q_F compris entre 0,05% et 0,25 %.

12. Procédé de traitement de gaz de fumées dans une conduite de four selon la revendication 11, dans lequel ledit gaz de transport présente une vitesse

V_T et ledit gaz périphérique présente une vitesse V_P , la vitesse de gaz périphérique V_P étant comprise entre deux fois et vingt fois la vitesse du gaz de transport V_T selon $2V_T \leq V_P \leq 20V_T$.

13. Procédé de traitement de gaz de fumées dans une conduite de four selon la revendication 11 ou la revendication 12, dans lequel le débit massique du gaz de transport Q_T ajouté au débit massique du gaz périphérique Q_P rapporté au débit massique des gaz de fumées Q_F forme un rapport $(Q_T + Q_P)/Q_F$ compris entre 0,1 et 0,5%.

14. Procédé de traitement de gaz de fumées dans une conduite de four selon l'une des revendications 11 à 13, dans lequel le composé pulvérulent est injecté selon un débit massique Q_A , le débit massique du gaz de transport Q_T rapporté au débit massique de composé pulvérulent formant un ratio Q_T/Q_A compris entre 5 et 10.

15. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisé en ce que l'injection des jets de gaz de transport et de gaz périphérique s'effectue au niveau de la face interne de la conduite de four.

16. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 15, dans lequel la température des fumées à traiter est comprise entre 850° C et 1150° C.

17. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 16, dans lequel la vitesse des fumées à traiter est comprise entre 2 m/s et 150 m/s, de préférence entre 3 et 50 m/s, en particulier entre 5 et 30 m/s.

18. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 17, dans lequel les vitesses des jets de gaz de transport et de gaz périphérique sont ajustées indépendamment l'une de l'autre.

19. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 18, dans lequel le gaz de transport et/ou le gaz périphérique est/sont de l'air, indépendamment l'un de l'autre.

20. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 19, dans lequel les gaz de fumées comprennent des polluants

choisis dans le groupe constitué des gaz acides, notamment soufrés et/ou halogénés, des métaux lourds, des furanes, des dioxines et leurs mélanges.

21. Procédé de traitement de gaz de fumées selon la revendication 20, dans lequel les gaz acides comprennent des polluants choisis dans le groupe
5 constitué du SO_2 , SO_3 , HCl , HF , HBr , et de leurs mélanges.

22. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 21, dans lequel le composé pulvérulent d'abattement comprend un carbonate, un hydroxyde et/ou un oxyde d'un métal alcalino-terreux choisi parmi le calcium et le magnésium, ou un mélange de ceux-ci.

10 23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 22, dans lequel le composé pulvérulent d'abattement comprend un composé calco-magnésien de formule $a\text{CaCO}_3.b\text{MgCO}_3.x\text{CaO}.y\text{MgO}.z\text{Ca}(\text{OH})_2.t\text{Mg}(\text{OH})_2.u\text{I}$, dans laquelle I représente des impuretés, a, b, x, y, z, t et u étant des fractions massiques chacune comprise entre 0 et 100%, avec $u \leq 5\%$, par rapport au poids total dudit un
15 composé calco-magnésien, la somme des fractions massiques $a+b+x+y+z+t+u$ étant égale à 100% du poids total dudit composé calco-magnésien.

24. Procédé de traitement de gaz de fumées selon l'une des revendications 11 à 23, dans lequel le composé pulvérulent d'abattement comprend plus de 50% en poids, en particulier plus de 90% en poids de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

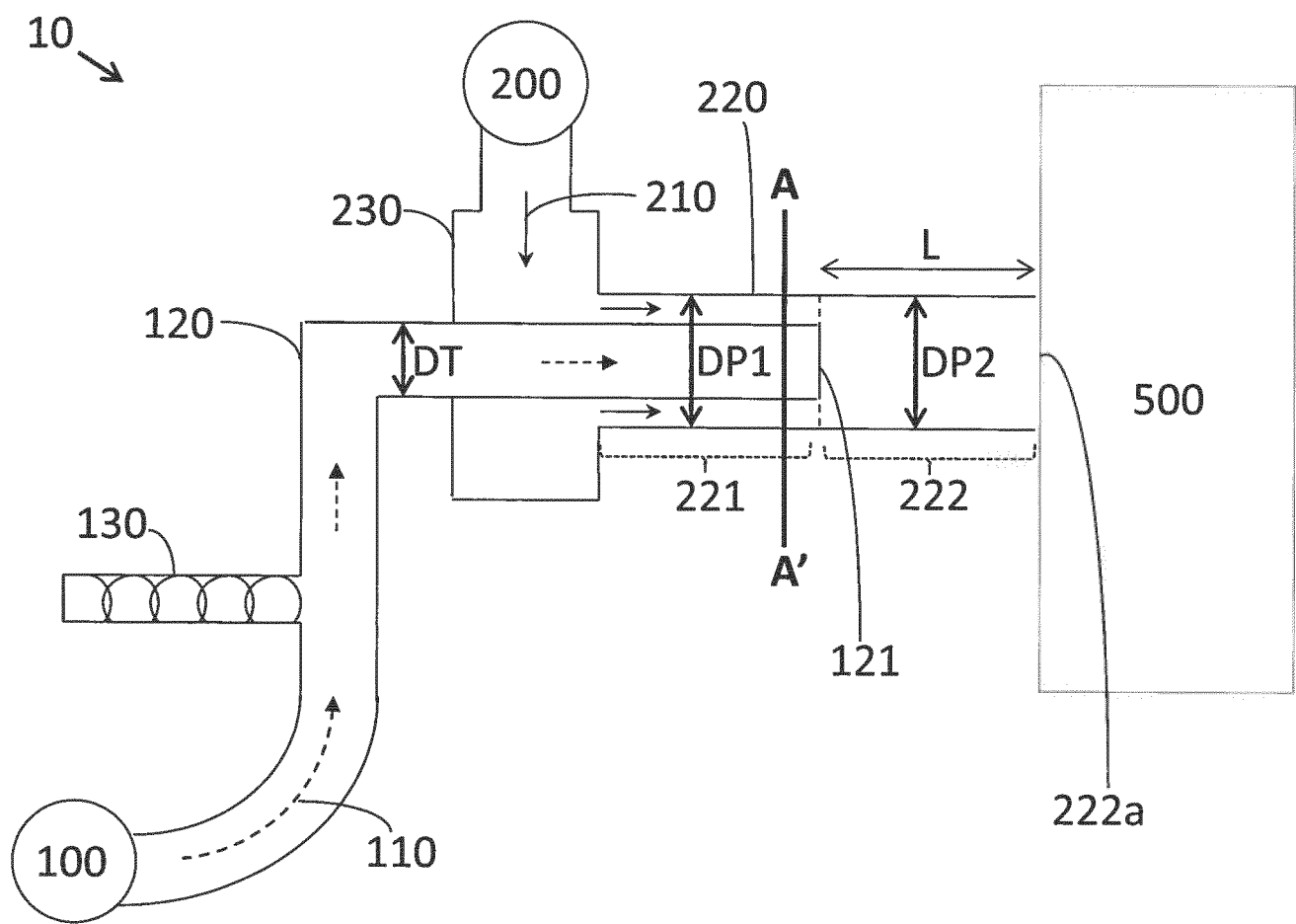


Figure 1

Figure 1 is a schematic diagram of a mechanical assembly 10. The assembly includes a curved member 100, a vertical member 110, a horizontal member 120, a coiled spring 130, a vertical member 200, a horizontal member 210, a vertical member 220, a horizontal member 221, a horizontal member 222, a vertical member 230, a vertical member 121, a vertical member 222a, and a vertical member 500. The diagram also shows dimensions DT, DP1, DP2, L, and a vertical line A-A'.

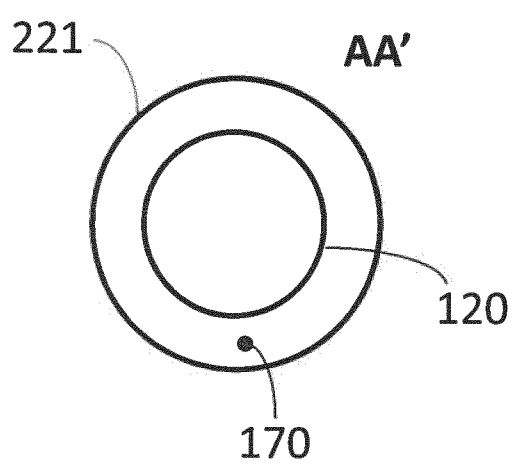


Figure 1A

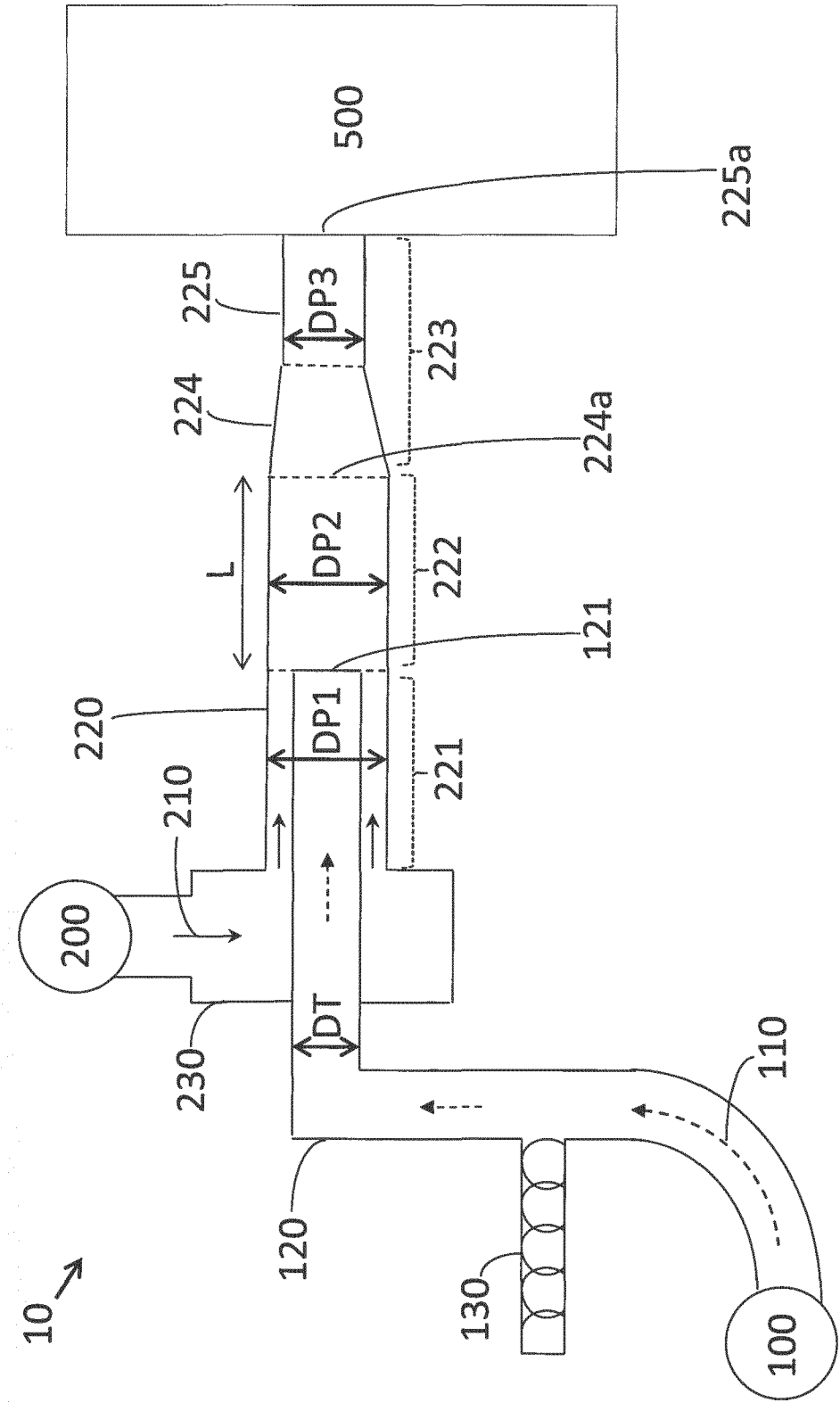


Figure 2

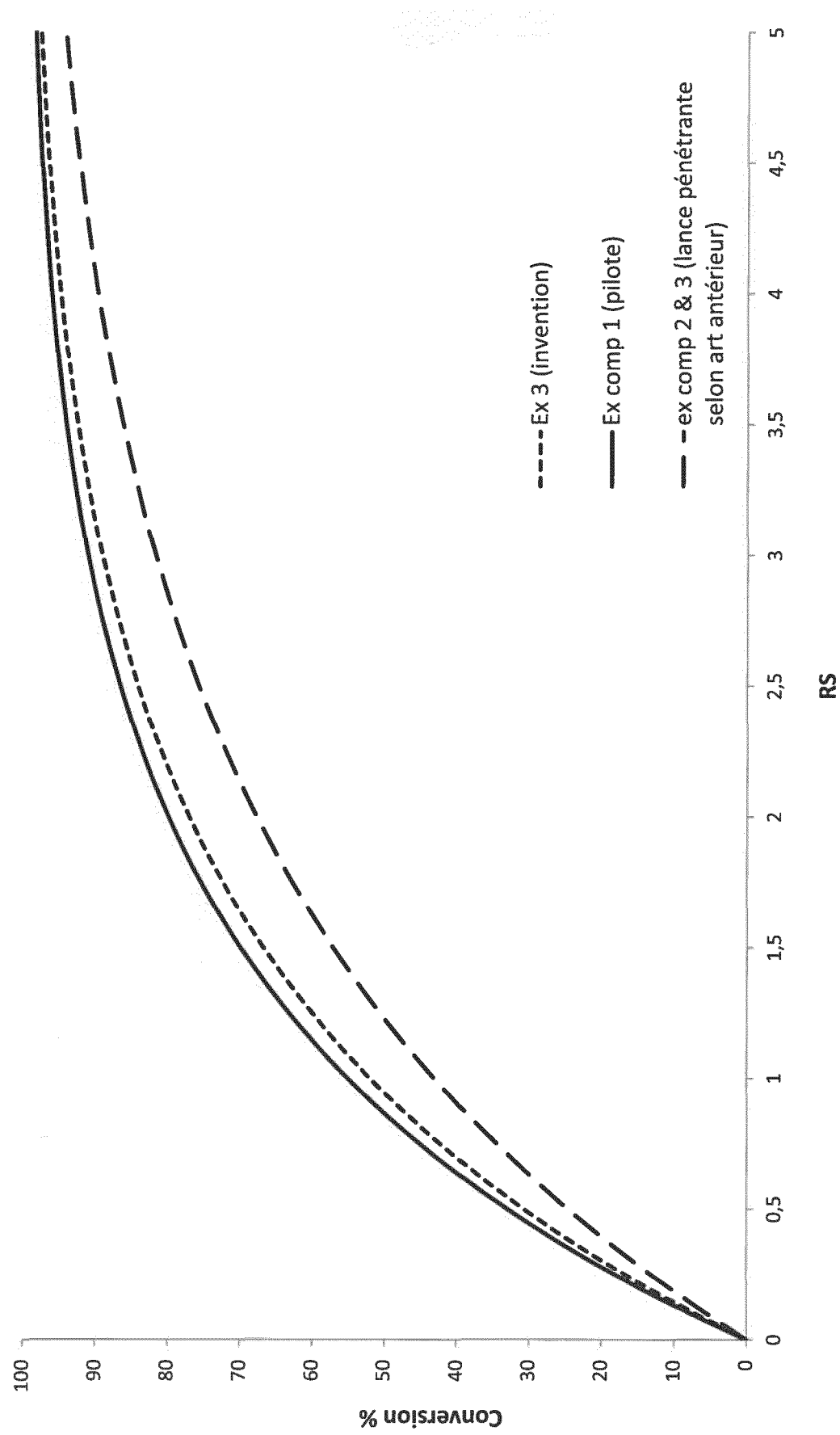


Figure 3

$\Phi = 7.10^{-3}$

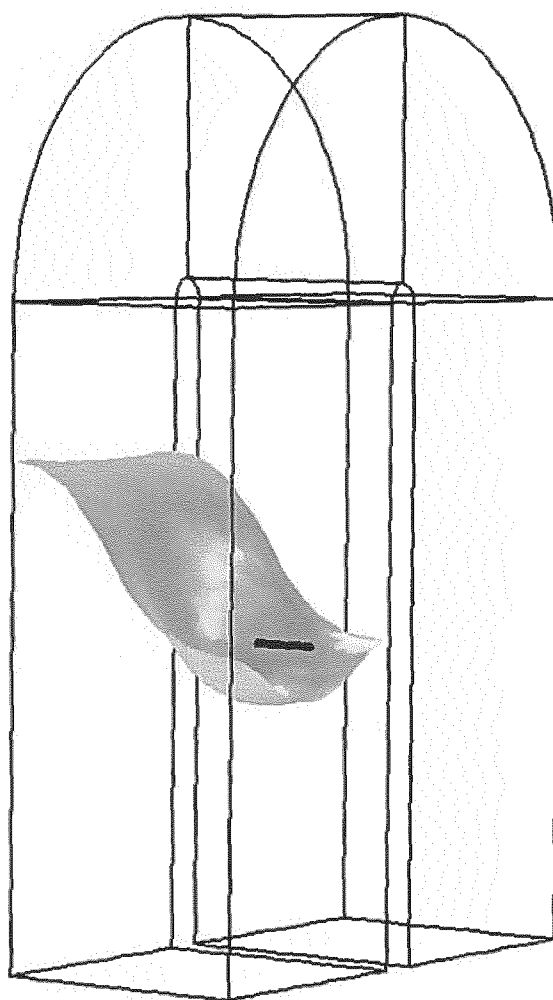
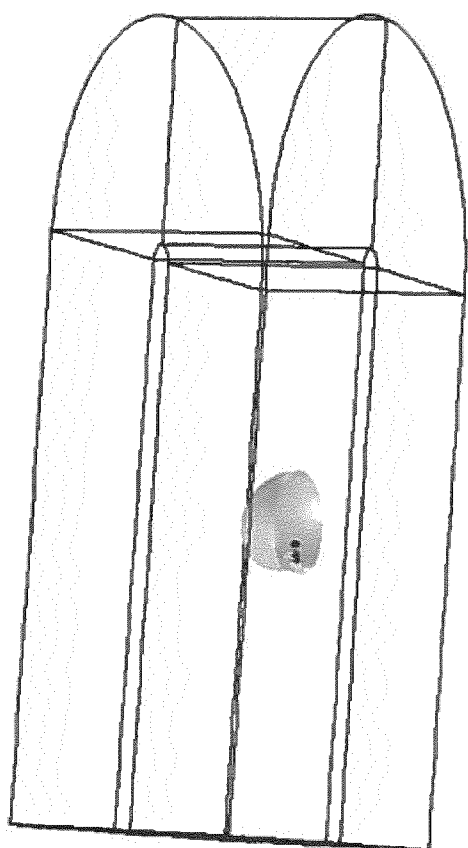
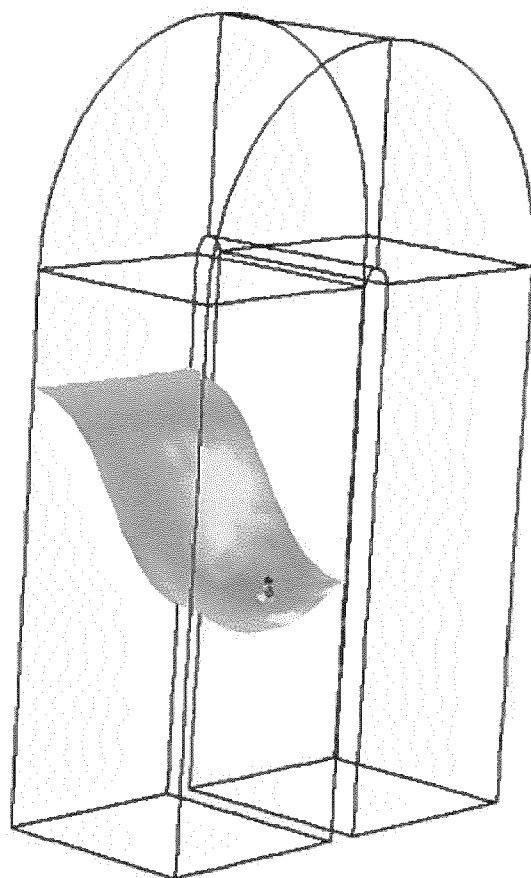


Figure 4



$\Phi = 7 \cdot 10^{-3}$

Figure 5A



$\Phi = 4 \cdot 10^{-3}$

Figure 5B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/064311

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F23J15/00 B01D53/83 B01D53/90
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F23J B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/125749 A1 (BENSON LEWIS B [US] ET AL) 23 May 2013 (2013-05-23) cited in the application page 3, paragraphs 29,33 page 4, paragraphs 38,40 page 4, paragraph 43 - paragraph 45 claims 1,3,7,9 figures 2,3,5	1-24
A	EP 0 337 073 A2 (BABCOCK ANLAGEN AG [DE]) 18 October 1989 (1989-10-18) cited in the application column 1, line 1 - line 6 column 4, line 22 - column 5, line 36 figure 1 ----- -/--	1,10,11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 August 2016

Date of mailing of the international search report

24/08/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gavriliu, Costin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/064311

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 890 081 A2 (MARTIN UMWELT & ENERGIETECH [DE]) 20 February 2008 (2008-02-20) column 3, paragraph 15 - paragraph 22 figure 1 -----	1,10,11
A	US 4 842 834 A (BURTON ALBERT A [US]) 27 June 1989 (1989-06-27) column 3, line 61 - column 4, line 26 figure 2 -----	1,10,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/064311

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013125749	A1	23-05-2013	NONE

EP 0337073	A2	18-10-1989	DE 3811636 C1 16-03-1989
		EP 0337073 A2	18-10-1989

EP 1890081	A2	20-02-2008	CA 2596491 A1 09-02-2008
		DE 102007003665 A1	13-03-2008
		EP 1890081 A2	20-02-2008
		JP 5280023 B2	04-09-2013
		JP 2008036633 A	21-02-2008
		US 2008035751 A1	14-02-2008

US 4842834	A	27-06-1989	AU 593983 B2 22-02-1990
		AU 1297288 A	24-08-1988
		EP 0300028 A1	25-01-1989
		FI 884495 A	30-09-1988
		JP H01502495 A	31-08-1989
		US 4842834 A	27-06-1989
		WO 8805762 A1	11-08-1988

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/064311

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F23J15/00 B01D53/83 B01D53/90 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F23J B01D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2013/125749 A1 (BENSON LEWIS B [US] ET AL) 23 mai 2013 (2013-05-23) cité dans la demande page 3, alinéas 29,33 page 4, alinéas 38,40 page 4, alinéa 43 - alinéa 45 revendications 1,3,7,9 figures 2,3,5	1-24
A	EP 0 337 073 A2 (BABCOCK ANLAGEN AG [DE]) 18 octobre 1989 (1989-10-18) cité dans la demande colonne 1, ligne 1 - ligne 6 colonne 4, ligne 22 - colonne 5, ligne 36 figure 1	1,10,11
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 11 août 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 24/08/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Gavriliu, Costin

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 1 890 081 A2 (MARTIN UMWELT & ENERGIETECH [DE]) 20 février 2008 (2008-02-20) colonne 3, alinéa 15 - alinéa 22 figure 1	1,10,11
A	----- US 4 842 834 A (BURTON ALBERT A [US]) 27 juin 1989 (1989-06-27) colonne 3, ligne 61 - colonne 4, ligne 26 figure 2 -----	1,10,11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/064311

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013125749	A1	23-05-2013	AUCUN	

EP 0337073	A2	18-10-1989	DE 3811636 C1	16-03-1989
			EP 0337073 A2	18-10-1989

EP 1890081	A2	20-02-2008	CA 2596491 A1	09-02-2008
			DE 102007003665 A1	13-03-2008
			EP 1890081 A2	20-02-2008
			JP 5280023 B2	04-09-2013
			JP 2008036633 A	21-02-2008
			US 2008035751 A1	14-02-2008

US 4842834	A	27-06-1989	AU 593983 B2	22-02-1990
			AU 1297288 A	24-08-1988
			EP 0300028 A1	25-01-1989
			FI 884495 A	30-09-1988
			JP H01502495 A	31-08-1989
			US 4842834 A	27-06-1989
			WO 8805762 A1	11-08-1988
