



(19)

Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 843 309 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
04.03.2015 Bulletin 2015/10

(51) Int Cl.:

F23G 5/027 (2006.01)

F23G 5/16 (2006.01)

B09B 3/00 (2006.01)

F23G 5/00 (2006.01)

F23G 7/10 (2006.01)

F23G 5/30 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: 14180074.8

(22) Date de dépôt: 06.08.2014

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeur: Antonini, Gérard
75012 Paris (FR)

(30) Priorité: 02.09.2013 FR 1358384

(74) Mandataire: Novaimo
Bâtiment Europa 2
310 avenue Marie Curie
Archamps Technopole
74166 Saint Julien en Genevois Cedex (FR)

(71) Demandeur: Savoie Déchets
73024 Chambéry Cedex (FR)

(54) Procédé de vitrification par gazéification séparée d'une matière carbonée

(57) Le traitement de déchets met en oeuvre la fourniture d'une quantité (10) de déchets d'un premier type, tels que des mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux, la fourniture d'une quantité (11) de déchets d'un deuxième type différent du premier type de déchets et comportant essentiellement une matière carbonée, une gazéification durant laquelle la quantité de

déchets du deuxième type est transformée en continu d'une manière produisant un gaz de synthèse combustible, puis une vitrification durant laquelle la quantité de déchets du premier type est transformée en continu en vitrifiat (14) en utilisant le gaz de synthèse combustible produit par la gazéification.

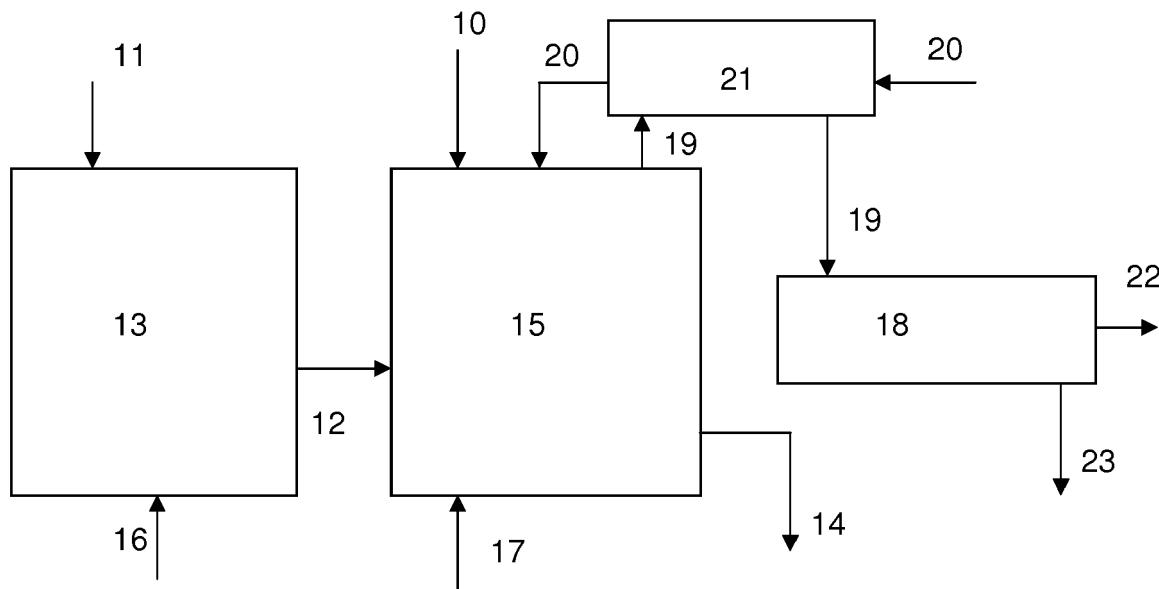


FIG 1

Description**Domaine technique de l'invention**

[0001] L'invention concerne le domaine du traitement de déchets. En particulier, il s'agit de réaliser une vitrification d'une quantité de déchets particuliers, tels que des mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux.

[0002] L'invention a pour objet plus particulièrement un procédé et un dispositif de traitement de déchets.

État de la technique

[0003] Le développement économique des pays entraîne une augmentation de la quantité de déchets produits. Si l'objectif de tous doit être la prévention des déchets à la source, le réemploi, ou le recyclage des déchets, il reste une quantité de déchets résiduels non négligeable à traiter.

[0004] Les méthodes de traitement varient beaucoup selon les pays. Le traitement thermique des déchets est un des procédés les plus répandus en Europe puisqu'en 2011, 23% des déchets européens étaient incinérés. Seuls six pays européens n'ont pas recours à l'incinération à l'heure actuelle.

[0005] Ainsi, il est connu actuellement d'incinérer les déchets non dangereux recueillis. Cette technique a pour conséquence de produire des mâchefers, qui sont des résidus issus de l'incinération.

[0006] Ainsi, environ 200-250 kg de mâchefers par tonne de déchets incinérés sont produits. Ces mâchefers constituent la plus grosse production de résidus issus de l'incinération. Plus de 16 millions de tonnes de mâchefers ont été produites en 2009 en Europe et leur valorisation est donc un enjeu important dans le bilan économique et environnemental des installations de traitement thermique des déchets.

[0007] Il a déjà été imaginé de valoriser les mâchefers en élaborant des matériaux vitrifiés, ou vitrifiats, à partir des mâchefers. La vitrification des mâchefers est un traitement de fusion à haute température, entre 1100°C et 1500°C, permettant d'obtenir, après refroidissement, un solide non cristallin (amorphe).

[0008] L'avantage principal de la vitrification des mâchefers est de les rendre inertes : les métaux lourds contenus dans les mâchefers sont piégés dans la matrice verrière et ne sont plus transférables à l'environnement. Le principal obstacle à la valorisation des mâchefers est donc levé. Ce procédé présente également d'autres avantages :

- la réduction du volume spécifique des mâchefers,
- la destruction à haute température de leurs imbrûlés carbone,
- la destruction à haute température des dioxines et furannes,
- la récupération facilitée des ferreux et non-ferreux

résiduels, contenus dans les mâchefers.

[0009] Le refroidissement des mâchefers en fusion peut être lent ou rapide. Dans le premier cas, la coulée fondue est recueillie en lingotières, le refroidissement étant naturel et conduisant à un vitrifiat amorphe, assimilable à un caillou. Dans le second cas, la coulée de mâchefers fondus est faite en bac d'eau, sous forme de vitrifiats granulaires, plus ou moins divisés, se présentant sous forme de solides vitreux.

[0010] La qualité du matériau vitreux obtenu, dépend fortement de la composition minérale des résidus traités, en particulier de leurs répartitions initiales en éléments oxydes tels que SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , pouvant conduire à des matériaux peu ou non fusibles, ainsi que de la vitesse de refroidissement.

[0011] Suite à leur vitrification, les mâchefers peuvent ensuite être valorisés dans différents domaines d'application.

[0012] Les vitrifiats de mâchefers, notamment sous forme granulaire et non amorphe, peuvent également être valorisés en génie civil, leurs propriétés inertes en faisant un matériau drainant et stabilisant. Les applications industrielles sont, par exemple, l'utilisation en technique routière comme agrégat d'enrobés dans une matrice bitumeuse ou bien encore comme sous-couche routière. Ils peuvent aussi servir comme matériau de remblai, en matériau de revêtement ou en parpaings.

[0013] Les mâchefers ne sont pas des corps purs et n'ont donc pas une température de fusion définie. D'une manière générale, la fusion du mélange des composés minéraux qui les constituent, s'effectue dans un intervalle de température compris entre la température de liquidus et la température de solidus du mélange, celles-ci variant suivant la composition des mâchefers. Il a toutefois pu être constaté que les températures de liquidus et de solidus des mâchefers étaient a priori voisines de 1150°C et 1450°C, respectivement, avec une température moyenne de fusion de 1250°C. L'énergie calorifique nécessaire à apporter à une unité de masse de mâchefer, supposée à température ambiante, pour le porter de 20°C à 1200°C et le faire fondre, est de l'ordre de 0,8 kWh/kg par kg de mâchefers.

[0014] Plusieurs types de fours permettant une vitrification après une incinération sont répertoriés, utilisant un apport d'énergie calorifique par un combustible ou par de l'électricité :

- les fours à oxy-fuel ou oxy-gaz, fonctionnant à l'air enrichi ou à l'oxygène,
- les fours à arc électrique ou électrodes, en bain de fusion,
- four à résistance électrique rayonnante,
- les fours à torche plasma (arc soufflé ou transféré),
- les fours de chauffage par induction en creuset froid.

[0015] Si la valorisation des mâchefers par vitrification présente donc les avantages déjà mentionnés, son prin-

cipal inconvénient est, par contre, une consommation énergétique importante nécessaire pour monter les mâchefers en température et les faire fondre. L'utilisation d'une source d'énergie conventionnelle (électricité, gaz etc.) devient particulièrement problématique dans le bilan environnemental de la valorisation des mâchefers par la technique de vitrification.

[0016] Bien que ces problématiques concernent notamment les mâchefers issus de l'incinération de déchets non dangereux, elles peuvent être étendues à toute autre catégorie de déchets à vitrifier.

Objet de l'invention

[0017] Le but de la présente invention est de proposer une solution de valorisation de déchets résiduels solides issus d'incinération de déchets qui remédie aux inconvénients listés ci-dessus.

[0018] En particulier, un objet de l'invention est de fournir une solution qui améliore le bilan d'un point de vue environnemental.

[0019] Un objet de l'invention est de fournir une solution particulièrement adaptée, mais non exclusivement, à la vitrification de mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux.

[0020] Ces objets peuvent être atteints par l'intermédiaire des revendications annexées, en particulier par un procédé de traitement de déchets, notamment traitement en continu, comprenant :

- une étape de fourniture d'une quantité de déchets d'un premier type formés par des résidus issus d'incinération de déchets, notamment formés par des mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux,
- une étape de fourniture d'une quantité de déchets d'un deuxième type différent du premier type de déchets et comportant essentiellement une matière carbonée,
- une étape de gazéification durant laquelle la quantité de déchets du deuxième type est transformée d'une manière produisant un gaz de synthèse combustible, utilisant un réacteur de gazéification de type à lit fluidisé dense, dans lequel la quantité de déchets du deuxième type à gazéifier est introduite en continu,
- une étape de vitrification durant laquelle la quantité de déchets du premier type, alimentée en continu, est transformée en continu en vitrifiat en utilisant la chaleur libérée par l'oxydation complète du gaz de synthèse combustible produit à l'étape de gazéification.

[0021] Les déchets du deuxième type peuvent être choisis parmi les biomasses des combustibles solides

de récupération, du bois contenant des substances chimiques telles que des substances de collage, de finition et de préservation.

[0022] Selon un mode de mise en oeuvre, l'étape de fourniture d'une quantité de déchets du premier type comprend

- une étape d'incinération d'une quantité de déchets de base, de type dangereux et/ou de type non dangereux, produisant une quantité de résidus solides d'incinération,
- puis une étape de refroidissement desdits résidus solides d'incinération au-delà d'une première valeur seuil réalisée de sorte que la température des résidus solides d'incinération reste supérieure à 600°C et/ou une étape de maintien d'un taux de carbone dans les résidus solides d'incinération supérieur à une deuxième valeur seuil, préférentiellement égale à 2% en masse.

[0023] L'étape de vitrification peut comprendre une étape de postcombustion, réalisée dans le four de fusion, par oxydation dans une atmosphère oxydante du gaz de synthèse combustible produit à l'étape de gazéification de sorte à produire une quantité d'énergie calorifique et une étape de fusion de la quantité de déchets du premier type dans un four de fusion et utilisant ladite quantité d'énergie calorifique produite par oxydation.

[0024] Le procédé de traitement peut comprendre une étape d'échange thermique entre les fumées générées durant l'étape de postcombustion et la quantité de déchets du premier type présents dans le four de fusion. La postcombustion du gaz de synthèse combustible peut être pilotée de sorte que la température dans le four de fusion soit telle que la viscosité dynamique de la quantité de déchets du premier type en fusion soit inférieure ou égale à 25 Pa.s.

[0025] Selon une variante d'exécution, la température dans le four de fusion est contrôlée de sorte que la quantité de déchets du premier type atteigne une température supérieure ou égale à 1400 degrés.

[0026] L'étape de fusion peut comprendre une étape d'introduction d'au moins un agent fondant dans le four de fusion, notamment du calcin et/ou de l'oxyde de sodium, choisi de sorte à abaisser la température de fusion de la quantité de déchets du premier type et/ou à abaisser la viscosité dynamique de la quantité de déchets du premier type en fusion.

[0027] L'étape de fusion peut comprendre une étape d'introduction d'au moins un agent carboné dans le four de fusion, configuré de sorte à réduire les oxydes métalliques initialement contenus dans la charge, en métaux.

[0028] Selon un mode de réalisation, l'étape de vitrification comprend une étape de coulée hors du four de fusion des déchets du premier type en fusion puis une étape de refroidissement des déchets du premier type dans un bac de refroidissement d'une manière générant

ledit vitrifiat, notamment un bain d'eau.

[0029] Suite à l'étape de refroidissement des déchets du premier type dans le bac de refroidissement, le procédé peut comprendre une étape de séparation des matériaux granulaires basaltiques du vitrifiat, des métaux ferreux et non-ferreux et des oxydes métalliques préalablement contenus dans la quantité de déchets du premier type et réduits dans le four de fusion.

[0030] L'étape de vitrification peut comprendre une étape d'admission d'air, éventuellement enrichi en oxygène, dans le four de fusion et le procédé peut comprendre une étape d'échange thermique entre l'air admis dans le four de fusion et les fumées générées par l'étape de vitrification.

[0031] Le procédé peut comprendre une étape de traitement des fumées générées par l'étape de vitrification, notamment par voie sèche, puis une étape de rejet dans l'atmosphère des fumées traitées.

[0032] La température du gaz de synthèse combustible produit à l'étape de gazéification est de préférence comprise entre 600 et 800°C, notamment entre 650 et 750 °C.

[0033] Un deuxième aspect de l'invention concerne une installation de traitement de déchets, notamment traitement en continu, comprenant des éléments logiciels et/ou matériels mettant en oeuvre un tel procédé de traitement de déchets et qui comprend :

- un réacteur de gazéification de type à lit fluidisé dense, ayant une sortie évacuant le gaz de synthèse combustible produit dans le réacteur de gazéification,
- un premier dispositif d'alimentation alimentant, notamment en continu, une première entrée du réacteur de gazéification avec la quantité de déchets du deuxième type, de type vis doseuse permettant une alimentation en continu du réacteur de gazéification, sans introduction d'air parasite,
- un four de fusion ayant une première entrée alimentée par le gaz de synthèse sortant du réacteur de gazéification au niveau de sa sortie,
- un dispositif de liaison notamment calorifugé conduisant le gaz de synthèse combustible de la sortie du réacteur de gazéification à la première entrée du four de fusion,
- un deuxième dispositif d'alimentation alimentant, notamment en continu, une deuxième entrée du four de fusion avec la quantité de déchets du premier type,
- un bac de refroidissement, notamment un bain d'eau, alimenté en entrée par la quantité de déchets du premier type en fusion coulant hors du four de fusion au niveau d'une première sortie du four de

fusion.

[0034] L'installation de traitement de déchets peut comprendre un dispositif d'échange thermique entre l'air admis dans le four de fusion au niveau d'une troisième entrée du four de fusion et les fumées générées dans le four de fusion et/ou dans le bac de refroidissement, le dispositif d'échange thermique étant notamment séparé du four de fusion.

10

Description sommaire des dessins

[0035] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés sur les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un organigramme de principe d'un exemple de traitement de déchets selon l'invention,
- la figure 2 illustre un exemple de réacteur de gazéification utilisé dans le traitement de déchets selon l'invention,
- et la figure 3 illustre un exemple de l'enceinte de vitrification utilisée dans le traitement de déchets selon l'invention.

Description de modes préférentiels de l'invention

[0036] Le procédé de traitement de déchets, notamment en continu, qui va être décrit en détails ci-après, en référence aux figures 1 à 3, comprend :

- une étape de fourniture d'une quantité 10 de déchets d'un premier type,
- une étape de fourniture d'une quantité 11 de déchets d'un deuxième type différent du premier type de déchets et comportant essentiellement une matière carbonée,
- une étape de gazéification durant laquelle la quantité 11 de déchets du deuxième type est transformée d'une manière produisant un gaz de synthèse combustible 12,
- une étape de vitrification durant laquelle la quantité de déchets du premier type, alimentée en continu, est transformée en continu en vitrifiat 14 en utilisant la chaleur libérée par l'oxydation complète du gaz de synthèse combustible produit à l'étape de gazéification.

50

[0037] L'étape de gazéification utilise un réacteur de gazéification de type à lit fluidisé dense, dans lequel la quantité 11 de déchets du deuxième type à gazifier est introduite en continu.

[0038] La quantité de déchets du premier type, destinée à être vitrifiée via l'utilisation du gaz de synthèse, est formée par des résidus issus d'incinération de déchets, notamment des ordures ménagères. Les déchets du pre-

mier type sont notamment formés par des résidus solides d'incinération issus d'incinération d'une quantité de déchets de base. Il s'agit notamment de mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux.

[0039] Il est également décrit une installation de traitement de déchets, comprenant les éléments logiciels et/ou matériels mettant en oeuvre le procédé de traitement de déchets décrit plus loin.

[0040] Préférentiellement, les déchets du deuxième type constitutifs de la quantité 11 sont choisis parmi les biomasses (par exemple, des plaquettes forestières), des combustibles solides de récupération, du bois dit de classe B, c'est-à-dire contenant des substances chimiques telles que des substances de collage, de finition et de préservation.

[0041] Les combustibles solides de récupération aussi connus sous l'acronyme « CSR » sont préférentiellement des combustibles de substitution dérivés des déchets utilisés pour leur haut pouvoir calorifique à des fins de valorisation énergétique en substitution des combustibles fossiles classiques (coke, fuel, ...). A titre d'exemple, les déchets utilisés pour fabriquer des combustibles solides de récupération peuvent être des déchets industriels banals et des encombrants de déchèteries de qualité hétérogène ou trop volumineux pour être valorisés dans les unités de valorisation énergétique d'incinération et co-incinération. Ils sont notamment composés de bois, de plastiques, de papiers, et cartons, de mousse polyuréthane, etc...

[0042] Il reste toutefois envisageable que la quantité de déchets du deuxième type puisse inclure des déchets dangereux, comme par exemple du bois dit de classe C, c'est-à-dire traité à cœur, souillé ou ignifugé.

[0043] Dans ce document, le terme « déchets dangereux » sera préférentiellement considéré comme signifiant les déchets qui présentent une ou plusieurs des propriétés énumérées à l'annexe I du Décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets. Ils sont signalés par un astérisque dans la liste des déchets de l'annexe II du même décret.

[0044] Dans ce document, le terme « déchets non dangereux » sera préférentiellement considéré comme signifiant tout déchet qui n'est pas défini comme dangereux par le décret n°2002-540 du 18 avril 2002.

[0045] L'étape de gazéification comprend une étape d'introduction en continu de la quantité 11 de déchets du deuxième type dans le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, puis une étape de pyrolyse dans laquelle les déchets du deuxième type constitutifs de la quantité 11 sont décomposés dans le réacteur de gazéification 13 d'une manière produisant des composés volatiles sous forme d'hydrocarbures gazeux et de vapeurs organiques et du coke de pyrolyse, puis une étape de conversion des hydrocarbures et du coke d'une manière produisant le gaz de synthèse combustible 12.

[0046] Les conversions thermochimiques sont conduites en atmosphère réductrice et sont globalement endothermiques.

[0047] L'énergie calorifique nécessaire à l'étape de pyrolyse et à l'étape de conversion est fournie par exothermicité de l'oxydation partielle d'une fraction du carbone contenu dans la quantité 11 de déchets du deuxième type, de sorte que le réacteur de gazéification 13 peut présenter avantageusement un mode de fonctionnement auto-thermique.

[0048] L'étape de pyrolyse et l'étape de conversion peuvent être réalisées dans une même enceinte thermique, ou dans deux enceintes séparées, par action d'un agent de fluidisation 16, tel que l'eau ou le dioxyde de carbone, en atmosphère réductrice admis dans le réacteur de gazéification 13.

[0049] Le gaz de synthèse combustible 12 comprend du monoxyde de carbone et du dihydrogène. Il peut également contenir du dioxyde de carbone, du méthane, des goudrons et de la vapeur d'eau. Il est également connu sous le nom « syngaz ».

[0050] Ainsi, les réactions principales impliquées dans le réacteur de gazéification 13 sont, une réaction de dévolatilisation, suivie d'une réaction dans laquelle la vapeur d'eau réagit avec le carbone fixe de la quantité 11, pour donner du dihydrogène et du monoxyde de carbone, une deuxième réaction dans laquelle le carbone de la quantité 11 réagit avec le dioxyde de carbone pour donner du monoxyde de carbone et une troisième réaction dans laquelle le carbone de la quantité 11 réagit avec du dioxygène pour donner du monoxyde de carbone.

[0051] La température du gaz de synthèse combustible 12, produit à l'étape de gazéification, est préférentiellement comprise entre 600 et 800°C, notamment entre 650 et 750°C. Il s'agit donc de températures avantageusement modérées de façon d'une part à assurer la sélectivité des réactions thermochimiques de conversion et d'autre part afin d'éviter les problèmes d'agglomération de la charge, par ramollissement et/ou fusion de sa fraction inerte, du fait de la présence fréquente de fortes teneurs en alcalins des biomasses (Na, K).

[0052] De manière générale, il est entendu par le terme « gazéification » toute méthode permettant de transformer à haute température la matière carbonée de la quantité de déchets du deuxième type en gaz combustible dont les principaux constituants sont du monoxyde de carbone et de l'hydrogène.

[0053] L'étape de vitrification est réalisée en continu. Elle est mise en oeuvre dans une enceinte de vitrification 15 qui comprend un four de fusion 151 et un bac de refroidissement 152. La réunion du four de fusion 151 et du bac de refroidissement 152, illustrée à la figure 3, 50 constitue l'enceinte de vitrification 15 prenant en entrée notamment le gaz de synthèse combustible 12 issu du réacteur de gazéification 13 et la quantité 10 de déchets du premier type, alimentée en continu, et délivrant en sortie principalement le vitrifiat 14 ainsi que des fumées 55 19 générées par l'oxydation du syngaz, au niveau du four de fusion 151 et/ou du bac de refroidissement 152.

[0054] L'installation de traitement de déchets, notamment en continu, comprend de manière plus générale

les éléments suivants :

- le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, ayant une sortie évacuant le gaz de synthèse combustible 12 produit dans le réacteur de gazéification 13,
- un premier dispositif d'alimentation 28 (figure 2) alimentant, notamment en continu, une première entrée du réacteur de gazéification 13, par exemple via une trémie et un convoyeur alimentant un sas d'introduction, avec la quantité 11 de déchets du deuxième type, ou par une vis doseuse permettant une alimentation en continu du réacteur de gazéification 13, sans introduction d'air parasite dans le réacteur de gazéification,
- le four de fusion 151 ayant une première entrée alimentée en continu par le gaz de synthèse combustible 12 sortant du réacteur de gazéification 13 au niveau de sa sortie,
- un dispositif de liaison, notamment calorifugé, conduisant le gaz de synthèse combustible 12 de la sortie du réacteur de gazéification 13 à la première entrée du four de fusion 151,
- un deuxième dispositif d'alimentation 27 (figure 3) alimentant, notamment en continu, une deuxième entrée du four de fusion 151 avec la quantité 10 de déchets du premier type,
- le bac de refroidissement 152 alimenté en entrée par la quantité 10 de déchets du premier type en fusion, coulant hors du four de fusion 151 au niveau d'une première sortie du four de fusion 151.

[0055] Le bac de refroidissement 152 est préférentiellement un bain d'eau, notamment un bain d'eau froide pour réaliser un refroidissement très rapide par une immersion dans ce bain d'eau froide et permettant un choc thermique, entraînant, en particulier, la division de la matrice vitreuse.

[0056] Le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, dit « LFD », est particulièrement adapté. Il s'agit d'un réacteur dans lequel la quantité 11 à gazéifier est introduite en continu dans un lit de particules inertes (par exemple du sable) mises en suspension dans le réacteur, par un courant ascendant d'air, ce qui favorise les échanges thermiques et massique entre le solide et le gaz. Le réacteur 13 à lit fluidisé dense prévoit une vitesse de fluidisation relativement faible (1 à 2 m/s) sans entraînement du lit. L'agent de fluidisation 16 est soufflé sous une grille de fluidisation.

[0057] Il est particulièrement bien adapté au cas d'espèce pour les raisons suivantes :

- permet au réacteur de gazéification 13 de pouvoir fonctionner à température uniforme et modérée (entre 650 et 750 degrés notamment),
- permet de pouvoir contrôler le réacteur 13 en température par des parois refroidies,
- permet que le réacteur 13 présente un encombre-

ment modéré,

- permet de s'accommoder aisément à des situations d'exploitation nécessitant l'arrêt et le démarrage du réacteur de gazéification 13.

5

[0058] En effet, dans le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, l'introduction d'agent de fluidisation 16 destiné à réaliser l'oxydation partielle de la quantité 11, de façon à fournir l'énergie calorifique nécessaire aux réactions de gazéification en conduite auto-thermique, est réalisée à un débit correspondant en pratique au débit d'air de fluidisation en régime dense. Il est réparti uniformément dans la quantité 11, mélangée au media inerte de fluidisation, par l'intermédiaire de la grille de fluidisation. La présence d'un média de fluidisation (sable) permet en outre d'obtenir une température de lit uniforme, limitant les processus d'agglomération par ramollissement de la charge. Le lit joue, par ailleurs, un rôle de tampon thermique, vis-à-vis d'une variation du pouvoir calorifique inférieur de la quantité 11 entrante, contribuant à l'uniformité de sa température.

10

[0059] Dans le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, les enceintes sont statiques et sont facilement réalisables en parois refroidies (parois membranes à tube d'eau ou d'huile, intégrées à un circuit de récupération de chaleur, balayage de double-enveloppe à l'air) et étanches vis-à-vis des entrées d'air parasites. De plus, l'agent 16 y est réparti uniformément dans la quantité 11, par l'intermédiaire de la grille de fluidisation, permettant d'éviter les points chauds susceptibles d'entraîner le ramollissement des composés minéraux de la quantité 11 entrante et des processus de colmatage des parois et des dépôts dans les conduits aval.

15

[0060] Dans le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, les coefficients de transfert interne entre l'agent de fluidisation 16 et la quantité 11 divisée à traiter, ainsi qu'entre le lit et les parois refroidies, peuvent atteindre des valeurs allant de 500 à 800 W/m²°C, permettant à même débit, de réduire les volumes d'enceintes mis en jeu. Des valeurs supérieures de coefficients de transfert thermique peuvent être atteintes avec d'autres technologies de réacteur de gazéification 13 mais au détriment de l'encombrement.

20

[0061] Dans le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, l'arrêt de l'alimentation entraîne pratiquement instantanément l'arrêt de la production de gaz de synthèse 12, compte tenu de la faible rétention effective de la quantité 11 à gazéifier dans le lit.

25

[0062] L'introduction d'une faible quantité d'air dans le réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, correspondant également à l'agent de fluidisation 16, permet d'atteindre un fonctionnement auto-thermique du réacteur par oxydation partielle de la quantité 11 entrante.

30

[0063] Dans le réacteur de gazéification 13, le refroidissement du réacteur est assuré par balayage à l'air ambiant ou à l'eau.

[0064] La mise en place d'un dispositif d'extraction des

indésirables de la quantité 11 entrante peut être réalisée par installation d'une vis en fond de lit. La partie inerte de ces indésirables peut être avantageusement introduite dans le four de fusion 151.

[0065] Un exemple d'aménagement du réacteur de gazéification 13 est illustré sur la figure 2. L'agent de fluidisation (air) 16 est par exemple admis en partie basse du réacteur 13 via une soufflante, au niveau d'une deuxième entrée du réacteur de gazéification 13.

[0066] Le deuxième dispositif d'alimentation 27 comprend par exemple une trémie de réception et de stockage de la quantité 10 de déchets du premier type dont la sortie alimente un convoyeur qui lui-même alimente la deuxième entrée du four de fusion 151. L'introduction en continu de la charge gazéifiable, est réalisée via un dispositif de double sas ou via une vise doseuse, permettant, dans les deux cas, de limiter les entrées d'air parasite dans le réacteur.

[0067] La séquence de démarrage du réacteur de gazéification commence par le préchauffage du média inerte de type sable, par le préchauffage de l'air de fluidisation via un brûleur externe. La charge à gazéifier est introduite quand le média a atteint une température voisine de 450 à 500° C. Dès lors, la gazéification de la charge entrante a lieu de façon homogène dans le média inerte chaud, son entretien étant assuré par l'oxydation partielle d'une fraction de la charge entrante, par l'air de fluidisation lui-même. Dès lors, le brûleur de préchauffage de l'air de fluidisation peut être progressivement arrêté.

[0068] Les vitrifiats 14 sortent en continu hors de l'enceinte de vitrification 15 au niveau d'une première sortie de l'enceinte de vitrification 15 tandis que les fumées 19 sortent hors de l'enceinte de vitrification 15 au niveau d'une deuxième sortie.

[0069] L'étape de vitrification comprend préférentiellement une étape de postcombustion par oxydation dans une atmosphère oxydante du gaz de synthèse combustible 12 produit à l'étape de gazéification de sorte à produire une quantité d'énergie calorifique permettant une étape de fusion de la quantité 10 de déchets du premier type dans le four de fusion 151 et utilisant cette quantité d'énergie calorifique produite par oxydation.

[0070] Préférentiellement, l'étape de postcombustion est réalisée dans le four de fusion 151 mais elle pourrait être déportée en prévoyant un transfert de la quantité d'énergie calorifique produite durant la postcombustion vers le four de fusion. Au sein du four de fusion 151, il peut avantageusement être mis en oeuvre une étape d'échange thermique entre les fumées générées durant l'étape de postcombustion et la quantité 10 de déchets du premier type présents dans le four de fusion 151.

[0071] Il ressort de ce qui précède que la solution décrite ici permet de faire en sorte que l'apport calorifique nécessaire à la mise en fusion des déchets du premier type, par exemple les mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux, suite à leur introduction dans le four de fusion 151 est obtenu par une postcombustion oxydante (de l'air 20 éventuellement enrichi en oxygène

étant introduit également dans le four de fusion 151) du gaz de synthèse combustible 12 préalablement produit dans le réacteur de gazéification 13 auto-thermique de déchets à partir d'une gazéification de déchets à base de matière carbonée. La postcombustion libère la chaleur nécessaire à la fusion des déchets du premier type introduits dans le four de fusion 151.

[0072] Ainsi, la forte quantité spécifique d'énergie conventionnelle (électricité, gaz, etc.) utilisée dans l'art antérieur pour réaliser la mise en fusion de mâchefers est avantageusement remplacée par l'énergie obtenue par postcombustion du gaz de synthèse obtenu lui-même par une opération de gazéification de déchets d'une autre nature, c'est-à-dire à base de matière carbonée. La solution est donc particulièrement intéressante d'un point de vue économique et environnemental global. Grâce au procédé de traitement décrit, les déchets du premier type et les déchets du deuxième type sont conjointement traités. L'énergie extérieure, à base de combustibles fossiles et/ou d'électricité du réseau, à apporter pour la vitrification est considérablement diminuée. Ces avantages s'appliquent quelle que soit la nature des déchets du premier type à vitrifier et sont intéressants dans l'exemple particulier de mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux.

[0073] Les goudrons éventuellement présents dans le gaz de synthèse 12 produit par le réacteur de gazéification 13 sont avantageusement directement craqués thermiquement dans le four de fusion 151, récupérant ainsi leur contenu thermochimique par combustion. Dans le cas d'un réacteur de gazéification 13 de type à lit fluidisé dense, le gaz de synthèse 12 comprend aussi des quantités significatives d'envols particulaires de la fraction inerte de la quantité 11 entrante. Comme le gaz de synthèse 12 est oxydé dans le four de fusion 151 disposé en aval du réacteur de gazéification 13, les polluants particulaires sont récupérés par le bain en fusion de la quantité 10 de déchets du premier type en fusion et les goudrons sont détruits thermiquement.

[0074] En référence à la figure 3, l'étape de vitrification peut comprendre une étape de coulée hors du four de fusion 151 des déchets du premier type en fusion puis une étape de refroidissement des déchets du premier type dans le bac de refroidissement 152 d'une manière générant ledit vitrifiat 14. Le bac 152 est par exemple un bain d'eau. Les vitrifiats 14 sont évacués hors du bac de refroidissement 152 via un convoyeur repéré 26, par exemple constitué par une vis d'extraction en continu. Par ailleurs, le four de fusion 151 peut également être alimenté au niveau de sa deuxième entrée par du calcin 24 et au niveau de sa première entrée par du gaz naturel 25. L'ajout de carbone fixe dans le bain est également possible, de manière à réaliser dans le bain fondu, la réduction des oxydes métalliques présents, permettant d'augmenter la récupération ultérieure de métaux. Cet ajout de carbone fixe peut provenir de la partie inerte des indésirables issus du réacteur de gazéification 13. Le gaz naturel 25 et le calcin 24 ne sont utilisés qu'au dé-

marrage du four de fusion 151. Il s'agit notamment d'un four à cuve à bain bouillonnant. Il peut être prévu un silo de stockage du calcin 24, ainsi qu'une ligne alimentée par le gaz naturel 25. Le démarrage de l'installation est réalisé en utilisant du calcin, fondu par la combustion du gaz naturel. Une fois le bain formé, l'alimentation en calcin est diminuée en la substituant par la quantité 10 de déchets du premier type. Le gaz naturel 25 est alors progressivement substitué par le gaz de synthèse 12 fourni par le réacteur de gazéification 13. Un silo de stockage des vitrifiats peut être prévu, ainsi qu'un conduit d'évacuation des fumées 19 sortant du four 151 et dirigées, à l'aide d'un extracteur, en entrée de la chaudière principale relative à l'étape d'incinération.

[0075] Suite à l'étape de refroidissement des déchets du premier type dans le bac de refroidissement 152, le procédé comprend éventuellement une étape de séparation des matériaux granulaires basaltiques du vitrifiat, des métaux ferreux et non-ferreux et des oxydes métalliques préalablement contenus dans la quantité de déchets du premier type et réduits dans le four de fusion. L'ajout de carbone fixe dans le bain fondu est de nature à augmenter le taux de récupération des métaux, par réduction des oxydes métalliques préalablement contenus dans la quantité 10. Les métaux ferreux/ non-ferreux et la quantité restante pourront faire l'objet d'une valorisation séparée.

[0076] L'étape de fusion peut comprendre une étape d'introduction d'au moins un agent fondant 17 dans le four de fusion 151, notamment du calcin et/ou de l'oxyde de sodium, choisi de sorte à abaisser la température de fusion de la quantité 10 de déchets du premier type et/ou à abaisser la viscosité dynamique de la quantité 10 de déchets du premier type en fusion. Le four de fusion 151 comprend donc une troisième entrée à cet effet. L'ajout de Na_2O , apporté sous forme de Na_2CO_3 permet d'obtenir des verres à des températures comprises entre 1100 et 1200°C. Une composition massique typique, en composés majoritaires, est alors : $\text{SiO}_2 = 40\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 8\%$, $\text{CaO} = 18\%$, $\text{Na}_2\text{O} = 26\%$.

[0077] L'étape de fusion comprend une étape d'introduction d'au moins un agent carboné 17 dans le four de fusion, dans le but de réduire les oxydes métalliques initialement contenus dans la charge, en métaux.

[0078] La postcombustion du gaz de synthèse combustible 12 est préférentiellement pilotée de sorte que la température dans le four de fusion 151 soit telle que la viscosité dynamique de la quantité 10 de déchets du premier type en fusion soit inférieure ou égale à 25 Pa.s. Il est considéré en effet qu'au dessus de cette limite, la viscosité atteinte ne permet pas la coulée du vitrifiat 14 hors du four 151. Notamment, la température dans le four de fusion 151 est contrôlée de sorte que la quantité 10 de déchets du premier type atteigne une température supérieure ou égale à 1400 degrés, préférentiellement de l'ordre de 1450° C.

[0079] L'étape de vitrification comprend de préférence une étape d'admission d'air 20, éventuellement enrichi

en oxygène, dans le four de fusion 151. Le four de fusion 151 comprend donc une quatrième entrée à cet effet.

[0080] La postcombustion du gaz de synthèse 12 étant réalisée en phase homogène (combustion gaz-gaz), les excès d'air 20 à pratiquer pour en obtenir la combustion complète sont faibles (compris dans une plage allant de 5 à 8%) de sorte que la température adiabatique de flamme obtenue est élevée (de l'ordre de 1500°C) et le volume des fumées 19 est réduit. Il faut noter que l'utilisation d'air 20 enrichi en oxygène pour la postcombustion du gaz 12 permet, si nécessaire, à la fois d'augmenter la température de flamme et de réduire le volume de fumées 19, par diminution du ballast azote. Avec une telle température de flamme, le niveau de température nécessaire à la fusion des déchets du premier type, soit au-delà de 1400° C dans l'exemple des mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux, est facile à atteindre.

[0081] L'installation comprend donc facultativement une unité d'enrichissement de l'air admis 20 fournissant un air enrichi entre 40 et 50% de dioxygène, en substitution de l'air standard qui comprend 21% de dioxygène, pour augmenter significativement la température de la quantité 10 en fusion et donc faciliter sa coulée hors du four 151.

[0082] Il peut avantageusement être mis en oeuvre une étape d'échange thermique entre l'air admis 20 dans le four de fusion 151 et les fumées 19 générées par l'étape de vitrification.

[0083] A cet effet, l'installation comprend un dispositif d'échange thermique 21 entre l'air admis 20 dans le four de fusion 151 au niveau d'une troisième entrée du four de fusion 151 et les fumées 19 générées dans le four de fusion 151 et/ou dans le bac de refroidissement 152. Ce dispositif d'échange thermique 21 est très préférentiellement séparé du four du fusion, c'est-à-dire disposé à l'extérieur,

[0084] Il est en effet envisageable de préchauffer l'air admis 20 à une température comprise entre 700 et 800° C, avant son entrée dans le four de fluidisation 151 de façon d'une part à éviter l'injection d'air froid dans le bain de fusion et d'autre part d'augmenter la température adiabatique de la postcombustion dans le four 151, abaisse la viscosité dynamique de la quantité 10 de déchets du premier type à l'état de fusion et facilitant ainsi sa coulée hors du four de fusion 151. Cela permet également d'abaisser la température des fumées 19 à une température compatible avec un traitement ultérieur des fumées effectué dans un dispositif de traitement 18 des fumées évoqué plus loin.

[0085] Il peut être mis en oeuvre un refroidissement des fumées issues du four du fusion par injection d'eau, suivie de l'étape d'échange thermique susmentionnée dans le dispositif 21.

[0086] De manière non représentée, l'étape de fourniture d'une quantité 10 de déchets d'un premier type peut préférentiellement comprendre, bien que cela ne soit pas exclusif :

- une étape d'incinération d'une quantité de déchets de base, de type dangereux et/ou de type non dangereux, produisant une quantité de résidus solides d'incinération,
- puis une étape de refroidissement des résidus solides d'incinération au-delà d'une première valeur seuil et/ou une étape de maintien d'un taux de carbone dans les résidus solides d'incinération supérieur à une deuxième valeur seuil. La deuxième valeur seuil est préférentiellement égale à 2% en masse. L'étape de refroidissement pourra avantageusement être réalisée de sorte que la température des résidus solides d'incinération reste supérieure à 600°C, notamment par contrôle de la vitesse de défilement des déchets dans l'incinérateur de déchets. Toutefois, il peut tout à fait être envisagé que la première valeur seuil soit inférieure à 600°C.

[0087] Le maintien d'un taux de carbone volontairement plus élevé que la pratique courante dans les techniques d'incinération, soit par exemple au-delà de 2% en masse, a pour objectif de tenir compte du fait que ce carbone fixe participe, par son pouvoir calorifique inférieur, à réduire la demande spécifique en énergie du four de fusion 151. En effet, l'introduction d'air 20 dans le four de fusion 151 provoque l'oxydation exothermique de cette fraction carbone. L'ajout de biomasse, directement dans le bain fondu formé par la quantité 10 en fusion est également possible. Ainsi, par exemple pour une quantité 10 contenant 5% de carbone fixe, l'énergie spécifique allo-thermique à apporter pour la vitrification est 0,34 kWh/kg alors qu'elle est de 0,8 kWh/kg pour un pourcentage en masse de carbone de 2%.

[0088] Le maintien d'une température des mâchefers relativement élevée, par exemple supérieure à 600°C, permet de diminuer l'énergie calorifique spécifique nécessaire à l'entrée en fusion de la quantité 10 dans le four 151 et donc à la vitrification. Par exemple, cela permet de passer d'environ 0,8 kWhth/kg (pour une température initiale à l'entrée du four 151 de 20°C) à environ 0,62 kWhth/kg (pour une température initiale à l'entrée du four 151 de 600°C).

[0089] Il peut également être mis en oeuvre une étape de récupération par le four de fusion 151 de tout ou partie des cendres recueillies sous la chaudière de l'incinérateur des déchets de base qui produit une quantité de résidus solides d'incinération. Le dimensionnement du four de fusion 151 doit alors tenir compte des volumes de telles cendres à vitrifier dans l'enceinte de vitrification 15.

[0090] Les fumées 19 chaudes (de l'ordre de 1400°C) générées par l'étape de vitrification sont ensuite traitées, après refroidissement par injection d'eau et passage dans l'échangeur 21, dans le dispositif de traitement 18, notamment par voie sèche. Puis les fumées 22 traitées par le dispositif de traitement 18 sont rejetées dans l'atmosphère. Les fumées 19 contiennent, en particulier, des chlorures, des composés soufrés, du mercure et cer-

tains métaux lourds, non solubilisés dans le bain fondu dans le four 151. Le dispositif de traitement 18 peut être constitué par le dispositif de traitement des fumées issues de l'étape d'incinération des déchets de base ou par un dispositif de traitement 18 autonome.

[0091] Enfin, les résidus issus du traitement des fumées 19 réalisé dans le dispositif de traitement 18 sont repérés 23 et récupérés.

[0092] Bien que la solution précédente vise particulièrement à résoudre les problématiques liées au traitement des mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux, elle reste totalement applicable à des déchets à vitrifier de toute autre nature.

[0093] Un exemple de pré-dimensionnement d'une solution telle qu'exposée ci-dessus est présenté ci-après. Il s'agit d'un exemple particulier d'application, non limitatif du domaine d'application de l'invention, mettant en oeuvre une vitrification d'une quantité de déchets du premier type constituée par des mâchefers issus d'inciné-

ration de déchets non dangereux. Il est donc rappelé que les déchets du premier type peuvent être d'une autre nature, telle que des déchets dangereux, comme par exemple des cendres sous chaudière.

[0094] Il s'agit d'une installation autorisée à traiter 115 000 t/an de déchets non recyclables. Une quantité voisine de 20000 tonnes de mâchefers est produite annuellement, soit de l'ordre de 17% des déchets prétraités, entrant dans l'incinérateur. Une opération de séparation des métaux ferreux et non-ferreux est mise en oeuvre.

En admettant que les métaux ferreux et non-ferreux valorisables représentent de l'ordre de 6% de la quantité de mâchefers bruts, la quantité 10 annuelle est de 18800 t/an qu'il convient de traiter.

[0095] Il faut rappeler que les mâchefers produits ont des pouvoirs calorifiques inférieurs naturellement non négligeables, du fait de leurs teneurs souvent élevées (comprises entre 2 et 5%) en carbone résiduel imbrûlé. Dans la solution proposée dans ce document, ce carbone fixe étant oxydé dans l'étape de fusion de la quantité 10 dans le four 151 en atmosphère oxydante, l'énergie calorifique libérée par l'exo-thermicité des réactions d'oxydation peut être directement récupérée dans le bain fondu formé par la quantité 10 en fusion. Ceci permet de diminuer l'apport d'énergie calorifique externe nécessaire à la fusion.

[0096] Dans cet exemple, il est admis que le taux de carbone résiduel dans la quantité 10 de déchets du premier type est de 4% et que leur humidité, après refroidissement, est de 10%. Dans ces conditions, le pouvoir calorifique de cette quantité 10 est 262 kcal par kilogramme.

[0097] La demande spécifique en énergie calorifique externe à apporter pour obtenir la fusion de la quantité 10 est donc 0,5 kWh/kg, soit 0,5 MWh/t. Rappelons que cette demande en énergie pourrait être réduite en augmentant la teneur en carbone fixe résiduelle de la quantité 10 en sortie de l'incinérateur, par exemple par simple augmentation de la vitesse d'avancement des déchets

sur la grille de l'incinérateur.

[0098] Il est pris comme exemple une quantité 11 de déchets du deuxième type constitués par des bois de classe B. Ils sont en effet intéressants car :

- la teneur en humidité est faible (comprise entre environ 4 et 6%) et le pouvoir calorifique inférieur est élevé (compris entre environ 4 et 4,5 kWh/kg),
- ils sont actuellement disponibles facilement.

[0099] Il est admis ici que le pouvoir calorifique inférieur est de 4 kWh/kg.

[0100] En admettant un taux de pertes thermiques voisin de 7%, la demande annuelle effective en énergie calorifique de l'étape de vitrification est 10 GWh/an. En supposant un rendement de gazéification de 96%, la quantité 11 de bois de classe B nécessaire est donc 2604 t/an.

[0101] Pour un fonctionnement à raison de 8000 h/an, la quantité 11 horaire de bois de classe B alimentant le réacteur 13 est 0,326 t/h, correspondant à une puissance entrant dans le réacteur 13 de 1,3 MWth.

[0102] Il est rappelé que d'autres types de déchets peuvent être utilisés dans l'étape de gazéification.

Revendications

1. Procédé de traitement de déchets, notamment en continu, comprenant :

- une étape de fourniture d'une quantité (10) de déchets d'un premier type formés par des résidus issus d'incinération de déchets, notamment formés par des mâchefers issus d'incinération de déchets non dangereux,
- une étape de fourniture d'une quantité (11) de déchets d'un deuxième type différent du premier type de déchets et comportant essentiellement une matière carbonée,
- une étape de gazéification durant laquelle la quantité de déchets du deuxième type est transformée d'une manière produisant un gaz de synthèse combustible (12), utilisant un réacteur de gazéification (13) de type à lit fluidisé dense, dans lequel la quantité (11) de déchets du deuxième type à gazéifier est introduite en continu,
- une étape de vitrification durant laquelle la quantité de déchets du premier type, alimentée en continu, est transformée en continu en vitrifiat (14) en utilisant la chaleur libérée par l'oxydation complète du gaz de synthèse combustible produit à l'étape de gazéification.

2. Procédé de traitement de déchets selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les déchets du deuxième type sont choisis parmi les biomasses des combustibles solides de récupération, du bois con-

tenant des substances chimiques telles que des substances de collage, de finition et de préservation.

3. Procédé de traitement de déchets selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'étape de fourniture d'une quantité (10) de déchets du premier type comprend

- une étape d'incinération d'une quantité de déchets de base, de type dangereux et/ou de type non dangereux, produisant une quantité de résidus solides d'incinération,
- puis une étape de refroidissement desdits résidus solides d'incinération au-delà d'une première valeur seuil réalisée de sorte que la température des résidus solides d'incinération reste supérieure à 600°C et/ou une étape de maintien d'un taux de carbone dans les résidus solides d'incinération supérieur à une deuxième valeur seuil, préférentiellement égale à 2% en masse.

4. Procédé de traitement de déchets selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'étape de vitrification comprend une étape de postcombustion, réalisée dans le four de fusion, par oxydation dans une atmosphère oxydante du gaz de synthèse combustible produit à l'étape de gazéification de sorte à produire une quantité d'énergie calorifique et une étape de fusion de la quantité de déchets du premier type dans un four de fusion (151) et utilisant ladite quantité d'énergie calorifique produite par oxydation.

5. Procédé de traitement de déchets selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la postcombustion du gaz de synthèse combustible est pilotée de sorte que la température dans le four de fusion soit telle que la viscosité dynamique de la quantité de déchets du premier type en fusion soit inférieure ou égale à 25 Pa.s.

6. Procédé de traitement de déchets selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la température dans le four de fusion est contrôlée de sorte que la quantité de déchets du premier type atteigne une température supérieure ou égale à 1400 degrés.

7. Procédé de traitement de déchets selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** l'étape de fusion comprend une étape d'introduction d'au moins un agent fondant (17) dans le four de fusion, notamment du calcin et/ou de l'oxyde de sodium, choisi de sorte à abaisser la température de fusion de la quantité de déchets du premier type et/ou à abaisser la viscosité dynamique de la quantité de déchets du premier type en fusion.

8. Procédé de traitement de déchets selon l'une des

- revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** l'étape de fusion comprend une étape d'introduction d'au moins un agent carboné dans le four de fusion, configuré de sorte à réduire les oxydes métalliques initialement contenus dans la charge, en métaux. 5
9. Procédé de traitement de déchets selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** l'étape de vitrification comprend une étape de coulée hors du four de fusion des déchets du premier type en fusion puis une étape de refroidissement des déchets du premier type dans un bac de refroidissement (152) d'une manière générant ledit vitrifiat, notamment un bain d'eau. 10
10. Procédé de traitement de déchets selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** suite à l'étape de refroidissement des déchets du premier type dans le bac de refroidissement, le procédé comprend une étape de séparation des matériaux granulaires basaltiques du vitrifiat, des métaux ferreux et non-ferreux et des oxydes métalliques préalablement contenus dans la quantité de déchets du premier type et réduits dans le four de fusion. 15
11. Procédé de traitement de déchets selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** l'étape de vitrification comprend une étape d'admission d'air (20), éventuellement enrichi en oxygène, dans le four de fusion et **en ce qu'il** comprend une étape d'échange thermique entre l'air admis dans le four de fusion et les fumées générées par l'étape de vitrification. 20
12. Procédé de traitement de déchets selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape de traitement des fumées générées par l'étape de vitrification, notamment par voie sèche, puis une étape de rejet dans l'atmosphère des fumées traitées (22). 30
13. Procédé de traitement de déchets selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** la température du gaz de synthèse combustible produit à l'étape de gazéification est comprise entre 600 et 800°C, notamment entre 650 et 750°C. 40
14. Installation de traitement de déchets, notamment en continu, comprenant des éléments logiciels et/ou matériels mettant en oeuvre un procédé de traitement de déchets selon l'une quelconque des revendications précédentes et qui comprend : 45
- un réacteur de gazéification (13) de type à lit fluidisé dense, ayant une sortie évacuant le gaz de synthèse combustible produit dans le réacteur de gazéification, 50
 - un premier dispositif d'alimentation (28) ali-
- mentant, notamment en continu, une première entrée du réacteur de gazéification avec la quantité de déchets du deuxième type, de type vis doseuse permettant une alimentation en continu du réacteur de gazéification, sans introduction d'air parasite,
- un four de fusion (151) ayant une première entrée alimentée par le gaz de synthèse (12) sortant du réacteur de gazéification au niveau de sa sortie,
 - un dispositif de liaison notamment calorifugé conduisant le gaz de synthèse combustible de la sortie du réacteur de gazéification à la première entrée du four de fusion,
 - un deuxième dispositif d'alimentation (27) alimentant, notamment en continu, une deuxième entrée du four de fusion avec la quantité de déchets du premier type,
 - un bac de refroidissement (152), notamment un bain d'eau, alimenté en entrée par la quantité de déchets du premier type en fusion coulant hors du four de fusion au niveau d'une première sortie du four de fusion.
- 25 15. Installation de traitement de déchets selon la revendication 14, **caractérisée en ce qu'elle** comprend un dispositif d'échange thermique (21) entre l'air (20) admis dans le four de fusion au niveau d'une troisième entrée du four de fusion et les fumées (19) générées dans le four de fusion et/ou dans le bac de refroidissement, le dispositif d'échange thermique (21) étant notamment séparé du four de fusion. 35

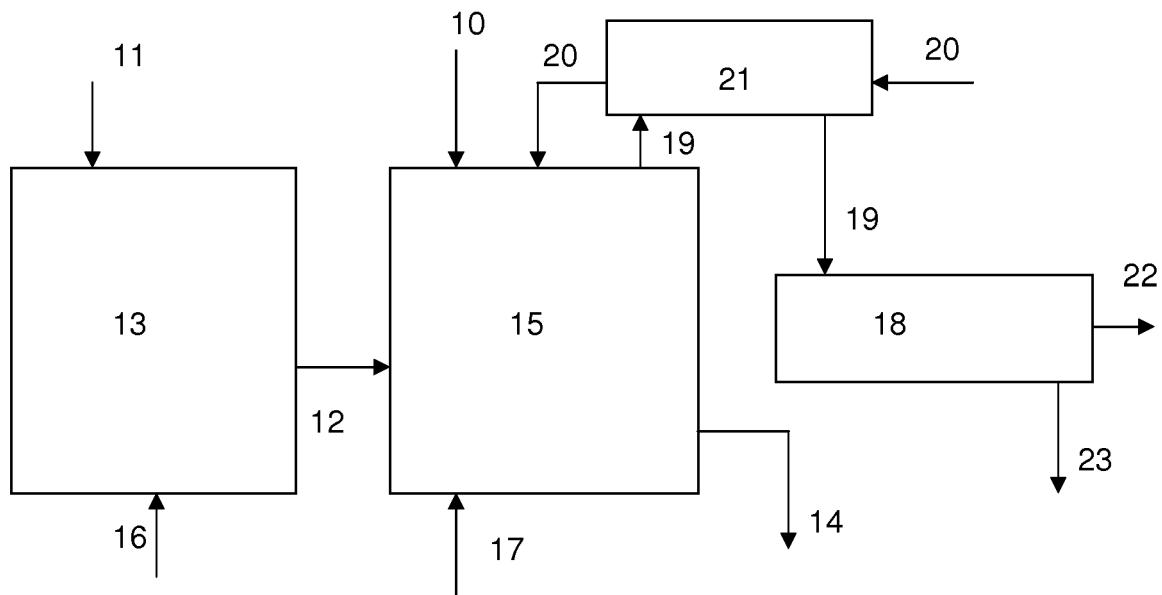


FIG 1

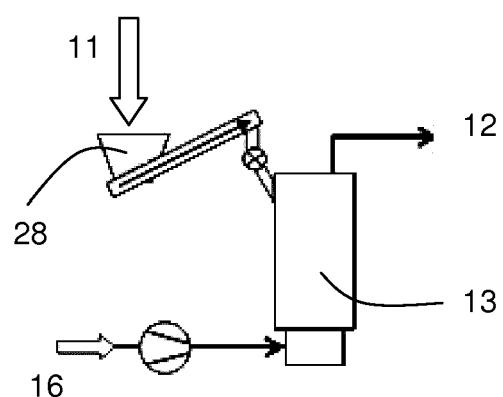


FIG 2

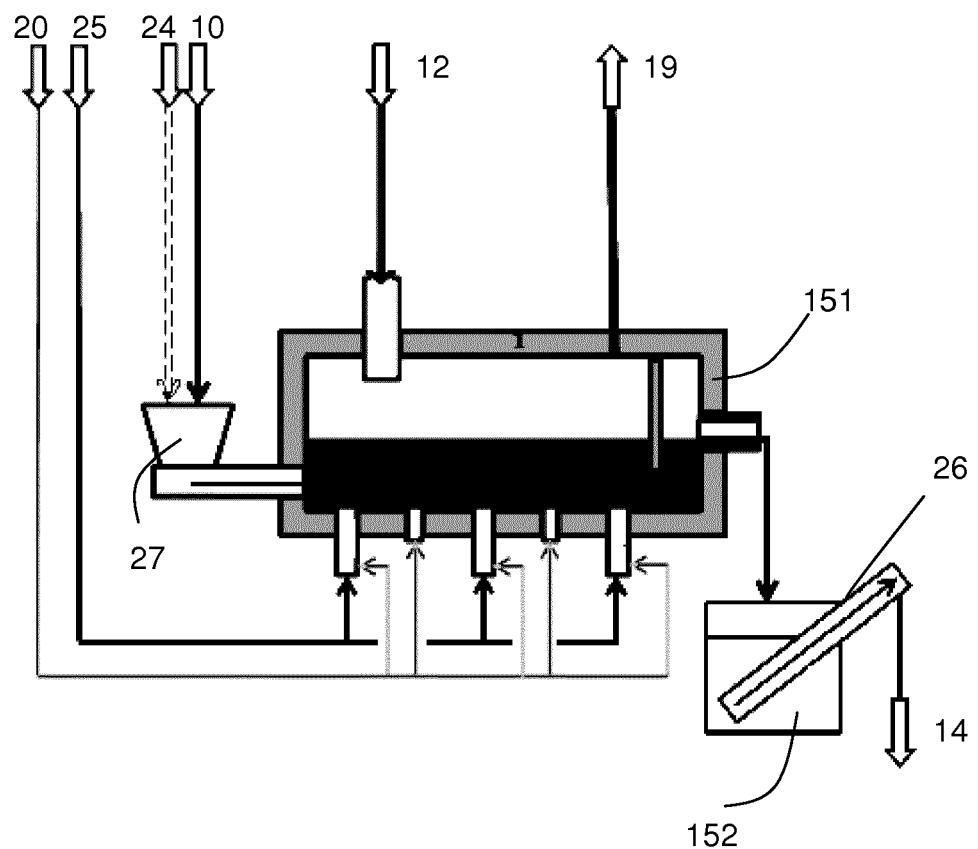


FIG 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 14 18 0074

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	EP 1 310 733 A1 (KINSEI SANGYO CO LTD [JP]) 14 mai 2003 (2003-05-14) * alinéas [0010], [0013] - [0017], [0024], [0037], [0043] - [0045]; figure 1 * * alinéas [0047], [0048], [0051], [0052], [0055], [0057], [0069] - [0071], [0083], [0084], [0087] - [0089], [0091] - [0094], [0104] * -----	1-15	INV. F23G5/027 F23G5/16 B09B3/00 ADD. F23G5/00 F23G7/10 F23G5/30
Y	EP 0 856 492 A1 (GEC ALSTHOM STEIN IND [FR] ALSTOM ENERGY SYS SA [FR]) 5 août 1998 (1998-08-05) * colonne 1, ligne 1-46; revendications 1,5,6; figures * * colonne 3, ligne 1-5,55-58 * * colonne 4, ligne 1-30 * * colonne 5, ligne 26-50 * * colonne 6, ligne 1-46 * -----	1-15	
A	EP 2 068 081 A1 (KOBELCO ECO SOLUTIONS CO LTD [JP]) 10 juin 2009 (2009-06-10) * figures 1,2,6 * -----	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	EP 1 914 207 A1 (IMPIECO S R L [IT]) 23 avril 2008 (2008-04-23) * figures 1,2 * -----	1-15	F23G B09B
		-/-	
1	Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications		
1	Lieu de la recherche Munich	Date d'achèvement de la recherche 31 octobre 2014	Examinateur Tassinari, Francesca
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-érotée P : document intercalaire			



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 14 18 0074

5

10

15

20

25

30

35

40

45

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)						
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée							
Y	<p>J.-P. Corriou: "Nouvelles méthodes de conduite pour le contrôle primaire des émissions et l'amélioration du rendement des installations de traitement thermique des déchets", , 31 mai 2010 (2010-05-31), XP055150334, Extrait de l'Internet: URL:http://www.record-net.org/storage/etudes/08-0229-1A/rapport/Rapport_record08-0229_1A.pdf [extrait le 2014-10-31] * page 40 *</p> <p>-----</p>	1,14							
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)									
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Lieu de la recherche</td><td style="width: 33%;">Date d'achèvement de la recherche</td><td style="width: 33%;">Examinateur</td></tr> <tr> <td>Munich</td><td>31 octobre 2014</td><td>Tassinari, Francesca</td></tr> </table>				Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	Munich	31 octobre 2014	Tassinari, Francesca
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur							
Munich	31 octobre 2014	Tassinari, Francesca							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</td><td style="width: 50%;">T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</td></tr> <tr> <td>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</td><td></td></tr> </table>				CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant								
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire									

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 14 18 0074

5

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

31-10-2014

10

	Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication			
15	EP 1310733	A1	14-05-2003	CN 1446299 A	01-10-2003			
				EP 1310733 A1	14-05-2003			
				ES 2361490 T3	17-06-2011			
				JP 3869367 B2	17-01-2007			
				KR 20030024853 A	26-03-2003			
				US 2004025763 A1	12-02-2004			
				WO 0214743 A1	21-02-2002			
20	EP 0856492	A1	05-08-1998	AT 192727 T	15-05-2000			
				CA 2230084 A1	11-09-1999			
				CN 1193559 A	23-09-1998			
				CZ 9800287 A3	11-11-1998			
				DE 69800136 D1	15-06-2000			
				DE 69800136 T2	14-12-2000			
				DK 0856492 T3	02-10-2000			
				EP 0856492 A1	05-08-1998			
				ES 2148006 T3	01-10-2000			
				FR 2758748 A1	31-07-1998			
				HU 9800165 A2	28-12-2000			
				JP H10232010 A	02-09-1998			
				PL 324568 A1	03-08-1998			
25				PT 856492 E	31-10-2000			
				SK 13198 A3	05-08-1998			
				US 5996512 A	07-12-1999			
30	EP 2068081	A1	10-06-2009	EP 2068081 A1	10-06-2009			
				EP 2322855 A2	18-05-2011			
				ES 2461769 T3	21-05-2014			
				KR 20090057441 A	05-06-2009			
				WO 2008038492 A1	03-04-2008			
35	EP 1914207	A1	23-04-2008	AUCUN				
40								
45								
50								
55	EPO FORM P0460							

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82