(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 132 857***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 01546**

(51) Int Cl[8] : ***B 09 B 3/40*** *(2022.01), C 10 B 49/02, B 29 B 17/04, B 03 C 1/00, C 22 B 7/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 22.02.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 25.08.23 Bulletin 23/34.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *IGNEO IP, LLC Société de droit étranger* — US.

(72) **Inventeur(s) :** HOEDTS Frédérick.

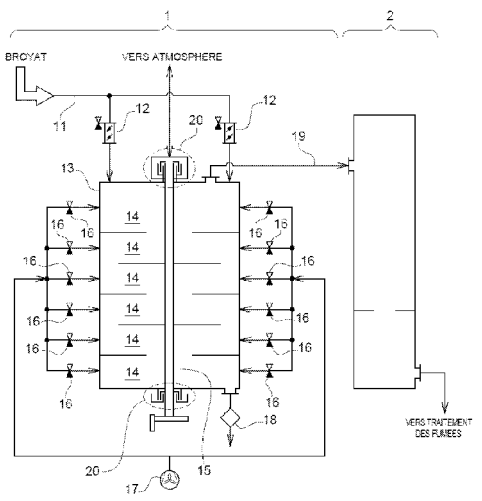
(73) **Titulaire(s) :** IGNEO IP, LLC Société de droit étranger.

(74) **Mandataire(s) :** NOVAGRAAF TECHNOLOGIES.

(54) Procédé de traitement autothermique de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métalliques.

(57) La présente invention concerne un procédé de récupération des métaux contenus dans les déchets électroniques, notamment les cartes électroniques usagées, ainsi qu'une installation adaptée à la mise en œuvre de ce procédé en limitant la consommation d'énergie.

Figure abrégé : 1



FR 3 132 857 - A1

Description

Titre de l'invention : Procédé de traitement autothermique de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métalliques

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention appartient au domaine de la destruction et du recyclage de déchets électroniques.

[0002] La présente invention concerne un procédé de récupération des métaux contenus dans les déchets électroniques, notamment les cartes électroniques usagées, ainsi qu'une installation adaptée à la mise en œuvre de ce procédé tout en limitant la consommation d'énergie.

ARRIERE-PLAN TECHNIQUE

[0003] L'accroissement de l'utilisation des appareils électroniques et autres appareils de haute technicité à courte durée de vie tels que smartphones, ordinateurs, consoles de jeux vidéo, serveurs pour le stockage de données en ligne, électronique embarqué dans les voitures et autres moyens de transport, et plus généralement tout l'électronique intégré dans les produits d'électroménager, engendre une quantité exponentielle de déchets contenant généralement des métaux ferreux, du cuivre, de l'aluminium, du zinc, des métaux rares et précieux. Cette situation pose le problème de la récupération et du traitement des métaux contenus dans ces déchets. Ainsi, de tels déchets constituent un véritable gisement de métaux et une source de pollution non négligeable.

[0004] Des techniques de récupération des métaux sont connues et décrites dans la littérature, notamment dans la demande de brevet WO2007/099204 ou dans la demande de brevet EP 1 712 301.

[0005] Toutefois, non seulement certaines des techniques ci-dessus sont onéreuses (en particulier en raison du broyage fin nécessaire dans certaines d'entre elles), mais la plupart n'assurent qu'un tri imparfait et aboutissent souvent à un mauvais rendement de récupération des métaux précieux.

[0006] Ces techniques ont en plus l'inconvénients d'être très énergivores. Ces techniques ne sont plus en accord avec l'évolution des normes qui cherchent à limiter l'impact l'environnement et la réduction du recours aux énergies fossiles.

[0007] D'autres techniques de récupération des métaux, telle que celle décrite dans WO2010/055489, sont également connues. Cette technique, bien que réglant certains des problèmes précédemment évoqués, dont l'obtention de meilleurs rendements, reste malgré tout très énergivore.

[0008] Il existe donc un réel besoin de mettre au point un procédé de récupération des métaux contenus dans les déchets électroniques, qui permette de surmonter les désavantages susmentionnés. En particulier, il est souhaitable de mettre au point un procédé simple, consommant un minimum d'énergie, et ne nécessitant pas un traitement lourd des gaz émis, tout en permettant d'obtenir un bon rendement en métaux recyclés.

[0009] **DESCRIPTION DE L'INVENTION**

[0010] L'invention concerne en premier lieu un procédé de traitement de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métalliques, ledit procédé comprenant les étapes :

a) broyage des matériaux à traiter, de préférence en broyat de diamètre inférieur ou égal à 30 mm ;

b) introduction des matériaux broyés obtenus à l'étape a) dans un four à pyrolyse, ledit four à pyrolyse comprenant de 6 à 15 foyers, de préférence de 6 à 11 foyers ;

c) pyrolyse des matériaux broyés dans le four ;

d) injection d'air extérieur dans le four à pyrolyse et combustion partielle des gaz issues de la pyrolyse au sein dudit four à pyrolyse, de préférence la combustion partielle représente une quantité inférieure ou égale à 5% vol. des gaz issus de la pyrolyse ;

caractérisé en ce que :

- la pression dans le four à pyrolyse est inférieure à la pression extérieure, de préférence inférieure de 4 à 5 mm CE à la pression extérieure,
- la réaction de pyrolyse est conduite à une température allant de 350 à 650°C, de préférence 500 à 550°C,
- la pyrolyse de l'étape c) et la combustion partielle de l'étape d) sont réalisées sous atmosphère réductrice.

[0011] Avantageusement, lors de l'étape a) du procédé selon l'invention, les matériaux à traiter peuvent être broyés au moyen de broyeur industriel comprenant au moins un rotor, de préférence d'un à quatre rotors, et de manière préférée mono-rotor, avec une grille de calibration pour des éléments de diamètre inférieur à 30 mm.

[0012] Avantageusement, les matériaux à traiter peuvent être des déchets électroniques, de préférence des cartes électroniques usagées. Le broyage peut être effectué jusqu'à un passant de tamis ayant un diamètre maximum (Dmax) inférieur ou égal à 30 mm. L'étape a) du procédé selon l'invention peut être optionnelle, notamment lorsque les matériaux à traiter ont subi un broyage en amont ou bien lorsqu'ils ont déjà un diamètre maximum inférieur ou égale à 30 mm.

[0013] Avantageusement, le matériau à traiter a une teneur en composés volatils (ou taux de volatils), en pourcentage massique, compris dans un intervalle allant de 30 à 50 %, de préférence 35 à 45 %.

[0014] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une étape de détermination du taux de volatils du matériau à traiter. Cette étape est réalisée en amont ou en parallèle de l'étape a). Elle peut aussi être mise en œuvre à partir d'un échantillon de matériau broyé obtenu à l'étape a).

[0015] Avantageusement, le pouvoir calorifique inférieur du matériau à traiter est de préférence supérieur ou égal à 7000kcal/kg, de préférence compris dans un intervalle allant de 7000 kcal/kg et 9000 kcal/kg.

[0016] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une étape de détermination du pouvoir calorifique inférieur du matériau à traiter. Cette étape est réalisée en amont ou en parallèle de l'étape a). Elle peut aussi être mise en œuvre à partir d'un échantillon de matériau broyé obtenu à l'étape a).

[0017] Avantageusement, lors de l'étape b) du procédé selon l'invention, les matériaux peuvent être introduits dans le four à pyrolyse de manière continue ou séquentielle, et/ ou de manière automatisée ou manuelle. A l'étape b), le four peut être alimenté en continue avec un tonnage horaire allant généralement de 2 tonnes à 12 tonnes par heure.

[0018] Avantageusement, l'étape c) de pyrolyse peut être conduite à une température allant de 350 à 650°C, de préférence 500 à 550°C. La pression dans le four à pyrolyse est inférieure à la pression extérieure, de préférence inférieure de 4 à 5 mm CE à la pression extérieure. La pyrolyse de l'étape c) est réalisée sous atmosphère réductrice.

[0019] Avantageusement, le facteur d'air dans le four à pyrolyse peut aller de 0,7 à 0,98.

[0020] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une étape c') de mesure de la température dans le four à l'étape c). La mesure de température peut être effectuée au moyen d'une sonde de température, directement intégrée dans le four à pyrolyse.

[0021] Avantageusement, lors de l'étape d) du procédé selon l'invention, de l'air extérieur est injecté dans le four à pyrolyse. Grâce à cette injection d'air, il est possible d'obtenir la combustion partielle des gaz issues de la pyrolyse au sein du four à pyrolyse. De préférence, la combustion partielle des gaz issues de la pyrolyse au sein du four à pyrolyse représente une quantité inférieure ou égale à 5% du total des gaz issus de la pyrolyse. La combustion partielle de l'étape d) est réalisée sous atmosphère réductrice.

[0022] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une étape d') de régulation de l'injection d'air de l'étape d) en fonction du résultat de la mesure de température de l'étape c'). De préférence, la régulation de l'étape d') est mise en œuvre de sorte que la différence (en valeur absolue) entre la température de consigne (température visée pour la pyrolyse) et la température réelle (mesurée au sein du four) soit inférieure ou égale à 20 %, de préférence inférieur ou égale à 10 % ($|T°_{consigne} - T°_{Réelle}| / 100$).

[0023] Avantageusement, le débit d'air de la régulation de l'étape d') peut être mise en œuvre selon la formule suivante :

$((T°_{consigne} - T°_{Réelle}) / 100) * k*D_{max} = D_{régulation}$,

dans laquelle, la température de consigne ($T°_{consigne}$) est la température souhaitée pour la réaction de pyrolyse, la température réelle ($T°_{Réelle}$) est la température mesurée dans un foyer, D_{max} est le débit d'injection d'air maximum dans le four à pyrolyse, $D_{régulation}$ est le débit de régulation de l'injection d'air de l'étape d).

[0024] Avantageusement, le coefficient k (unité $T°^{-1}$) peut être déterminé selon les propriétés techniques intrinsèques du four à pyrolyse, il peut être qualifié comme étant un facteur de réactivité ou de sensibilité, une valeur k élevée augmentera l'apport d'air dans le foyer et donc l'énergie liée au processus de combustion. Le coefficient k peut être déterminé en fonction du volume interne d'un foyer du four à pyrolyse et selon la formule $k = V_{foyer}/20$. Par exemple, lorsque qu'un foyer du four à pyrolyse fait 40 m^3, alors le coefficient k est égal à 2.

[0025] Lorsque la température réelle est inférieure à la température de consigne, le système se régule (ex : ouverture des vannes de régulation), permettant à de l'air d'entrer dans le réacteur pour la combustion partielle des gaz issues de la pyrolyse au sein dudit four à pyrolyse, jusqu'à ce que la température réelle soit égale à la température de consigne. La régulation du système est proportionnelle à l'écart de température entre $T°_{consigne}$ et $T°_{Réelle}$. Lorsque la température réelle est supérieure à la température de consigne, l'apport d'air extérieur est diminué jusqu'à interruption de l'apport d'air (ex : les vannes de régulation se ferment).

[0026] La régulation de l'injection d'air, permet un contrôle direct, en temps réel de la température, par la maîtrise de la quantité de gaz issus de la pyrolyse brûlés pour générer des calories dans le four. L'étape d') de régulation de température, permet lorsque la température de pyrolyse devient trop élevée ou trop basse, de réguler le volume d'air injecté dans le four de pyrolyse à l'étape d), et ainsi la combustion partielle des gaz issues de la pyrolyse. Lors de la mise en œuvre du procédé, une température de consigne est déterminée. Selon l'algorithme ci-dessus, la différence entre la température de consigne et la température réelle détermine la quantité d'air injectée dans le four à pyrolyse à l'étape d), et donc la quantité de gaz de pyrolyse qui subiront une combustion.

[0027] Les étapes d) d'injection d'air extérieur et d') de régulation de l'injection d'air permettent de maintenir les paramètres suivants :

- la réaction de pyrolyse est conduite à une température allant de 350 à 650°C, de préférence 500 à 550°C, et
- le facteur d'air dans le four est maintenu dans un intervalle allant de 0,7 à 0,98.

[0028] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une étape

e) de combustion totale, sous atmosphère oxydante, du reste des gaz issus de la pyrolyse de l'étape c) dans une chambre de post-combustion. On entend par le « reste des gaz », les gaz issus de l'étape c) qui ne sont pas brûlés à l'étape d) pour le maintien la température dans le four.

[0029] Avantageusement, l'étape e) peut être suivie d'une étape f) de neutralisation des gaz avec du bicarbonate de sodium.

[0030] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre une étape préliminaire a') de préchauffage du four, au moyen de brûleurs intégrés au four à pyrolyse et de maintien de la température comprise dans un intervalle allant de 350 à 650°C, de préférence 500 à 550°C, ladite étape a') étant mise en œuvre jusqu'à ce que la quantité d'énergie générée à l'étape d) soit suffisante pour que le procédé fonctionne en autothermie. L'étape a') est réalisée avant l'étape c). L'étape a') constitue la mise en route du procédé selon l'invention. A ce stade, il n'y a pas encore d'autothermie du procédé. Il s'agit de l'amorçage du procédé. L'étape a') est arrêtée dès lors que les conditions de maintien de la température par autothermie sont réunies dans le dispositif dans lequel le procédé est mis en œuvre. Le procédé selon l'invention est le régime stationnaire qui suit l'étape a'). La durée de l'étape a') peut être comprise dans un intervalle allant de 24 à 72 heures, en fonction des dimensions du four et du nombre de foyer.

[0031] Le résultat de la pyrolyse des matériaux à traiter est l'obtention de gaz issus de la pyrolyse et de matériaux pyrolysés (solides). La fraction (majoritaire) des gaz issus de la pyrolyse (qui n'est pas brûlée lors de l'étape d)) est brûlée à l'étape ultérieure e), dans la chambre de post-combustion. Les matériaux pyrolysés sont extraits du four à pyrolyse et peuvent subir un traitement ultérieur. Ils peuvent être extraits de manière continue ou séquentielle, et/ou de manière automatisée ou manuelle, en quantité allant de 1 à 6 tonnes par heure.

[0032] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre en outre :

- une étape g) de première séparation magnétique effectuée sur les matériaux pyrolysés, fournissant d'une part une fraction métallique ferreuse et d'autre part des résidus non-ferreux, suivie par
- une étape h) de deuxième séparation magnétique effectuée sur les résidus non-ferreux, fournissant d'une part une fraction métallique non-ferreuse et d'autre part des résidus non-magnétiques comprenant des métaux précieux, la première séparation magnétique étant effectuée au moyen d'un aimant ou électroaimant. L'étape h) peut être effectuée au moyen d'un séparateur à courants de Foucault.

[0033] Avantageusement, la première séparation magnétique g) peut être effectuée au moyen d'un aimant ou électroaimant.

[0034] Avantageusement, la deuxième séparation magnétique h) peut être effectuée au

moyen d'un séparateur à courants de Foucault.

[0035] Avantageusement, la fraction métallique ferreuse peut comprendre du fer et / ou des dérivés de fer, et éventuellement de l'or.

[0036] Avantageusement, la fraction métallique non-ferreuse peut comprendre de l'aluminium et / ou du zinc.

[0037] Avantageusement, les résidus non-magnétiques peuvent comprendre du cuivre, du plomb, de l'étain, des fibres de verre, du carbone et / ou des métaux précieux, notamment de l'or, de l'argent, du platine, du palladium, du rhodium, du ruthénium, de l'iridium et / ou de l'osmium.

[0038] Avantageusement, la fraction métallique ferreuse peut être combinée aux résidus non-magnétiques après la deuxième séparation magnétique.

[0039] Avantageusement, le procédé peut comprendre en outre une étape i) ultérieure de traitement des résidus non-magnétiques permettant de récupérer le cuivre contenu dans les résidus non-magnétiques et / ou de récupérer des métaux précieux contenus dans les résidus non-magnétiques, en particulier choisis parmi l'or, l'argent, le plomb, l'étain le platine, le palladium, le rhodium, le ruthénium, l'iridium et / ou l'osmium.

[0040] DEFINITIONS

[0041] Déchets électroniques : on entend par « déchets électroniques », les matériaux usagés comprenant des composants électroniques. Les déchets électroniques peuvent comprendre des composants électroniques individuels, smartphone, ordinateurs, consoles de jeux vidéo, serveurs pour le stockage de données en ligne, électronique embarqué dans les voitures et autres moyens de transport, et plus généralement tout l'électronique intégré dans les produits d'électroménager, et tous autres appareils contenant des cartes électroniques. De manière préférée, les déchets électroniques comprennent ou consistent en des cartes électroniques, c'est-à-dire des plaquettes constituées de circuits imprimés sur lesquels sont soudés des composants électroniques. La suite du procédé est donc décrite en relation avec le recyclage des cartes électroniques. Le procédé trouve toutefois également à s'appliquer dans le cas d'autres types de matériaux de départ, à savoir de manière générale les matériaux (de préférence matériaux usagés ou déchets) comprenant une fraction métallique (notamment une fraction métallique contenant des métaux précieux) et une fraction plastique. La fraction plastique peut comprendre notamment des résines époxys, du polyéthylène ou du polychlorure de vinyle. Et la fraction métallique peut comprendre notamment des métaux ferreux, du cuivre, du plomb, de l'aluminium, du zinc, des métaux précieux (or, argent, platine, palladium, rhodium, ruthénium, iridium, osmium). Par exemple, le procédé peut s'appliquer à des résidus de broyage automobile. De préférence, les matériaux usagés comprenant des composants électroniques ont un taux de volatils allant de 30 à 50 %, de préférence de 35 à 45 %. De

préférence, les matériaux usagés comprenant des composants électroniques ont un pouvoir calorifique inférieur d'au moins 7642 kcal/kg.

[0042] PCI : on entend par « pouvoir calorifique inférieur », la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée.

[0043] PCS : on entend par « pouvoir calorifique supérieur », la quantité d'énergie dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée condensée et la chaleur récupérée.

[0044] Taux de volatils : on entend par « taux de volatils », le résultat de la mesure d'un test de perte au feu qui s'exprime en pourcentage massique de matière sèche. Variation de masse résultant du chauffage d'un échantillon solide dans des conditions spécifiées. La méthode d'essai peut être réalisée selon les normes suivantes EN 15402 ou EN 12879.

[0045] Pyrolyse : on entend par pyrolyse, la décomposition chimique d'une substance obtenue par chauffage intense en absence d'oxygène (*i.e.* sous atmosphère réductrice).

[0046] Autothermie : on entend par « autothermie », que le maintien de la température nécessaire à la réaction de pyrolyse est assuré en intégralité par l'énergie générée au sein du réacteur par la combustion partielle des gaz de pyrolyse, lorsque le procédé fonctionne en régime stationnaire (c'est-à-dire) lorsque sa mise en route est terminée. L'autothermie est maintenue par la combinaison de la température et de l'atmosphère réductrice. L'autothermie est le résultat du réglage subtil de l'injection d'air de l'étape d) en fonction de la température du four. Voir à ce sujet, l'étape c') de mesure de la température ainsi que l'étape d') et l'algorithme de contrôle de l'injection d'air en fonction de la mesure de température.

[0047] Facteur d'air : on entend par « facteur d'air », le rapport entre Volume Air mesuré et le Volume du mélange air/gaz d'une combustion stœchiométrique ($V_{air\ mesuré}$ / $V_{mélange}$).

[0048] Atmosphère réductrice : de manière générale, on entend par « atmosphère réductrice », un gaz essentiellement exempt d'oxygène, c'est-à-dire dont le % volumique d'O_2 n'excède pas 6 % de la quantité totale de gaz. On parle ainsi d'atmosphère réductrice dans l'enceinte du four à pyrolyse lorsque le % volumique d'O_2 n'excède pas 6 % de la quantité totale de gaz dans l'enceinte du four. Dans le cadre spécifique de l'invention, l'atmosphère réductrice pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention est un gaz dont le % volumique d'O_2 n'excède pas 1 % de la quantité totale de gaz. Ainsi, dans le cadre de l'invention, lorsque l'on parle d'atmosphère réductrice dans l'enceinte du four à pyrolyse, il s'agit du mode de réalisation dans lequel le % volumique d'O_2 n'excède pas 1 % de la quantité totale de gaz dans l'enceinte du four.

[0049] Atmosphère oxydante : on entend ainsi par « atmosphère oxydante », un gaz comprenant de l'oxygène, c'est-à-dire dont le % d'O_2 est supérieure à 6%.

[0050] Moyen de broyage : le broyeur peut être un broyeur de type industriel et doit être

équipé d'un tamis ayant un Dmax inférieur ou égal à 30 mm. Le broyeur peut être un broyeur de type industriel comprenant au moins un rotor, de préférence d'un à quatre rotors, et de manière préférée mono-rotor, avec une grille de calibration pour des éléments de diamètre inférieur à 30 mm.

[0051] Le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre dans un four de type MHF (Multiple Hearth Furnaces en anglais) ou « four à foyers multiples ». Les fours à foyers multiples (parfois appelé fours à soles multiples) sont des dispositifs d'incinération ou de pyrolyse généralement utilisés pour les déchets pâteux, boues et solides broyés qui sont introduits dans un cylindre à étage et balayés d'étage supérieur en étage inférieur par des bras horizontaux. L'incinération ou la pyrolyse se fait progressivement. Dans le cadre de l'invention, le four à pyrolyse peut comprendre plusieurs foyers. Le four peut comprendre de 6 à 15 foyers, de préférence de 6 à 11 foyers. Le four peut comprendre un arbre central, les foyers étant disposés le long de cet arbre central. Un foyer est généralement composé d'une sole, d'une voute de point d'injection d'air ou bruleurs et de quatre bras comprenant des dents (ou « rabbles » en anglais), lesdits bras formant des sillions hélicoïdaux. On entend par « arbre central », l'axe de rotation sur lequel les bras sont fixés. La vitesse de rotation de l'arbre est généralement comprise entre 1 et 3 tours/min, de préférence entre 2 et 3 tours par minutes dans le cadre de l'invention.

[0052] Avantageusement, dans le procédé selon l'invention, les étapes a, a', b, c, c', d, d', e, f, g et h peuvent être mises en œuvre simultanément lors de la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

[0053] L'invention a également pour objet un four à pyrolyse 1 comprenant :

- une première entrée 11 de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métalliques, ;
- un ensemble de vannes 12 à double clapet, de préférence un ensemble de deux vannes 12 à double clapet, reliées à l'entrée 11 ;
- un réacteur de pyrolyse 13 comprenant de 6 à 15 foyers 14, de préférence de 6 à 11 foyers 14, et un arbre central 15, relié à l'ensemble de vannes 12 ;
- un ensemble de vannes 16 de modulation, reliées au réacteur de pyrolyse 13 ;
- une deuxième entrée 17 d'air reliée à l'ensemble de vannes 16 de modulation ;
- une première sortie 18 de matériaux pyrolysés reliée au réacteur de pyrolyse 13 ; et
- une deuxième sortie 19 pouvant être reliée à une chambre de post-combustion 2 indépendante du four à pyrolyse 1.

[0054] On entend par « relié », une connexion directe ou indirecte entre deux éléments.

[0055] Avantageusement, la première entrée 11 peut être reliée à au moins un moyen de broyage 3. La première entrée 11 peut être reliée à un ensemble de vannes 12. Les vannes 12 peuvent être des vannes à double clapet (par exemple : vanne pendulaire). L'utilisation de vannes à double clapet permet de garantir l'étanchéité du four lors de

l'introduction des matériaux broyés à l'étape b) du procédé selon l'invention. La première entrée 11 peut comprendre au moins deux vannes à double clapet, et de préférence deux vannes. De préférence, la première entrée 11 se divise en au moins deux entrées, via un système de distribution, chacune étant contrôlée par une vanne 12 à double clapet. Le système de distribution peut être un système à répartition fixe 50/50 (ratio massique).

[0056] Avantageusement, le réacteur de pyrolyse 13 peut comprendre de 6 à 15 foyers 14. De préférence, le réacteur de pyrolyse 13 comprend de 6 à 11 foyers 14. Le réacteur peut avoir un volume/dimensions allant de 200 à 380 m^3. Chaque foyer, identique ou différent, peut avoir un volume allant de 30 à 40 m^3. Les foyers 14 peuvent en outre être munis d'au moins un brûleur. Chaque foyer peut comprendre jusqu'à deux brûleurs. Ces bruleurs permettent la mise en œuvre de l'étape d) du procédé selon l'invention. Les brûleurs peuvent être des brûleurs à gaz, par exemple de type EMB3, et peuvent être alimentés par du gaz naturel. L'arbre central peut comprendre 4 bras par foyer. L'arbre central est creux et est configuré pour permettre la circulation d'air dans l'arbre et éviter des déformations ou altérations liées à l'augmentation de sa température, sans que cet air n'entre en contact avec la partie intérieure du réacteur de pyrolyse 13. L'arbre peut comprendre à ses extrémités un joint d'eau 20. On entend par joint d'eau, une garde d'eau empêchant l'air circulant dans l'arbre d'entrer dans le four. Le réacteur 13 peut en outre être muni de capteurs de température (de préférence deux capteurs de température). Les capteurs de température peuvent être généralement positionnés sur la paroi interne du réacteur. Les capteurs de température peuvent être des thermocouples.

[0057] Avantageusement, un ensemble de vannes 16 de modulation est relié au réacteur de pyrolyse 13. Les vannes 16 de modulation sont disposées à mi-hauteur de chaque foyer du four. Le four 1 peut comprendre au moins une vanne 16 de modulation par foyer 14. Les vannes 16 de modulation peuvent être de type. Les vannes de modulation (également connues sous le nom de vannes automatiques) peuvent être équipées de capteurs de positionnement qui indiquent un pourcentage d'ouverture et fermeture de la vanne. Chaque vanne peut être commandée par un actionneur dont les variations continues de la position modifient la taille de l'orifice de passage du fluide (ici l'air). De cette façon, la chute de pression aux bornes de la vanne est modulée lors du passage d'un fluide, avec pour conséquence la maîtrise du débit traversant. Ceci permet d'ouvrir ou de fermer la vanne de manière extrêmement précise en fonction de la régulation demandée par l'étape d'). Les vannes 16 de modulation permette la régulation de l'étape d').

[0058] Avantageusement, la deuxième entrée 17 d'air peut être reliée à l'ensemble de vannes 16 de modulation. La deuxième entrée 17 peut comprendre un ventilateur, une

vanne de régulation et un ou plusieurs capteurs de température. La deuxième entré 17 d'air peut comprendre un ou plusieurs systèmes de distribution permettant la répartition de l'air vers les différentes vannes 16 de modulation.

[0059] Avantageusement, la première sortie 18 sert à évacuer les matériaux pyrolysés (solides) du réacteur de pyrolyse 13. La première sortie 18 est reliée au réacteur de pyrolyse 13.

[0060] Avantageusement, la deuxième sortie 19 sert à évacuer les gaz issus de la pyrolyse des matériaux à traiter, du réacteur de pyrolyse 13 (la fraction qui n'a pas été brûlée lors de l'étape d)). La deuxième sortie est reliée à une chambre de post-combustion 2 indépendante du four à pyrolyse 1.

[0061] Avantageusement, chaque vanne 12 à double clapet peut être équipée de points de mesure pour contrôler les débits. Les vannes 16 de régulation sont configurées pour adapter l'injection d'air afin d'homogénéiser la combustion en fonction de la température, et de l'algorithme de régulation de l'étape d').

[0062] La combustion ainsi faite, est effectuée en fonction de l'ajout d'air limitant ainsi l'utilisation des brûleurs. Le procédé selon l'invention, en régime stationnaire, est autoalimenté en énergie par la combustion partielle des gaz de pyrolyse et fonctionne en autothermie.

[0063] L'invention a également pour objet une installation de traitement de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métallique comprenant :

- au moins un moyen de broyage (3) ;
- un four à pyrolyse (1) selon la revendication précédente ; et
- une chambre de post combustion (2).

[0064] Avantageusement, les moyens de broyage sont adaptés pour effectuer un broyage jusqu'à un passant de tamis Dmax inférieur ou égal à 30 mm. Le moyen de broyage 3 peut être un broyeur industriel. Il peut comprendre au moins un rotor, de préférence d'un à quatre rotors, et de manière préférée mono-rotor, avec une grille de calibration pour des éléments de diamètre inférieur à 30 mm.

[0065] Avantageusement, l'installation selon l'invention peut comprendre en outre un séparateur magnétique primaire. Le séparateur magnétique primaire peut comprendre un aimant ou électroaimant disposé au-dessus d'une bande de convoyage.

[0066] Avantageusement, l'installation selon l'invention peut comprendre en outre un séparateur magnétique secondaire. Le séparateur magnétique secondaire peut comprendre un séparateur à courants de Foucault.

[0067] Avantageusement, l'installation selon l'invention peut comprendre en outre une conduite 21 de collecte des gaz de pyrolyse alimentant la chambre de combustion 2, et éventuellement, en sortie de la chambre de combustion, une chambre de contact 4 alimentée par un apport de charbon actif et un apport de bicarbonate de soude. La

conduite de collecte des gaz de pyrolyse 21 alimente une chambre de combustion 2, qui est également alimentée par une conduite d'arrivée d'air (non représentée). La chambre de combustion 2 peut être du type chambre cylindrique métallique protégée par une ou plusieurs couches de briques.

[0068] Avantageusement, en sortie de la chambre de combustion 2, une conduite de collecte des produits de combustion alimente des moyens de refroidissement. Les moyens de refroidissement peuvent par exemple consister en une tour de refroidissement, alimentée par une injection d'eau pulvérisée, ou un échangeur refroidisseur de fumées (air-fumées ou eau-fumées). Une conduite de collecte des produits de combustion refroidis est connectée en sortie des moyens de refroidissement et alimente une chambre de contact. Un apport de charbon actif et un apport de bicarbonate de soude sont également prévus en entrée de la chambre de contact. La chambre de contact peut être du type cylindrique ayant un volume suffisant permettant d'avoir un temps de séjour des produits de combustion d'environ deux secondes. En sortie de la chambre de contact, une conduite de collecte de produits traités alimente un filtre en sortie duquel sont prévues une ligne de récupération de gaz épurés et une ligne de récupération d'halogènes. Le filtre peut être du type filtre à manches ou électro-filtre. On peut prévoir un système de refroidissement préliminaire en amont des moyens de refroidissement. Ce système de refroidissement préliminaire comprend une conduite de prélèvement en sortie de la chambre de combustion, qui alimente un échangeur, puis rejoint la conduite de collecte des produits de combustion. L'échangeur est également alimenté par une amenée de fluide caloporteur. La sortie du fluide caloporteur assure la récupération de l'énergie.

[0069] Avantageusement, l'installation selon l'invention peut comprendre un moyen de stockage positionné entre le moyen de broyage 3 et le four 1. Il peut s'agir d'un silo.

[0070] La présente invention permet de surmonter les inconvénients de l'état de la technique. Elle fournit plus particulièrement un procédé simple et particulièrement économe en énergie, permettant d'obtenir un bon rendement en métaux recyclés.

[0071] La pyrolyse directe de matériaux préalablement broyés de façon seulement grossière (un broyage fin étant inutile) permet d'obtenir directement un mélange des différents constituants sous forme individualisée : notamment les résidus carbonés d'une part et les différents métaux d'autre part.

[0072] Le procédé selon l'invention permet en outre, grâce à la phase autothermique (étapes c, c', d et d'), de limiter considérablement la consommation énergétique du traitement des matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métallique.

[0073] Avantageusement, l'invention présente également une ou plusieurs des caractéristiques avantageuses énumérées ci-dessous.

[0074] Le procédé selon l'invention permet d'éliminer les résines époxy et les plastiques

constituants des cartes électroniques ainsi que le chlore et une grande partie du brome tout en évitant une perte en métaux par oxydation ou distillation compte tenu de la basse température et des conditions non- oxydantes de l'opération. La matière est ainsi concentrée en métaux. Le procédé selon l'invention permet lors du refroidissement des gaz de combustion des gaz produits pendant la pyrolyse de récupérer dans de bonnes conditions l'énergie contenue dans ces gaz. La matière ainsi pyrolysée peut être traitée avantageusement dans les outils classiques de la métallurgie du cuivre en s'affranchissant de certaines limites technologiques de ces outils et plus précisément de la teneur en matières volatiles (chaînes carbonées) et des halogènes. Dans le cas du traitement des cartes électroniques, la décomposition des résines époxy lors de la pyrolyse a pour effet de libérer tous les composants solidaires du support : le cuivre, les composants électroniques, les composants métalliques. Le procédé selon l'invention permet de maximiser le rendement de récupération des métaux, c'est-à-dire de minimiser les pertes de métaux au cours du processus. Et surtout, le fonctionnement en autothermie du procédé, grâce à la combustion partielle des gaz issus de la pyrolyse dans le four à pyrolyse afin d'en réguler la température, permet de rendre le procédé selon l'invention quasiment indépendant de l'énergie fossile lors de la mise en œuvre du procédé.

[0075] Le procédé selon l'invention permet en outre de séparer l'aluminium des autres métaux en cours de processus, de sorte à faciliter le traitement aval des métaux récupérés. Dans le cas des procédés pyro-métallurgiques, l'aluminium présente en effet un comportement néfaste à la fluidité des scories. Dans le cas des procédés hydro-métallurgiques, l'aluminium du fait de sa réactivité chimique entraîne une surconsommation de réactifs chimiques. Le traitement des gaz issus de la pyrolyse (comprenant une postcombustion) permet de rendre le procédé propre sans nécessiter de manipulation lourde d'halogènes, de composés soufrés ou d'émissions de métaux lourds.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0076] [Fig.1] La [Fig.1] représente de manière schématique un exemple four à pyrolyse selon l'invention, les signes de références correspondant à ceux renseignés ci-dessus.

[0077] [Fig.2] La [Fig.2] représente de manière schématique une installation de traitement de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métallique selon l'invention, les signes de références correspondant à ceux renseignés ci-dessus.

[0078] [Fig.3] La [Fig.3] représente la consommation de gaz de l'installation mise-en-œuvre dans l'exemple ci-dessous, sur une période s'étalant de janvier 2021 à décembre 2021 (kWh).

[0079] **EXEMPLE**

[0080] L'invention est maintenant décrite plus en détail et de façon non limitative dans l'exemple d'application suivant.

[0081] **Traitement de déchets électroniques en autothermie**.

[0082] En faisant référence aux figures 1 et 2, une installation de traitement de déchets électroniques selon l'invention comprend de manière schématique les éléments qui suivent. L'exemple correspond à l'utilisation de l'installation de traitement décrite sur la [Fig.2], en relation avec le four de la [Fig.1].

[0083] En entrée de l'installation de traitement est prévue une ligne d'amenée de déchets électroniques en vrac. Cette ligne d'amenée de déchets électroniques alimente des moyens de broyage 3. Les moyens de broyage comprennent un broyeur de type broyeur à couteaux permettant de réduire la taille des déchets avec un Dmax inférieur à 30 mm.

[0084] La matière première à traiter provient d'une usine de concentration de métaux précieux de déchets électroniques. Il s'agit essentiellement de cartes électroniques. Les calculs et hypothèses suivants sont basées sur les échantillons prélevés au cours du mois de novembre 2020.

[0085] **Détermination du pouvoir calorifique inférieur de l'échantillon**.

[0086] Les matériaux à traiter sont des cartes électroniques issues des déchets équipements électriques et électroniques. Des mesures en laboratoire ont été menées de sorte à mesurer le pouvoir calorifique inférieur du matériau à traiter.

[0087] Pour la mesure du pouvoir calorifique inférieur de l'échantillon de matériau à traiter, les matériaux reçus ont été broyés à une taille inférieure à 30 mm afin que l'analyse des échantillons soit optimale. Certains matériaux trop durs pour être broyés ont été extraits et comptabilisés comme inertes dans l'analyse et le calcul.

[0088] Les tests suivants ont été effectués selon les normes indiquées afin d'évaluer les différentes caractéristiques du mélange de matériaux à traiter :

- Humidité selon EN 15414-3 ;
- Volatil selon EN 15402 ;
- Cendres selon EN 15403 ;
- Analyse carbone, hydrogène, azote selon EN 15407 ;
- Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS).

[0089] Comme ce n'est pas le produit lui-même qui brûle mais plutôt les gaz résultant de la pyrolyse. Nous devons évaluer le PCI des gaz eux-mêmes. Pour ce faire, nous avons pris l'hypothèse suivante :

- Aucun oxygène n'est libéré par la pyrolyse,
- 100% des matières volatiles sont libérées,
- 100% des cendres restent solides,
- Une partie du carbone est gazéifiée,

- Une partie du carbone reste solide (char).

[0090] Sous ces hypothèses et en considérant les différents niveaux d'énergie requis pour former du CO_2, H_2O et NO_2, et en respectant les proportions mesurées, une molécule de base Carbone a été considérée avec un PCI de 9915.975 kcal/kg (41160 kJ/kg ou 26203 kJ/Nm3).

[0091] L'hypothèse "Sans Oxygène" étant assez forte, un gaz plus réaliste a été considéré avec 20% d'oxygène libéré par le processus pyrolytique. Cela donne un PCI recalculé de 7642 kcal/kg (31945 kJ/kg ou 25586 kJ/Nm3).

[0092] Le résultat de cette mesure du pouvoir calorifique inférieur du matériau à traiter est de 7642 kcal/kg.

[0093] Le matériau à traiter a un taux de volatils d'environ 30-50%.

[0094] **Mise en œuvre du procédé selon l'invention**.

[0095] Le pouvoir calorifique du matériau à traiter étant satisfaisant, le procédé est mis en œuvre dans le réacteur et l'installation selon les figures 1 et 2.

[0096] A l'étape a), les cartes électroniques sont broyées au niveau des moyens de broyage 3. Le broyage s'effectue de préférence jusqu'à une taille Dmax de 30 mm (Dmax étant défini comme le passant de tamis). Les cartes broyées sont ensuite stockées dans un silo (non représenté) disposé entre les moyens de broyage 3 et le four à pyrolyse 1.

[0097] A l'étape b), les matériaux broyés à l'étape a) sont ensuite introduits dans le réacteur 13 d'un four à pyrolyse 1 du procédé selon l'invention). Le silo alimente à environ 3 tonnes par heure le four à pyrolyse 1, via la première entrée 11.

[0098] La première entrée 11 comprend un système de distribution et deux vannes 12 à double clapet. Les vannes 12 à double clapets pendulaires assurent l'étanchéité à l'entrée du four à pyrolyse 1 : elles servent de sas d'entrée et empêche ainsi tout apport d'air non contrôlé. Ce système permet en outre de diviser la quantité de matière première injectée dans le four en deux points distincts.

[0099] Le four à pyrolyse 1 est un four de type MHF (four à foyers multiples), dont le réacteur 13 a un volume égal à 100 m^3.

[0100] En parallèle de l'étape a), l'étape a') de préchauffe du four est mise en œuvre. Les bruleurs des différents foyers du four sont activés jusqu'à ce que la température interne atteigne la valeur de consigne de 500°C.

[0101] La puissance de l'installation est d'environ 1000 kW. Le réacteur 13 comprend 6 foyers 14.

[0102] La durée de l'étape a') est de 60 heures : on chauffe le four jusqu'à une température comprise d'environ 500°C, dans le réacteur 13, et ce essentiellement en l'absence d'oxygène (en milieu réducteur ou neutre % O2 = 0). Plus précisément, les brûleurs des foyers 14 sont réglés avec un défaut d'air et le facteur d'air (rapport entre l'air de combustion et l'air théorique de combustion neutre) est compris entre 0,7 et 0,9. A la

fin de l'étape a'), la température de pyrolyse de l'étape c) est de 500°C.

[0103] Lorsque la température dans le réacteur 13 atteint 500 degrés, l'étape a') s'achève (les brûleurs sont coupés) et les étapes c) et d) sont mises en œuvre et les matériaux broyés peuvent ensuite être introduits dans le four.

[0104] La durée de la pyrolyse est ajustée afin d'obtenir une décomposition complète des chaînes carbonées composant la fraction plastique (notamment les chaînes des résines époxy). Par exemple, la durée est d'environ 30 minutes. L'arbre du four est en rotation constante (environ 2 tr/min, la matière broyée passe environ 7 minutes par foyer avant de descendre au foyer inférieur ou à la sortie.

[0105] On note qu'en pratique, un seul brûleur type pilote est maintenu en fonctionnement par foyer afin de respecter la norme EN 746-2. Ce brûleur ne participe pas au maintien de la température du four 1. Il est indépendant des étapes c) et d). Ce brûleur est une mesure de sécurité afin d'éviter toute explosion potentielle, il apporte uniquement une flamme et son apport calorifique est négligeable.

[0106] Le four à pyrolyse comprend les éléments décrits sur la [Fig.1].

[0107] Les gaz de pyrolyse générés dans le four à pyrolyse 1 ne s'échappent pas par la première entrée 11 car le four fonctionne en légère dépression - 5 mm CE. Cette dépression permet de limiter l'entrée d'air à l'intérieur du four, pouvant entrainer le passage d'atmosphère réductrice en atmosphère oxydante, suivie une forte montée en température du four pouvant entraîner des accidents (explosion).

[0108] La température, et le flux d'air injecté sont contrôlé selon l'algorithme indiqué dans la formule suivante $((T°_{consigne} - T°_{Réelle}) / 100) * k*D_{max} = D_{régulation}$. Dans le cade de l'exemple, le coefficient k est égal à 2.

[0109] Dans le cadre de cet exemple, le débit d'air total injecté dans un foyer du four à pyrolyse (D_{total}), ce débit étant la somme du débit d'air initial (au démarrage de la pyrolyse) et du débit d'air de régulation de l'étape de régulation.

[0110] Le tableau 1 résume les mesures effectuées en fonction du taux de volatils présent dans les matériaux à traiter :

[Tableaux1]

Exemple d'Abaque Foyer 1	Taux de volatil TV%	Débit d'air initial m3 heure en fonction du TV%	Exemple d'écart T°consigne - T°réelle	Incrémentation automatique (selon la variation matière)	Débit d'air de régulation	Débit d'air total injecté (selon la variation matière)
Pyrolyse en autothermie	30	11,53	50	1	11,53	23,06
Pyrolyse en autothermie	35	288,25	50	1	11,53	299,78
Pyrolyse en autothermie	40	576,5	50	1	11,53	588,03
Pyrolyse en autothermie	45	864,75	50	1	11,53	876,28
Pyrolyse en autothermie	50	1153	50	1	11,53	1164,53

[0111] Tableau 1 : $D_{total} = (57.2*TV\%-1708,7)+((T°_{consigne} - T°_{Réelle}) / 100) * k*D_{max}$) (régression linéaire). Le coefficient k = 2 (unité T°-1).Si on excède la température de consigne les vannes de régulation se ferment. Dans le cadre de l'exemple, la température de consigne est de 500°C.

[0112] Les gaz issus de la pyrolyse qui ne sont pas brulés à l'étape d), sont évacués via la deuxième sortie 19 et acheminés vers la chambre de post combustion 2.

[0113] Les matériaux pyrolysés sont évacués via la première sortie 18, éventuellement refroidis puis conduit pour traitement ultérieur (refroidissement, séparation magnétique, etc…).

[0114] La capacité de traitement de l'installation testée dans cet exemple est de l'ordre de 2 à 3 tonnes par heure.

[0115] Dans cet exemple, les brûleurs n'ont été utilisés que pour le démarrage et le chauffage uniforme du four MHF et, l'autothermie a démarré lorsque le four était uniformément alimenté, c'est-à-dire environ 20 min après le début de la mise en œuvre de l'étape b) en matière à traiter.

[0116] Les brûleurs fournissent le soutien nécessaire en cas de perte de profil de température

souhaité sur un ou plusieurs foyers. La température est stabilisée à 500°C grâce à un ensemble de vannes modulantes qui s'ouvriront par une régulation automatique de façon progressive Cette régulation est faite via l'algorithme ci-dessus.

[0117] Ensuite, les matériaux pyrolysés ont été récupérés et traités tel que décrit dans la demande WO2010/055489, concernant la séparation métallique et le traitement des gaz de pyrolyse dans la chambre de post-combustion.

[0118] La consommation de gaz de l'installation, avant la mise en service du procédé selon l'invention était de 940 292 kWH en mai 2021, pour une installation de pyrolyse ayant un volume de traitement équivalent.

[0119] Après deux mois de mise en service, une baisse considérable de la consommation de gaz de l'ordre de 44% (530 000 kWh en juillet 2021) a été constatée (voir [Fig.3]) et atteste de l'efficacité du procédé, du four à pyrolyse 1 et de manière plus générale, de l'installation selon l'invention.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de traitement de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métalliques, ledit procédé comprenant les étapes :

a) broyage des matériaux à traiter, de préférence en broyat de diamètre inférieur ou égal à 30 mm ;

b) introduction des matériaux broyés obtenus à l'étape a) dans un four à pyrolyse, ledit four à pyrolyse comprenant de 6 à 15 foyers, de préférence de 6 à 11 foyers ;

c) pyrolyse des matériaux broyés dans le four ;

d) injection d'air extérieur dans le four à pyrolyse et combustion partielle des gaz issues de la pyrolyse au sein dudit four à pyrolyse, de préférence inférieure ou égale à 5% des gaz issus de la pyrolyse ;

caractérisé en ce que

- la pression dans le four à pyrolyse est inférieure à la pression extérieure, de préférence inférieure de 4 à 5 mm CE à la pression extérieure,
- la réaction de pyrolyse est conduite à une température allant de 350 à 650°C, de préférence 500 à 550°C,
- la pyrolyse de l'étape c) et la combustion partielle de l'étape d) sont réalisées sous atmosphère réductrice.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, comprenant en outre une étape c') de mesure de la température dans le four à l'étape c).

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre une étape d') de régulation de l'injection d'air de l'étape d) en fonction du résultat de la mesure de température de l'étape c').

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape de détermination du taux de volatils des matériaux à traiter.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape de détermination du pouvoir calorifique inférieur des matériaux à traiter.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape e) de combustion totale, sous atmosphère oxydante, du reste des gaz issus de la pyrolyse de l'étape c) dans une chambre de post-combustion.

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans

lequel l'étape e) est suivie d'une étape f) de neutralisation des gaz avec du bicarbonate de sodium.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant en outre une étape préliminaire a') de préchauffage du four, au moyen de brûleurs intégrés au four à pyrolyse et de maintien de la température comprise dans un intervalle allant de 350 à 650°C, de préférence 500 à 550°C, ladite étape a') étant mise en œuvre jusqu'à ce que la quantité d'énergie générée à l'étape d) soit suffisante pour que le procédé fonctionne en autothermie.

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre :
- une étape g) de première séparation magnétique effectuée sur les matériaux pyrolysés, fournissant d'une part une fraction métallique ferreuse et d'autre part des résidus non-ferreux, suivie par
- une étape h) de deuxième séparation magnétique effectuée sur les résidus non-ferreux, fournissant d'une part une fraction métallique non-ferreuse et d'autre part des résidus non-magnétiques comprenant des métaux précieux, la première séparation magnétique étant effectuée au moyen d'un aimant ou électroaimant.

[Revendication 10] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'étape h) est effectuée au moyen d'un séparateur à courants de Foucault.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 10, dans lequel les métaux précieux comprennent de l'or, de l'argent, du platine, du palladium, du rhodium, du ruthénium, de l'iridium et / ou de l'osmium.

[Revendication 12] Procédé l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel :
- la fraction métallique ferreuse comprend du fer et / ou des dérivés de fer, et éventuellement de l'or ; et / ou
- la fraction métallique non-ferreuse comprend de l'aluminium et / ou du zinc.

[Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel les résidus non-magnétiques comprennent du cuivre, du plomb, de l'étain, des fibres de verre, du carbone.

[Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel la fraction métallique ferreuse est combinée aux résidus non-magnétiques après la deuxième séparation magnétique.

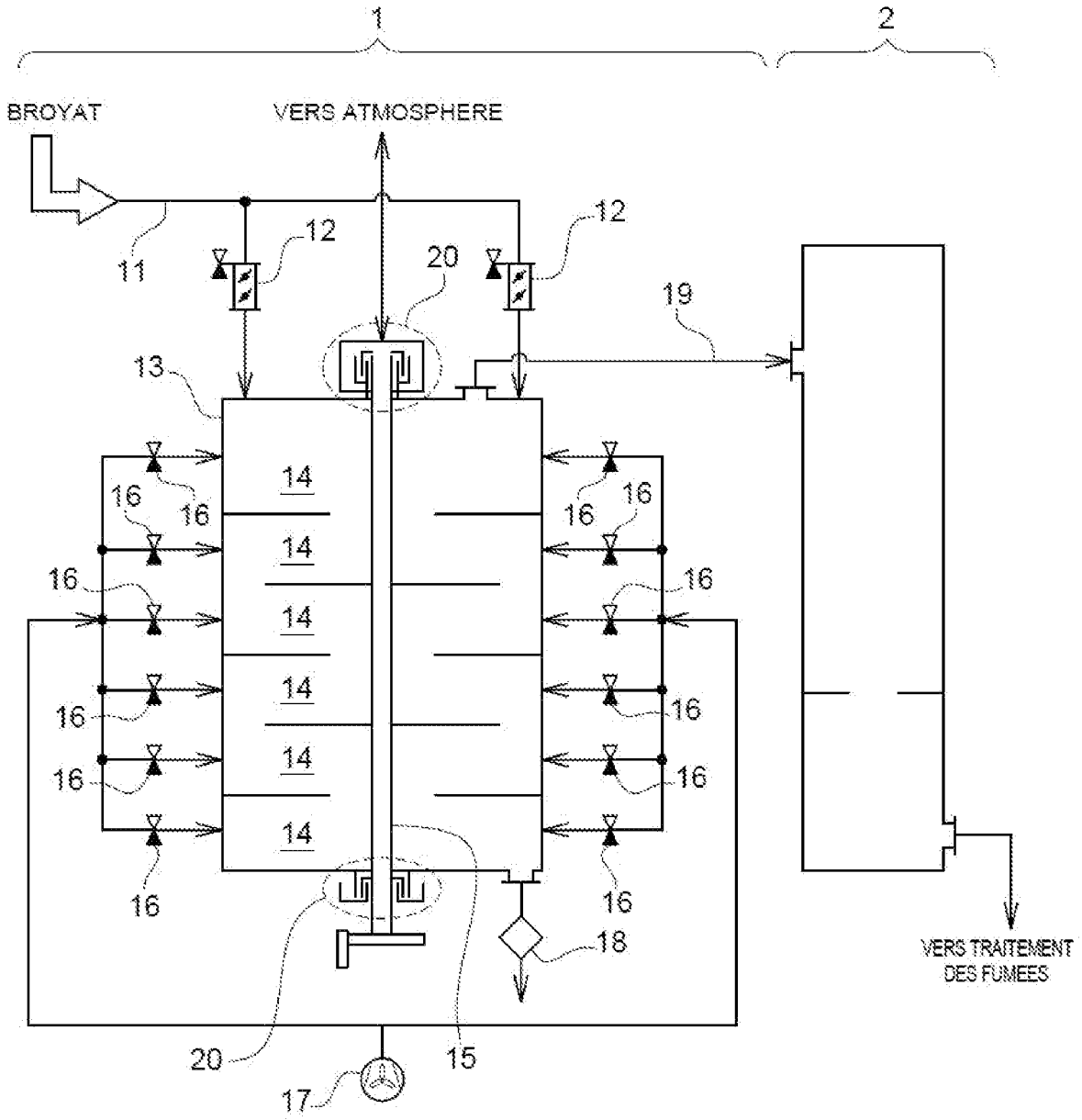
[Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, comprenant une étape ultérieure de traitement des résidus non-magnétiques permettant de récupérer le cuivre contenu dans les résidus non-

magnétiques et / ou de récupérer des métaux précieux contenus dans les résidus non-magnétiques.

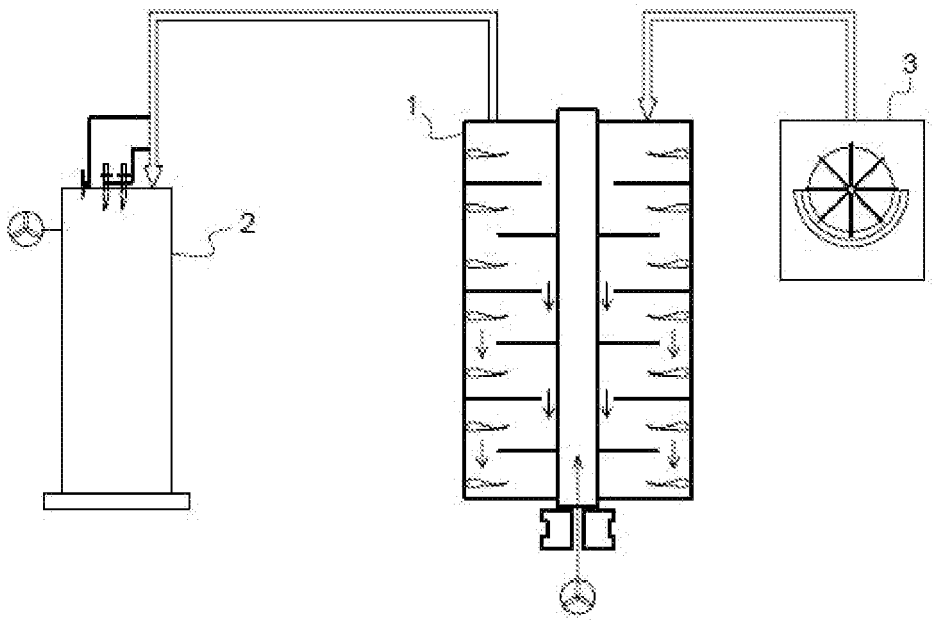
[Revendication 16] Four à pyrolyse (1) comprenant :
- une première entrée (11) de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métalliques ;
- un ensemble de vannes (12) à double clapet, de préférence un ensemble de deux vannes (12) à double clapet, reliées à l'entrée (11) ;
- un réacteur de pyrolyse (13) comprenant de 6 à 15 foyers (14), de préférence de 6 à 11 foyers (14), et un arbre central (15), relié à l'ensemble de vannes (12) ;
- un ensemble de vannes (16) de modulation, reliées au réacteur de pyrolyse (13) ;
- une deuxième entrée (17) d'air reliée à l'ensemble de vannes (16) de modulation ;
- une première sortie (18) de matériaux pyrolysés reliée au réacteur de pyrolyse (13) ; et
- une deuxième sortie (19) pouvant être reliée à une chambre de post-combustion (2) indépendante du four à pyrolyse (1).

[Revendication 17] Installation de traitement de matériaux contenant un mélange de matières plastiques et de matières métallique comprenant :
- au moins un moyen de broyage (3) ;
- un four à pyrolyse (1) selon la revendication précédente ; et
- une chambre de post combustion (2).

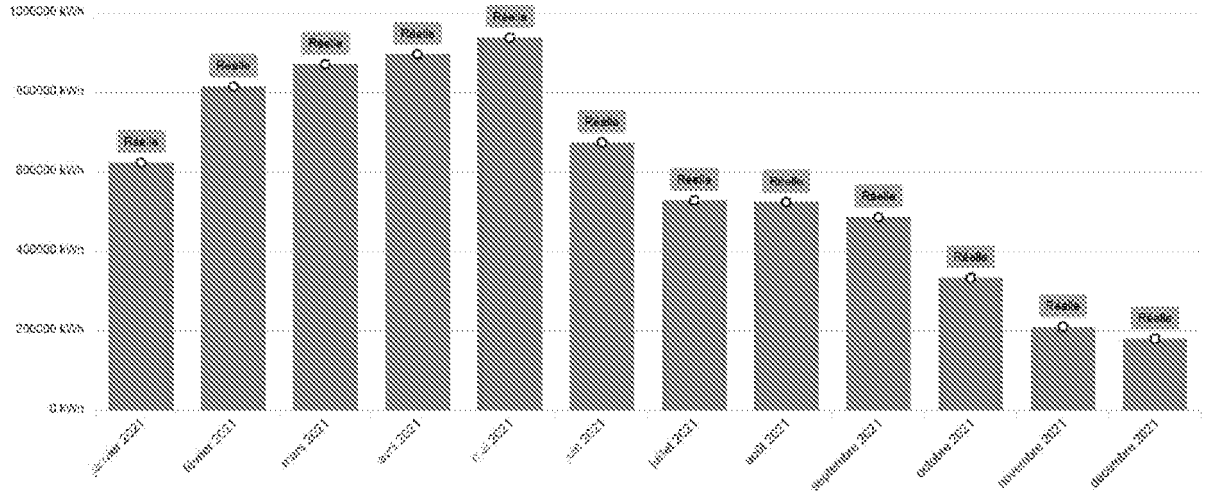
[Fig. 1]


1
2
BROYAT
VERS ATMOSPHERE
11
12
12
20
19
13
14
14
14
14
14
14
16
16
16
16
16
16
16
16
16
16
16
16
16
16
18
VERS TRAITEMENT DES FUMEES
20
15
17

[Fig. 2]


1
2
3

[Fig. 3]


janvier 2021
février 2021
mars 2021
avril 2021
juillet 2021
août 2021
septembre 2021
octobre 2021
novembre 2021
décembre 2021

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 905631
FR 2201546

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	EP 2 584 262 A1 (COCKERILL MAINTENANCE & INGENIERIE SA [BE]) 24 avril 2013 (2013-04-24) * alinéas [0011], [0021] - [0023], [0038]; revendications; exemples; tableau 1 *	1-17	B09B3/40 C10B49/02 B29B17/04 B03C1/00 C22B7/00
Y	US 6 244 199 B1 (CHAMBE ERIC [FR] ET AL) 12 juin 2001 (2001-06-12) * colonne 3 *	1	
Y,D	WO 2010/055489 A1 (TERRA NOVA [FR]; THOMAS CHRISTIAN [FR] ET AL.) 20 mai 2010 (2010-05-20) * pages 8-10; revendications *	2-15,17	
Y	CRNOGACA BOJAN: "Torrefaction as a process for biomass conversion into biocoal", TEHNIKA / SAVEZ IN?ENJERA I TEHNI?ARA JUGOSLAVIJE, vol. 72, no. 3, 1 janvier 2017 (2017-01-01), pages 323-327, XP055969125, Serbia ISSN: 0040-2176, DOI: 10.5937/tehnika1703323C * page 325; figure 5 *	16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) C22B B09B C10H C10B B03C B07C F23G
Y	US 1 806 020 A (PARKER CHARLES K ET AL) 19 mai 1931 (1931-05-19) * figures *	16	

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
7 octobre 2022	Tassinari, Francesca

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

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

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2201546 FA 905631

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 07-10-2022
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 2584262	A1	24-04-2013	AUCUN		
US 6244199	B1	12-06-2001	AT	244381 T	15-07-2003
			AU	4873397 A	15-05-1998
			CA	2268359 A1	30-04-1998
			CN	1234106 A	03-11-1999
			EP	0934489 A1	11-08-1999
			ES	2202587 T3	01-04-2004
			US	6244199 B1	12-06-2001
			WO	9817950 A1	30-04-1998
WO 2010055489	A1	20-05-2010	BR	PI0916113 A2	03-11-2015
			CA	2743278 A1	20-05-2010
			CN	102216476 A	12-10-2011
			EP	2366038 A1	21-09-2011
			ES	2669065 T3	23-05-2018
			FR	2938457 A1	21-05-2010
			HR	P20180734 T1	29-06-2018
			HU	E039184 T2	28-12-2018
			JP	2012508825 A	12-04-2012
			KR	20110087312 A	02-08-2011
			LT	2366038 T	11-06-2018
			PL	2366038 T3	31-08-2018
			PT	2366038 T	24-05-2018
			SI	2366038 T1	31-07-2018
			US	2011220554 A1	15-09-2011
			WO	2010055489 A1	20-05-2010
US 1806020	A	19-05-1931	AUCUN		

EPO FORM P0465