



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35714 B1** (51) Cl. internationale : **B03C 3/00**
(43) Date de publication : **01.12.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **37027**
(22) Date de Dépôt : **13.05.2014**
(30) Données de Priorité : **21.10.2011 EP 11186139.9**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2012/069989 10.10.2012**
(71) Demandeur(s) : **ENEFIT OUTOTEC TECHNOLOGY OÜ, Laki 24 (EE)**
(72) Inventeur(s) : **ANASTASIJEVIC, Nikola ; SIEGER, Hermann ; BINDER, Christian ; ORTH, Andreas**
(74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ ET APPAREIL PERMETTANT DE DÉPOUSSIÉRER UN MÉLANGE VAPEUR-GAZ**
(57) Abrégé : **DANS UN PROCÉDÉ PERMETTANT DE DÉPOUSSIÉRER UN MÉLANGE VAPEUR-GAZ (VGM) POUSSIÉREUX QUI EST OBTENU AU MOYEN DE LA PYROLYSE D'UN MATÉRIAU QUI CONTIENT DES HYDROCARBURES, EN PARTICULIER DU SCHISTE BITUMINEUX, LE VGM POUSSIÉREUX EST TRAITÉ DANS UN DÉPOUSSIÉREUR ÉLECTRIQUE SEC À UNE TEMPÉRATURE ALLANT DE 380 À 480 °C DE MANIÈRE À SÉPARER LA POUSSIÈRE DU VGM.**

Enefit Outotec Technology Oü
Laki 24
12915 Tallinn
Estland

5

Abrégé :

10

Dans un procédé permettant de dépoussiérer un mélange vapeur-gaz (MVG) poussiéreux qui est obtenu au moyen de la pyrolyse d'un matériau qui contient des hydrocarbures, en particulier du schiste bitumineux, le MVG poussiéreux est traité dans un séparateur électrostatique sec à une température allant de 380 à 480°C de manière à séparer la poussière du MVG.

15

Procédé et appareil permettant de dépolluer un mélange vapeur-gaz

La présente invention concerne un procédé et un appareil permettant de dé-
5 polluer un mélange vapeur-gaz poussiéreux qui est obtenu au moyen de la
pyrolyse d'un matériau qui contient des hydrocarbures, en particulier du schiste
bitumineux.

Afin d'obtenir de l'huile du schiste bitumineux, le schiste bitumineux est directe-
10 ment chauffée par un fluide caloporteur chaud (cendres) à une température
d'environ 500°C dans un four rotatif. Par ceci, l'huile s'évapore du schiste bitu-
mineux en formant le mélange que l'on appelle vapeur-gaz (MVG). Le mélange
vapeur-gaz (un gaz contenant également des particules fines) est ensuite trem-
pé dans une unité de condensation pour extraire l'huile. Cette huile contient des
15 matières particulaires (fines), qui sont très difficiles à séparer de l'huile et éviter
une nouvelle amélioration de sa qualité, en raison par exemple de la désactiva-
tion du catalyseur. Traditionnellement, une telle séparation a été effectuée en
utilisant un épurateur. Les particules de poussières collectées par les goutte-
lettes produites dans l'épurateur peuvent être trouvés dans l'huile refroidie au
20 fond de l'épurateur. Si un épurateur Venturi est utilisé, il existe une perte de
pression élevée, ce qui nécessite des pressions élevées correspondantes dans
le four rotatif et augmente ainsi les coûts d'équipement. En outre, l'huile lourde
poussiéreuse il est recyclée dans la zone de pyrolyse, et donc ne peut être
utilisée directement en tant que produit. La suppression des fines particules de
25 poussière à partir de l'huile est une procédure très coûteuse et un défi technique
qui n'a pas encore été complètement résolu.

Selon le brevet US 4 548 702 A le schiste bitumineux brut est introduit dans un
autoclave de surface spécifiée suivi par un matériau solide vecteur thermique de
30 1000 à 1400°C. Le flux de produit retiré est partiellement dépollué dans un

cyclone ou un filtre. De plus, la poussière est éliminée dans une colonne de fractionnement, de séparation ou de trempe. La fraction d'huile est ensuite introduite dans un dispositif de traitement hydraulique suivi d'un catalyseur et du gaz de traitement hydraulique. La poussière retirée de la fraction d'huile et le flux d'eau de boues contenant la poussière est utilisé conjointement avec le schiste en autoclave en tant que combustible pour chauffer le matériau vecteur de chaleur et pour traiter en autoclave l'huile brute.

Du document DE 196 11 119 C2 un procédé de purification d'effluents gazeux chauds contenant de la poussière et du goudron et obtenu lors de la production de carbure de calcium dans un four à arc est connu, qui comprend le dépoussiérage des rejets de gaz à 200 à 900°C en utilisant un filtre en céramique et ensuite l'élimination du goudron de 50 à 200°C en utilisant un épurateur de gaz ou un électro-filtre. A de telles températures une condensation importante des fractions d'huile lourdes devra être prévue de manière à rendre ce procédé inadapté pour le dépoussiérage du MVG.

L'objectif de la présente invention est de fournir une production plus efficace de l'huile de schiste bitumineux ou analogues. En particulier, la séparation de la poussière du mélange vapeur-gaz obtenu par pyrolyse sera optimisée.

Selon la présente invention, il est fourni un procédé comprenant les caractéristiques de la revendication 1, dans lequel le mélange vapeur-gaz poussiéreux est traité dans un séparateur électrostatique (ESP) à une température de 380 à 480°C pour séparer la poussière du mélange vapeur-gaz. Le séparateur électrostatique est utilisé à un état sec à une température supérieure à la température de condensation de l'huile de manière à ce que la poussière soit séparée sans aucune condensation d'huile. Ceci permet de réduire sensiblement la contamination du produit (l'huile de pyrolyse). Ceci est particulièrement impor-

tant pour la mise à niveau ultérieure de l'huile exigeant des huiles ayant des charges de poussière très faibles.

5 Un séparateur électrostatique (ESP) est un dispositif de collecte de particules qui élimine les particules du MVG en utilisant la force de la charge électrostatique induite. Il est ainsi un dispositif de filtration hautement efficace qui empêche de manière minimale le flux de gaz à travers le séparateur et peut facilement enlever les fines particules de poussière du MVG. Pour mettre en œuvre la présente invention, le séparateur électrostatique peut être un tube, un plat ou un
10 séparateur en chambre, parmi lesquels un séparateur tubulaire est préféré.

Il convient de noter que, au lieu de l'huile de schiste, d'autres matériaux contenant des hydrocarbures tels que le sable de pétrole, la biomasse, les matières plastiques, les résidus de pétrole, les huiles usagées, les matériaux contenant
15 des graisses animales, ou les matériaux contenant de l'huile végétale peut être utilisée pour le procédé de la présente invention telle que tant qu'un mélange vapeur-gaz contenant de l'huile peut être produit par la pyrolyse de ladite matière. De préférence, le matériau hydrocarboné contient 8 à 80% en poids d'hydrocarbures.

20 Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, le mélange vapeur-gaz comprend 40 à 90% en poids d'hydrocarbures C_{5+} , 4,5 à 40% en poids d'hydrocarbures C_{4+} , de 0,01 à 30% en poids de fractions non condensables (par exemple des gaz tels que H_2 , N_2 , H_2S , SO_2 , NO , etc.) et de 5 à 30% en
25 poids d'eau. De préférence, la composition du mélange vapeur-gaz est comme suit : 55 à 85% en poids des hydrocarbures C_{5+} , 7 à 25 % en poids des hydrocarbures C_{4-} , 0,1 à 15% en poids de fractions non condensables et 7 à 20% en poids d'eau, plus préférentiellement la composition du mélange vapeur-gaz mixture est comme suit : 60 à 80% en poids des hydrocarbures C_{5+} , 13 à 22% en poids

des hydrocarbures C₄-, 0,3 à 10% en poids de fractions non condensables et 7 à 15% en poids d'eau.

La teneur en poussières du mélange vapeur-gaz poussiéreux est de préférence
5 de 3 à 300 g/Nm₃, plus préférablement entre 20 et 150 g/Nm³.

Afin d'améliorer la séparation de la poussière, au moins deux séparateur électrostatiques successifs sont fournis, dans lesquels le mélange vapeur-gaz poussiéreux est traité à une température de 380 à 480°C.
10

Comme la condensation de l'huile est sensiblement évitée, la poussière séparée dans le séparateur électrostatique peut être enlevée mécaniquement en frappant ou en faisant vibrer le séparateur.

15 Il est dans l'étendue de la présente invention de refroidir le mélange vapeur-gaz à une température entre 310 et 360°C après le traitement dans le séparateur électrostatique. De ce fait, peut être séparé du MVG par condensation un flux d'huile lourde supplémentaire qui a une teneur en cendres de <80 ppm et peut être utilisé comme un courant de recyclage ou en tant que produit. Si le MVG
20 est refroidi à la température ambiante (environ 23°C) toutes les fractions de l'huile de pyrolyse peuvent être condensées.

Le refroidissement est de préférence effectué par un refroidissement indirect avec de l'air ou de l'eau ou par injection d'huile supplémentaire (refroidissement
25 direct).

Dans un mode de réalisation tout à fait préféré de la présente invention, après l'étape de refroidissement, le MVG est traité dans un séparateur électrostatique humide à la température définie par le dispositif de refroidissement, c'est à dire
30 entre 310 et 360°C, ou à une autre température appropriée pour séparer la

fraction d'huile désirée. Dans le séparateur électrostatique humide d'autres parties de la fraction lourde ou une autre huile peuvent être séparées du MVG et recyclées ou utilisées en tant que produit.

5 A la suite de l'enlèvement de la poussière dans le séparateur électrostatique, le MVG nettoyé est traité dans un moyen de redressement pour séparer les différentes fractions d'huile souhaitées. Dans un mode de réalisation préféré, le MVG nettoyé est dirigée vers au moins un autre séparateur électrostatique où il est traité à une température adaptée pour séparer une fraction de l'huile dési-
10 rée. Plusieurs filtres électrostatiques fonctionnant à des températures différentes peuvent être fournies successivement pour obtenir les fractions d'huile souhaitées en fonction de leur température de condensation.

De ce fait, de différentes produits de fractions d'huile de faible teneur en poussière sont obtenues, contenant moins de 30 ppm de poussière.
15

L'invention a également pour objet un dispositif pour le dépoussiérage d'un mélange vapeur-gaz obtenu par la pyrolyse d'un matériau contenant de 8 à 80% en poids d'hydrocarbures, en particulier le schiste bitumineux, qui est adapté
20 pour exécuter un procédé tel que décrit ci-dessus. L'appareil comprend au moins un séparateur électrostatique fonctionnant à une température de 380 à 480°C.

De préférence, un dispositif de refroidissement est prévu en aval du séparateur électrostatique. Dans un autre mode de réalisation, un séparateur électrosta-
25 tique humide peut être prévu en aval du refroidisseur.

En aval du séparateur électrostatique à sec et/ou humide, un moyen de redressement approprié peut être prévu pour séparer les diverses fractions d'huile.
30

Dans un mode de réalisation préféré, le moyen de redressement comprend un ou plusieurs de séparateurs électrostatiques chacun en combinaison avec un dispositif de refroidissement pour l'ajustement de la température du MVG entrant dans le dispositif de précipitation à une valeur respective adaptée pour
5 séparer (condenser) la fraction d'huile désirée.

L'invention sera maintenant décrite en plus de détails sur la base des modes de réalisation préférés et des dessins.

10 Dans le dessin :

La Figure 1 est une vue de schématique d'un appareil selon un premier mode de réalisation préféré de la présente invention ;

15 La Figure 2 est une vue de schématique d'un appareil selon un deuxième mode de réalisation préféré de la présente invention ; et

La Figure 3 est une vue de schématique d'un appareil selon un troisième mode de réalisation préféré de la présente invention.

20

Dans le premier mode de réalisation de la présente invention tel que représenté sur la figure 1 illustrant le concept de base de l'invention, un mélange vapeur-gaz (MVG) obtenu par la pyrolyse des schistes bitumineux ou de tout autre matériau approprié et présentant une teneur en poussières de 3 à 300g/Nm³ est
25 introduite dans un séparateur électrostatique à chaud 1 fonctionnant à une température de 380° à 480°C. Dans le séparateur électrostatique, la poussière est séparée de la vapeur d'huile et se dépose sur les parois du tube d'où elle peut être éliminée par cliquetis/ébranlage.

La vapeur d'huile nettoyée (dépoussiérée) est ensuite conduite à un moyen de redressement 2, par exemple, une colonne de redressement standard, pour la séparation de différentes produits de fractions d'huile en fonction de leur température de condensation. Les fractions d'huile peuvent être obtenues par des
5 procédés classiques et ont une teneur en poussière de < 30 ppm.

Dans le mode de réalisation un peu plus détaillé selon la figure 2, le MVG obtenu par pyrolyse de schiste bitumineux dans un four rotatif 3, ou tout autre dispositif approprié de pyrolyse entre dans un premier séparateur électrostatique 4.1.
10 Comme le montre la figure 2, deux séparateurs électrostatiques 4.1 et 4.2 sont fournis en série et successivement traversés par le MVG. Les deux séparateurs électrostatiques 4.1 et 4.2 sont exploitées en tant que séparateurs secs à une température de 380 à 480°C, de préférence de 400 à 460°C, ce qui correspond essentiellement à la température de sortie du four rotatif 3 et est bien supérieure
15 à la température de condensation de l'huile de manière à ce que même une condensation des fractions d'huile lourdes peut être évitée. La température des séparateurs électrostatiques 4.1 et 4.2 est maintenue par des éléments chauffants électriques respectifs 5.1 et 5.2 ou tout autre dispositif de chauffage approprié. Au moyen d'électrodes 6.1 et 6.2, une tension appropriée, par exemple
20 de 5 kV à 120 kV, de préférence de 10 kV à 30 kV, est prévue pour séparer la poussière qui est retirée par les conduites 7.

A la suite des séparateurs électrostatiques 4, un refroidisseur 8 est prévu pour refroidir le MVG dépoussiéré à une température proche de la température ambiante, en particulier d'environ 23°C avant que le VGM n'entre dans un séparateur électrostatique humide 9 fonctionnant également à cette température. Le
25 séparateur humide sont utilisés à une température inférieure à la température de condensation des hydrocarbures contenus dans le gaz. Alors que le MVG refroidit, de petites gouttelettes condensées sont formées qui sont dispersés sous forme d'aérosols dans le courant de gaz. La partie principale des goutte-
30

lettres condensées sont recueillies sur la surface du refroidisseur, les gouttes restantes dans le courant de gaz, étant assez petit, passent à travers le refroidisseur. Après leur chargement par l'intermédiaire de l'électrode, elles sont séparés à la contre-électrode. Ainsi, le séparateur électrostatique humide précipite tous les composants humides/condensés à partir du gaz. Dans la séparateur électrostatique humide 9 les aérosols d'huile générés sont séparés afin que l'huile puisse être retirée par la conduite 10. Comme il y a déjà une certaine condensation des fractions d'huile lourde supplémentaires dans le refroidisseur 8, ce condensat peut également être retirée et combiné avec de l'huile de pyrolyse retirée du séparateur électrostatique humide 9.

Dans le mode de réalisation selon la figure 3, un refroidisseur supplémentaire 11 est prévu entre les deux séparateurs électrostatiques 4.1 et 4.2.

Dans le premier séparateur électrostatique 4.1, la poussière est séparée et retirée. Comme dans le deuxième mode de réalisation, le séparateur électrostatique 4.1 fonctionne à une température de 380 à 480°C, de préférence de 400 à 460°C. Le MVG entre dans le refroidisseur 11, où il est de préférence refroidi indirectement avec de l'air à une température de 310 à 360°C. Des fractions lourdes supplémentaires de l'huile peuvent être condensées et retirées à travers la conduite 12. Dans ce mode de réalisation, le second séparateur électrostatique 4,2 fonctionne comme un séparateur électrostatique humide à une température inférieure de 310 à 360°C qui correspond essentiellement à la température de sortie du refroidisseur 11.

Après le deuxième séparateur électrostatique 4.2, un refroidisseur supplémentaire 8, de préférence refroidi indirectement avec de l'eau est prévu, qui refroidit le MVG à la température ambiante, de préférence d'environ 23°C, avant de l'introduire dans séparateur électrostatique humide 9, dans lequel l'huile de

pyrolyse est séparée et peut être retirée en tant que produit ou pour un traitement ultérieur. Le gaz d'échappement est retiré à travers la conduite 13.

L'invention sera maintenant expliquée en plus de détails au moyen d'exemples qui sont basés sur les unités de recherche selon les figures 2 et 5, respectivement.

Exemple 1 (basé sur Fig. 2)

10

Tableau 1: Mélange vapeur-gaz MVG

VGM at 430°C before dedusting		
Composition of VGM before electrostatic precipitator (4)		
H2	3,4	g/h
Methane	16	g/h
CO	28	g/h
CO2	7	g/h
Ethylene + Ethane	19	g/h
Propylene + Propane	16	g/h
HC4 to HC6	30	g/h
water	220	g/h
Pyrolysis oil, condensable at 23°C	550	g/h
Dust content	approx. 52	g/h

Le mélange vapeur-gaz (MVG) est produit par pyrolyse de l'huile de type schiste I. Le débit massique des principaux composants du MVG est indiqué au tableau 1. Le flux du MVG entre à 430°C dans deux séparateurs électrostatiques successifs de type tubulaires, 4.1 et 4.2. Les dimensions des tubes des deux ESP sont Ø60,3x2,9mm, le matériau est de l'acier inoxydable. Les deux tubes sont électriquement mis à la terre. La tension appliquée aux électrodes 6.1 et 6.2 est contrôlée entre 5 kV et 20 kV. Les tubes des ESP sont chauffés de l'extérieur

par des radiateurs électriques de traces 5.1 et 5.2, respectivement, et la température de la paroi est contrôlée à 430°C. Toutes les 15 minutes, les ESP sont nettoyés par grattage mécanique et la poussière séparée est recueillie dans une bouteille en verre. Les poussières recueillies lors de l'essai était de 52 g/h.

5 Après que le MVG ait été nettoyé de la poussière par les deux séparateurs électrostatiques, il est refroidi par refroidissement indirect à l'eau (refroidisseur 8) à 23°C et le brouillard d'huile final est séparé du courant de gaz par un séparateur électrostatique humide (9). Le flux d'huile de pyrolyse de 550 g/h est recueillie dans un flacon en verre. La teneur en poussières de l'huile a été

10 mesurée et est de 30 ppm (= 0,003 pds-%).

Exemple 2 (basé sur Fig. 3)

Tableau 2 : Mélange vapeur-gaz MVG

VGM at 430°C before dedusting		
Composition of VGM before electrostatic precipitator (4)		
H2	2,3	g/h
Methane	16	g/h
CO	7	g/h
CO2	40	g/h
Ethylene + Ethane	21	g/h
Propylene + Propane	19	g/h
HC4 to HC6	21	g/h
water	205	g/h
Pyrolysis oil, condensable at 23°C	440	g/h
dust content	approx. 37	g/h

15

Le mélange vapeur-gaz (MVG) est produit par pyrolyse du type de schiste bitumineux II. La composition du MVG est présentée dans le tableau 2. Le flux du MVG entre dans le premier séparateur électrostatique de type tubulaire 4.1 à

20 430°C. La tension appliquée aux électrodes est contrôlée entre 5 kV et 30 kV.

Le premier séparateur électrostatique de type tubulaire 4.1 est chauffé de l'extérieur par un dispositif de chauffage électrique de trace 5.1 et la température de la paroi est contrôlée à 430°C. Toutes les 15 minutes, l'ESP 4.1 est nettoyé par grattage mécanique et la poussière séparée est recueillie dans une bouteille en verre. Les poussières recueillies lors de l'essai était de 37 g/h.

Après le premier ESP 4.1, le MVG est refroidi par un refroidisseur à air indirecte 11 à une température de 315°C. Le MVG entre alors dans une deuxième ESP 4.2. Le tube du deuxième ESP 4.2 est chauffé de l'extérieur par un chauffage électrique à trace 5.2 et la température de la paroi est régulée à 315°C. Le brouillard d'huile et la poussière restante qui n'a pas été recueillie par le premier ESP 4.1 sont séparés dans le deuxième ESP 4.2. La deuxième ESP fonctionne comme un ESP humide. La fraction d'huile ainsi que la poussière restante s'écoulent le long du tube ESP et sont recueillies dans une bouteille en verre. Pas de grattage mécanique n'est nécessaire pour le deuxième ESP 4.2. Une fraction lourde supplémentaire de l'huile de pyrolyse de 30 g/h (7 pds-% du total des huiles collectées) avec une teneur en poussière de 100 ppm ont été recueillies de ESP 4.2. Après le deuxième ESP 4.2, le MVG est refroidi par refroidissement indirect à l'eau 8 à 23°C et le brouillard d'huile final est séparé du courant de gaz restant par un ESP humide 9 fonctionnant à 23°C. Le flux de l'huile de pyrolyse de 410 g/h (93 pds-% du total des huiles collectées) est recueillie dans une bouteille en verre. La teneur en poussières de ce flux d'huile a été mesurée et est de 10 ppm (= 0,001 pds-%).

25

Numéros de référence

	1	séparateur électrostatique
	2	moyens de redressement
5	3	four rotatif
	4	séparateur électrostatique
	5	chauffage électrique à la trace
	6	électrodes
	7	conduite
10	8	refroidisseur
	9	séparateur électrostatique humide
	10	conduite
	11	refroidisseur
	12	conduite
15	13	conduite

ESP séparateur électrostatique

MVG mélange vapeur-gaz

Revendications :

1. Procédé de dépoussiérage d'un mélange vapeur-gaz (MVG) poussiéreux obtenu par la pyrolyse d'un matériau contenant des hydrocarbures, en particulier le schiste bitumineux, dans lequel le MVG poussiéreux est traité dans un séparateur électrostatique sec à une température de 380 à 480°C pour séparer la poussière du MVG et dans lequel, après l'enlèvement de la poussière dans le séparateur électrostatique, le MVG est refroidi et dirigés vers au moins un autre séparateur électrostatique où il est traitée à une température adaptée pour séparer une fraction désirée de l'huile.
5
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce** que le MVG est obtenu par la pyrolyse d'un matériau contenant 8 à 80 % en poids d'hydrocarbures.
15
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce** que le MVG comprend 40 à 90 % en poids d'hydrocarbures C₅₊, 4,5 à 40 % en poids d'hydrocarbures C₄₋, 0,01 à 30 % en poids de fractions non condensables et 2 à 30 % en poids d'eau.
20
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce** que la teneur en poussière du MVG poussiéreux est de 3 à 300 g/Nm³.
25
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce** qu'au moins deux séparateurs électrostatiques successifs sont fournis, dans lesquels le MVG est traité à une température de 380 à 480°C.
30

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en** ce qu'après le traitement dans le séparateur électrostatique le MVG est refroidi à une température de 310 à 360°C.
- 5 7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le MVG est refroidi par refroidissement indirect ou par introduction d'huile supplémentaire.
8. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en** ce qu'après l'étape de refroidissement, le MVG est traité dans séparateur électrostatique humide
10 à une température entre 310 et 360°C.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en** ce que lors de l'étape de refroidissement et/ou dans le séparateur électrostatique humide une fraction d'huile lourde est séparée du MVG.
15
10. Dispositif pour le dépoussiérage d'un mélange vapeur-gaz (MVG), obtenu par la pyrolyse d'un matériau contenant des hydrocarbures, en particulier pour la réalisation d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins un séparateur électrostatique (1.4) fonctionnant à une température de 380 à 480°C et un refroidisseur (8.11) prévu en aval du séparateur électrostatique **caractérisé en** ce que des moyens de redressement (2) sont prévus en aval du séparateur électrostatique (1), dans lequel les moyens de redressement (2) comprennent un ou plusieurs séparateurs électrostatiques chacun en combinaison avec un dispositif de refroidissement pour la régulation de la température du MVG entrant dans le séparateur électrostatique respectif.
20
25

11. Appareil selon la revendication 10, **caractérisé en** ce que chaque séparateur électrostatique (4.2, 9) est fourni en aval du refroidisseur (11, 8).

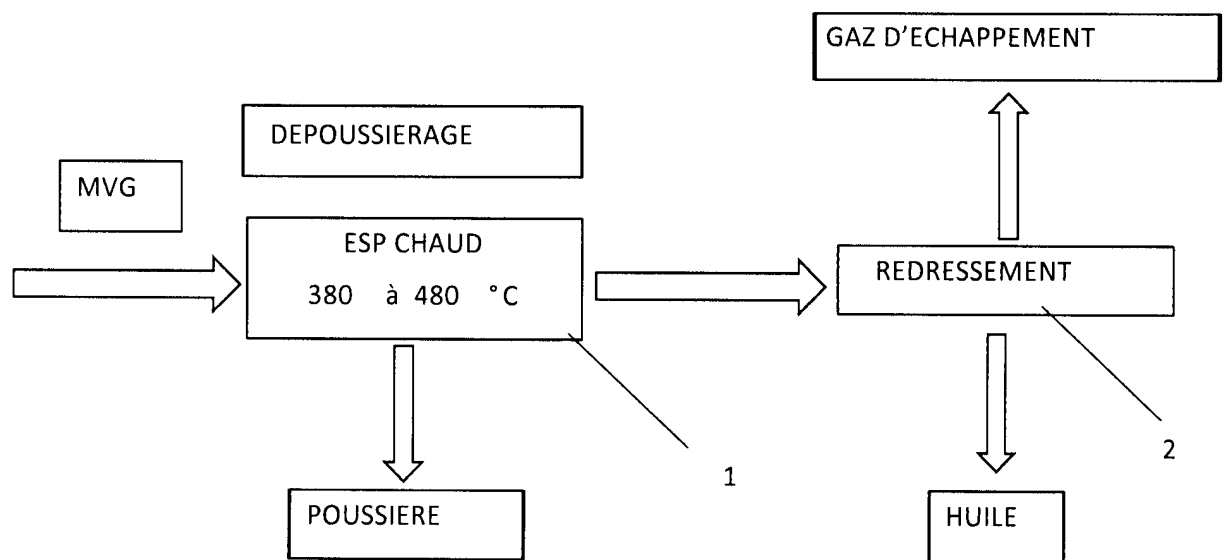


Fig. 1

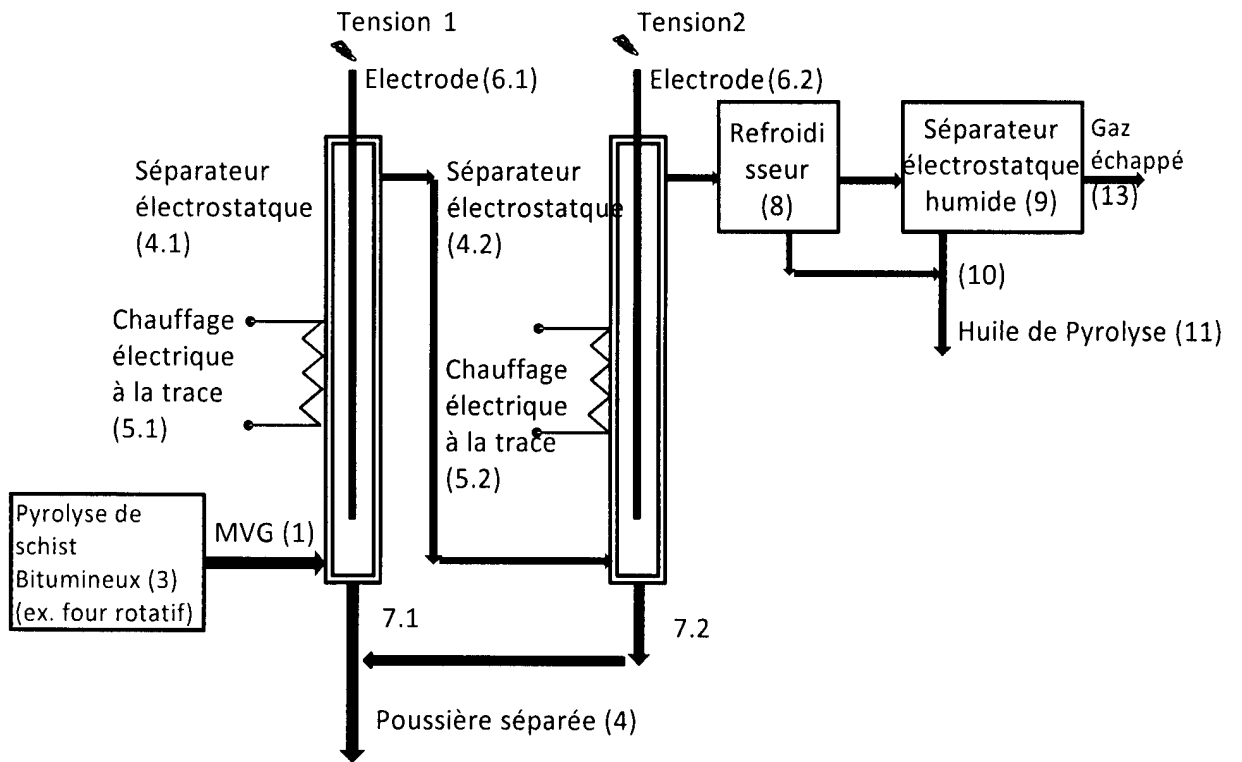


Fig. 2

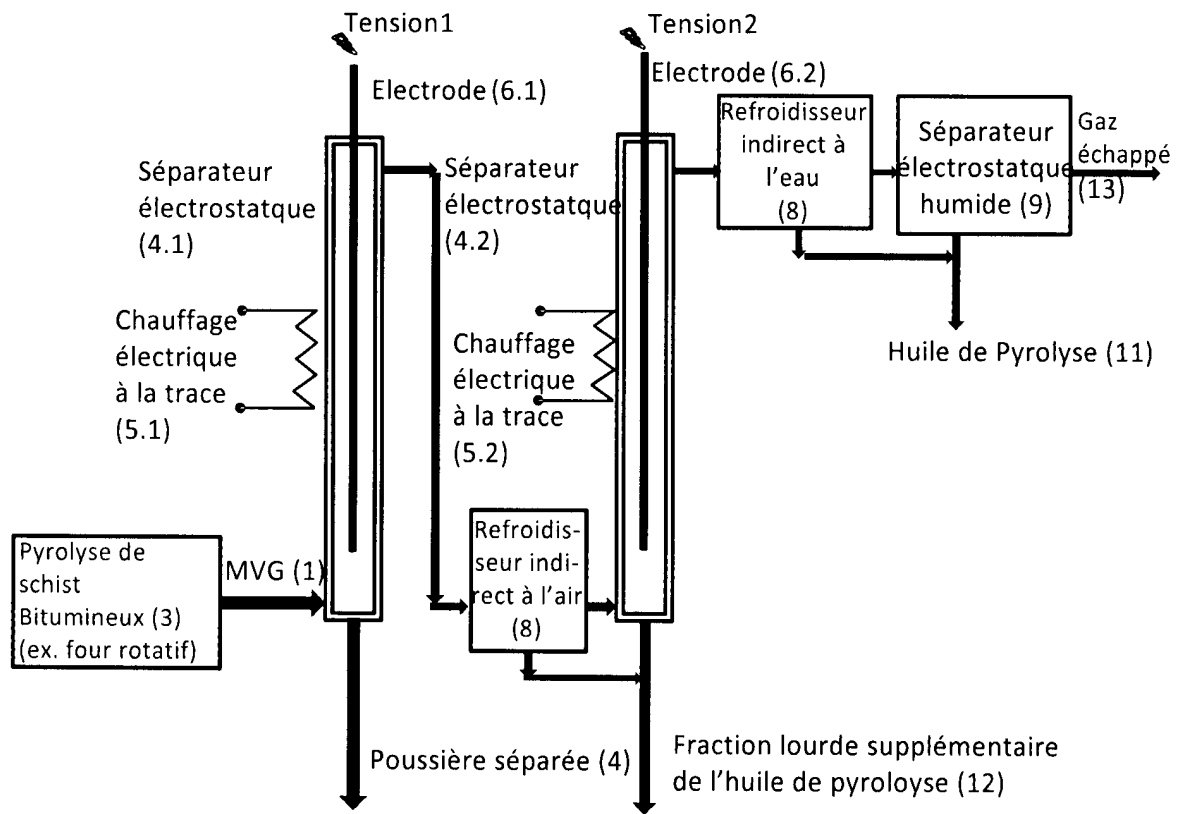


Fig. 3