



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 32575 B1** (51) Cl. internationale : **C10L 5/00**
(43) Date de publication : **01.08.2011**

-
- (21) N° Dépôt : **33630**
(22) Date de Dépôt : **18.02.2011**
(30) Données de Priorité : **16.07.2008 US 61/134,991**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/US2009/004102 14.07.2009**
(71) Demandeur(s) : **BRUSO, BRUCE, L., 57 Park Lane, Hegins Pennsylvania 17938 (US)**
(72) Inventeur(s) : **BRUSO, Bruce, L.**
(74) Mandataire : **SABA & CO**

(54) Titre : **PROCEDE ET APPAREIL POUR RAFFINER LE CHARBON**

(57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION CONCERNE UN PROCÉDÉ PERMETTANT DE TRAITER LE CHARBON POUR ÉLIMINER LE SOUFRE ET D'autres CONTAMINANTS EN MÉLANGEANT LE CHARBON DANS UNE SOLUTION D'AMMONIAQUE AYANT UNE PLAGE DE CONCENTRATION CHOISIE (PLAGE PRÉFÉRÉE COMPRISE ENTRE 3 % ET 5 %) D'AMMONIAC À L'EAU DANS UNE CUVE DE RÉACTION. LE MÉLANGE PROVOQUE LA MISE EN CONTACT DE LA SOLUTION AVEC LES SURFACES ET LES PORES DU CHARBON. LE PROCÉDÉ EST SURVEILLÉ AFIN DE DÉTECTER LE MOMENT OÙ LA CONCENTRATION EN AMMONIAQUE DANS LA CUVE DE RÉACTION PASSE EN DESSOUS DE LA PLAGE SÉLECTIONNÉE, ET UNE SOLUTION D'AMMONIAQUE, DONT LA CONCENTRATION EN AMMONIAC EST COMPRISE OU EST SUPÉRIEURE À LA PLAGE SÉLECTIONNÉE, EST INTRODUITE DANS LA CUVE DE RÉACTION AFIN DE REPLACER LA SOLUTION DANS LES LIMITES DE LA PLAGE CHOISIE. LE CHARBON NETTOYÉ PEUT ÊTRE RINCÉ ET SÉCHÉ, OU SÉCHÉ SANS RINÇAGE AFIN DE FORMER UN ENROBAGE AMMONIAQUÉ SUR LES SURFACES ET DANS LES PORES DU CHARBON. L'INVENTION CONCERNE

ÉGALEMENT PLUSIEURS SCHÉMAS D'INSTALLATION PERMETTANT DE METTRE EN OEUVRE LE PROCÉDÉ.

ABREGE

La présente invention concerne un procédé permettant de traiter le charbon pour éliminer le soufre et d'autres contaminants en mélangeant le charbon dans une solution d'ammoniaque ayant une plage de concentration choisie (plage préférée comprise entre 3 % et 5 %) d'ammoniac à l'eau dans une cuve de réaction. Le mélange provoque la mise en contact de la solution avec les surfaces et les pores du charbon. Le procédé est surveillé afin de détecter le moment où la concentration en ammoniaque dans la cuve de réaction passe en dessous de la plage sélectionnée, et une solution d'ammoniaque, dont la concentration en ammoniac est comprise ou est supérieure à la plage sélectionnée, est introduite dans la cuve de réaction afin de replacer la solution dans les limites de la plage choisie. Le charbon nettoyé peut être rincé et séché, ou séché sans rinçage afin de former un enrobage ammoniacé sur les surfaces et dans les pores du charbon. L'invention concerne également plusieurs schémas d'installation permettant de mettre en œuvre le procédé.

(DIX NEUF PAGES)

BRUSO, BRUCE, L.
P. P. SABA & CO., Casablanca

3.9.1.1.1

01 AOUT 2011

PROCEDE ET APPAREIL POUR RAFFINER LE CHARBON

RENVOI A UNE DEMANDE RELATIVE

5 [0001] Cette demande revendique la priorité de la demande américaine provisoire No. 61/134,991 déposée le 07/16/2008, dont le contenu est incorporé dans la présente en référence.

DOMAINE DE L'INVENTION

10 [0002] Cette demande se rapporte au domaine général de raffinage du charbon et, plus spécifiquement, au domaine de raffinage du charbon pour en éliminer les contaminants qui produisent des polluants environnementaux dans les produits de combustion du charbon.

CONTEXTE DE L'INVENTION

15 [0003] Cette invention s'applique au raffinage de divers types de charbon ; l'antracite, le charbon bitumineux et la lignite. Son application primaire sera avec des charbons brûlés à des fins industrielles. Ces charbons contiennent divers contaminants susceptibles de produire des polluants environnementaux dans le gaz de combustion ou les résidus de cendre en fonction de la source. Divers procédés de lavage, de séparation mécanique et de réaction chimique sont de tout temps employés dans le but de réduire ces contaminants avant la combustion du charbon.

20 [0004] Le soufre est un contaminant significatif causant des soucis particuliers pour les installations industrielles de combustion du charbon. Les charbons à teneur élevée en soufre peuvent libérer une quantité significative d'oxydes de soufre dans le gaz de combustion. La forme la plus courante d'oxyde de soufre dans le gaz de combustion est le dioxyde de soufre (SO₂), qui cause un souci particulier pour l'environnement. Le dioxyde de soufre réagit avec l'oxygène, habituellement en présence d'un catalyseur comme le dioxyde d'azote (NO₂), pour former le trioxyde de soufre (SO₃), qui réagit alors avec des molécules d'eau dans l'atmosphère pour former l'acide sulfurique (H₂SO₄) qui est retourné vers la Terre sous forme de pluies acides. De là, en raison des soucis environnementaux relatifs à ces polluants dans les gaz de combustion du charbon, les règlements gouvernementaux limitent les émissions d'oxydes de soufre (SO_x) et d'oxydes d'azote (NO_x). Les émissions d'oxyde d'azote relatives à la combustion du charbon peuvent être réduites par des technologies de brûleurs, comme la combustion à lit fluidisé. Pour la réduction de l'oxyde de soufre, il existe des systèmes de désulfuration des gaz de fumée servant à épurer les oxydes de soufre des gaz de combustion du charbon dans les cheminées d'évacuation des gaz de fumée des centrales électriques à charbon modernes, mais il est généralement plus efficace de réduire la teneur en soufre de tout charbon à teneur élevée en soufre avant sa combustion.

40 [0005] Les analyses chimiques du charbon répartissent généralement la teneur en soufre en trois catégories, le soufre sulfaté, le soufre pyritique et le soufre organique, qui sont combinés pour produire la teneur totale en soufre d'un échantillon de charbon. La plupart des protocoles d'analyse mesurent le soufre pyritique et le soufre organique, ainsi que la teneur totale en soufre. La différence

entre la contribution pyritique et organique et le soufre total est alors attribuée aux sulfates. Le type de sulfate peut être un sulfate de calcium, comme le gypse, ou des sulfates ferreux produits en vieillissant le charbon exposé. Indépendamment du type, la séparation des sulfates du charbon est relativement facile, puisque les sulfates peuvent être dissous dans des solutions acides diluées ou dans d'autres solvants.

5 [0006] Le sulfate pyritique est essentiellement le disulfure de fer (FeS_2), un minéral cristallin connu par la pyrite. La pyrite a lieu fréquemment dans les veines et les lits près de ou entrelacée dans les couches de charbon. La pyrite est insoluble dans l'eau ou dans une solution faiblement acide. Toutefois, les sulfates pyritiques ont une gravité spécifique 3 ou 4 fois supérieure à celle du charbon. D'où, la majeure partie de la forme pyritique du soufre peut être séparée du charbon par des procédés traditionnels de concentration par gravité, comme les séparateurs de milieu dense ou les centrifugeuses habituellement utilisées pour le lavage du charbon.

15 [0007] Le soufre organique fait partie du charbon auquel il est lié par des liaisons chimiques. Il a été toujours difficile d'éliminer le soufre organique car il est impossible de le séparer du charbon sans rompre la liaison chimique. Les réactions d'oxydation sont effectuées pour rompre les liaisons et libérer le soufre en d'autres formes pour l'élimination de la matrice de charbon.

20 [0008] Par conséquent, vu ces différentes formes de contenu soufré, le raffinage du charbon pour la réduction du soufre de l'art antérieur comprend une grande variété de procédés, allant du simple lavage dans une solution de solvant ou du lavage en combinaison avec la séparation de milieux denses et/ou la flottaison de mousse pour dissoudre la majorité du sulfate et séparer la majeure partie du soufre pyritique du charbon, à l'emploi d'oxydants chimiques, d'enzymes oxydatives et aux procédés de désulfuration microbienne.

25 [0009] Les réactifs chimiques sont suggérés aussi pour une réduction plus agressive du soufre pyritique. Par exemple, le procédé de Meyers décrit dans l'article *Chemical Removal of Pyritic Sulfur from Coal*, et dans les brevets américains 3,926,575 et 3,917,465 (Meyers) vise à éliminer le soufre pyritique par une réaction chimique au moyen du chlorure ferrique ou du sulfate ferrique à titre d'agent oxydant. On sait que la pyrite est insoluble dans l'eau et que les acides couramment utilisés pour dissoudre la majorité des sels inorganiques (et des sulfates) ne dissoudront pas la pyrite. De là, un agent oxydant est utilisé dans le procédé de Meyers pour convertir la pyrite en sulfates ou en soufre élémentaire, qui sont solubles dans une solution acide diluée. Le procédé de Meyers se base sur le principe que le chlorure ferrique et le sulfate ferrique sont plus sélectifs de l'oxydation de la pyrite que de l'oxydation du charbon, le sulfate ferrique étant l'agent préféré. Moyennant des températures de réaction d'environ 100°C , Meyers relève une élimination de 40 à 70% de soufre pyritique à partir du charbon bitumineux en utilisant le sulfate ferrique ou le chlorure ferrique à titre d'agents d'oxydation, suivie d'un lavage de neutralisation dans le toluène.

[0010] Il existe aussi des procédés chimiques de réduction du soufre organique et de la pyrite. Un procédé de désulfuration du charbon décrit par Hsu, et al dans le brevet américain 4,081,250 emploie un gaz chlorure barbotant à l'intérieur d'une bouillie de charbon humide dans un solvant chloré pour rincer le soufre pyritique et convertir le soufre organique en sulfates solubles. Le charbon chloruré est ensuite séparé, hydrolysé et déchloré, en chauffant à 500°C.

[0011] D'autres procédés éliminent la nécessité de chaleur externe pour induire une réaction d'oxydation exothermique dans le charbon sur une courte période. Le brevet américain 4,328,002 (Bender) décrit un procédé de ce type où le charbon est prétraité avec une suspension aqueuse diluée d'un agent oxydant, lavé avec de l'eau puis atomisé avec ou immergé dans une solution concentrée de l'agent oxydant pendant 1 à 2 minutes, où la réaction exothermique atteint un maximum. Cependant, un brevet ultérieur de Bender, US 4,560,390, décrit que le temps d'exposition à la solution d'agent oxydant peut être réduit à un temps d'exposition aussi court que 22-30 secondes lorsque la réaction se passe à l'intérieur d'un hydrocyclone ou d'un classificateur de milieux denses.

[0012] A l'égard de divers procédés antérieurs de traitement, un objectif de cette invention consiste à trouver un procédé de raffinage du charbon efficace et rentable pouvant être appliqué à l'échelle industrielle afin de réduire sensiblement la teneur totale du charbon en soufre, y compris en soufre organique. La réduction concomitante d'autres contaminants du charbon et l'augmentation du potentiel BTU dans le charbon traité sont des effets additionnels bienvenus.

BREF RESUME DE L'INVENTION

Procédé de base

[0013] Le procédé de raffinage du charbon de cette demande emploie l'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH), plus couramment connu par ammoniaque aqueuse, à titre de solvant et d'agent oxydant pour la réduction du contaminant sulfuré dans le charbon. Bien que l'ammoniac soit suggéré comme composant d'un réactif d'oxydation, comme dans les brevets de Bender décrits ci-dessus, le procédé de cette invention est exécuté avec des concentrations plus diluées d'ammoniaque aqueuse afin d'éliminer les fortes réactions exothermiques décrites dans les brevets de Bender. La rentabilité et la protection de l'environnement dans ce procédé sont réalisées en maintenant la concentration sélectionnée en NH_4OH tout en recyclant et réutilisant la solution de traitement. En outre, les contrôleurs du procédé peuvent être utilisés pour automatiser le recyclage et le maintien de la concentration sélectionnée.

[0014] Il n'existe pas de composé d'hydroxyde d'ammonium isolable sur le plan technique, mais la représentation du NH_4OH donne une description précise du comportement de la solution d'ammoniac/eau et est ainsi couramment utilisée. Quand ajouté à l'eau, l'ammoniac déprotonise une petite fraction d'eau pour donner des ions ammonium (NH_4^+) et des ions hydroxyde (OH^-). Par conséquent, des détecteurs mesurant la concentration en ammoniaque aqueuse dans le procédé décrit

dans la présente exécutent cette tâche en mesurant la concentration en ions NH_4^+ dans la solution

[0015] En général, l'invention concerne un procédé de traitement du charbon dans le but d'éliminer les contaminants, comprenant les étapes suivantes : (a) déposer dans une cuve de réaction une solution d'ammoniaque aqueuse dans une plage de concentration sélectionnée de l'ammoniac ; (b) ajouter le charbon à la cuve de réaction ; (c) agiter le charbon à l'intérieur de la cuve de réaction afin de mélanger le charbon et la solution pour mettre la solution en contact avec les surfaces et les pores du charbon ; (d) décharger le charbon traité de la cuve ; (e) surveiller le procédé pour détecter le moment où la concentration de l'ammoniaque aqueuse dans la cuve de réaction chute en dessous de la plage sélectionnée ; et (f) introduire l'ammoniaque aqueuse avec une concentration d'ammoniac comprise dans ou supérieure à la plage sélectionnée dans la cuve de réaction pour ramener la solution vers la plage sélectionnée.

[0016] L'ammoniaque aqueuse utilisée dans ce procédé peut être préparée en mélangeant l'ammoniac anhydre (NH_3) dans l'eau. Pour éviter EPA, OSHA et d'autres conditions réglementaires de report et de manipulation, la plage de concentration doit être 19% en poids du NH_3 ou moins. En pratique, le procédé est efficace lorsqu'il est maintenu dans une plage sélectionnée inférieure à 10% et, dans un mode de réalisation préféré du procédé, la concentration est maintenue entre environ 3% et 5% en poids de l'ammoniac anhydre à l'eau.

[0017] L'ammoniaque aqueuse est appliquée au charbon à l'intérieur d'une cuve de réaction (ou dans des cuves de réaction en série dans un procédé en flux séquentiel). Dans un mode de réalisation décrit dans la présente, la cuve de réaction est un récipient mélangeur/séparateur, comme un épurateur à tambour rotatif ayant des pales servant à porter le charbon hors de la solution et à le décharger de nouveau dans la solution à mesure que le tambour tourne. Cette fonction physique de mélange contribue à empêcher l'adhésion du soufre pyritique aux particules de charbon de façon à pouvoir cribler la pyrite plus dense hors de la solution au fond du tambour. L'agitation rotative met aussi la solution d'ammoniaque en contact avec toute la quantité de charbon, y compris les pores dans les surfaces exposées, et permet l'exposition à l'air à mesure que le charbon est soulevé et déversé, de façon à ce que l'ammoniac soit capable d'oxyder le soufre organique en sulfates qui se dissolvent en solution.

[0018] Comme équipements alternatifs dans les modes de réalisation, l'agitation et le mélange peuvent être effectués dans la cuve de réaction sans séparation concomitante des pyrites. La cuve de réaction n'a pas nécessairement la capacité de clarifier le charbon léger de la pyrite lourde et d'autres milieux denses si la boue résultante de la cuve est envoyée vers un dispositif clarificateur à gravité spécifique séparé.

[0019] A titre d'équipements alternatifs, un laveur à vis de matière grossière (ou des laveurs à vis en série) peut être utilisé pour réaliser l'agitation, l'aération et le temps d'exposition requis dans la solution d'ammoniaque, tout en induisant la flottaison

des fines particules de charbon en provenance du charbon grossier et de la pyrite lourde. Un processus de séparation de matière dense peut alors être utilisé pour éliminer les flocons de pyrite du charbon grossier après les lavoirs à vis. Ces schémas d'appareils et d'installations ainsi que d'autres alternatifs sont décrits dans les figures et la description détaillée.

Récupération et réutilisation de l'ammoniac

[0020] Un autre aspect de l'invention concerne la récupération et le recyclage de la solution d'ammoniac. Une solution souillée d'ammoniac est drainée de la cuve de réaction, soit sous forme d'un déchargement entrecoupé ou d'un flux dosé continu. Une charge utile de fines de charbon peut être récupérée de la solution souillée par des séparateurs de particules connus, comme un tamis d'épouseuse ou une centrifugeuse à tambour à tamis. La solution est analysée par un détecteur ou un autre dispositif de surveillance pour détecter la concentration en ammoniac, soit avant ou en aval du séparateur de fines de charbon. Après la récupération des fines de charbon, la solution est recyclée vers les cuves de réaction et, si la concentration d'ammoniac, chute en dessous de la plage sélectionnée, l'ammoniac aqueuse avec une concentration d'ammoniac comprise dans ou supérieure à la plage sélectionnée peut être ajoutée à la cuve de réaction pour ramener la solution à la plage sélectionnée.

Récupération de l'eau

[0021] Le charbon traité, y compris les fines récupérables, sera en forme de boue dense jusqu'à sa déshydratation et son séchage. La boue peut aussi être rincée avec de l'eau déminéralisée avant sa déshydratation et son séchage. L'eau pressée de la boue, y compris toute eau de rinçage, est dirigée vers un autre séparateur afin d'éliminer les particules insolubles comme le reste de charbon, la pyrite ou d'autres minéraux. L'eau peut être recyclée vers la cuve de réaction ou vers un réservoir de stockage avec la solution recyclée. L'eau portant les particules séparées insolubles est dirigée vers un réservoir de floculation.

[0022] Le procédé déchargera aussi la solution d'ammoniac du clarificateur principal pour porter le distillat pyritique. Le distillat est acheminé aussi vers le réservoir de floculation où la pyrite et une autre matière particulaire dense sont floculées hors du distillat. L'eau récupérée du réservoir de floculation peut être déminéralisée et réutilisée dans le procédé.

[0023] Ce procédé est inoffensif pour l'environnement du fait que l'ammoniac est largement récupéré et réutilisé sans être évacué vers l'atmosphère ni déchargé comme eaux usées souillées. Dans l'automatisation préférée de l'installation, des contrôles programmables effectuent la récupération et le remélange de la solution du procédé et des matières premières tout en maintenant la concentration d'ions NH_4 dans la plage souhaitée dans la cuve du réacteur.

Schémas des installations.

[0024] Une variété de schémas d'installations peut être employée pour appliquer le procédé susmentionné. La plupart des installations à grande échelle seront des sites

fixes, mais un mode de réalisation décrit une installation qui est en grande partie sur une plateforme mobile qui peut être reliée à des conduites externes d'alimentation en ammoniac et en eau, des réservoirs de floculation et semblables qui peuvent être dirigés vers des bassins de déchets du charbon.

- 5 [0025] Les installations peuvent aussi être actionnées de façon automatisée à l'aide de contrôleurs logiques ou d'ordinateurs généraux programmables chargés de surveiller le taux d'ammoniac dans la plage de concentration sélectionnée et l'ajout d'une nouvelle solution pour la ramener dans la plage souhaitée. L'automatisation peut également inclure un dispositif d'essai du gaz de combustion pour analyser les
10 lots ou l'intervalle et confirmer l'observance des normes de réduction.

Augmentation du potentiel BTU

- [0026] Certains changements bénéfiques auxiliaires sont observés dans le charbon raffiné grâce aux procédés susmentionnés. Comme décrit ci-dessus, le charbon traité peut être rincé puis déshydraté et séché ; ou, alternativement, séché sans
15 rinçage pour garder un enrobage d'ammoniac aqueuse à la surface du charbon. Les deux procédés occasionnent une augmentation du potentiel thermique produit sur le charbon non lavé. Bien que le mécanisme exact d'élévation thermique ne soit pas étudié, il est probablement dû en partie au fait que la solution d'ammoniac élimine les matières non combustibles ou peu chaudes des pores du charbon, élargissant la superficie dans laquelle la combustion peut avoir lieu et en partie au
20 fait que l'enrobage d'ammoniac résiduel à la surface du charbon et dans les pores réduit la tendance du charbon à réabsorber l'humidité. Ce mécanisme en deux parties d'augmentation de la BTU explique l'observation que l'enrobage d'ammoniac maintenu à la surface du charbon semble occasionner l'importante
25 augmentation de la BTU, parfois dans la marge de 20% à 40% des BTUs. Le mécanisme de nettoyage des pores explique aussi l'observation que les boutons de coke faits de charbon vapeur traité au préalable par ce procédé affichent une élévation de l'indice de gonflement libre qui suffit pour satisfaire les spécifications du charbon métallurgique.

30 Réduction d'oxydes alcalins

- [0027] Un second avantage de laisser un enrobage d'ammoniac à la surface du charbon est la réduction d'oxydes alcalins formés durant la combustion. L'analyse du cendre de charbon avec un enrobage d'ammoniac résiduel en provenance du
35 procédé de nettoyage démontre une réduction du trioxyde de soufre, du dioxyde de silicium, et d'autres oxydes alcalins par comparaison au charbon traité qui a été rincé pour le nettoyer.

Efficacité élevée des épurateurs des gaz de fumée

- [0028] L'enrobage d'ammoniac résiduel du processus de nettoyage peut également fournir une source d'ammoniac dans les gaz de fumée pour assister les épurateurs
40 de gaz NO₂. L'ammoniac est parfois ajouté aux gaz de fumée pour réduire la teneur en oxyde d'azote des gaz par la conversion en azote et eau (le procédé DeNOx). Quand présent dans les échantillons de gaz, l'ammoniac réagira aisément avec d'autres composants comme le dioxyde de soufre dans l'échantillon pour former des

sels d'ammonium. Ce sel a un bas point de fusion, d'où il est présent comme gaz aux températures supérieures dans la fumée. L'ammoniac résiduel sur le charbon séché résultant de ce procédé peut assister les épurateurs de l'air en fournissant une quantité additionnelle d'ammoniac aux gaz de fumée.

5 Réduction d'autres contaminants

[0029] Outre la réduction de la teneur en soufre, la solution d'ammoniac aqueuse dissout aussi et/ou ionise d'autres contaminants à éliminer du charbon. Parmi ces autres contaminants, les plus significatifs sont le chlore, le mercure et l'arsenic. Plusieurs couches de charbon sont largement contaminées par le chlore en provenance de la saumure évaporée d'anciens marais salants ayant produit la végétation de laquelle le charbon est créé. Le chlore est soluble dans la solution de lavage de l'ammoniac. D'autres contaminants réduits incluent le sélénium, les polluants à base de carbone et les composés d'oxydation. Ces aspects ainsi que d'autres du procédé de raffinage, des schémas d'installations et d'amélioration du charbon seront apparents de la description suivante de modes de réalisation préférés.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0030] La figure 1 est un organigramme d'une installation de raffinage du charbon selon l'invention.

20 [0031] La figure 2 est une vue latérale en élévation d'une installation mobile de raffinage du charbon.

[0032] La figure 3 est une vue de face de l'installation mobile de raffinage du charbon avec une vis d'alimentation sans fin.

25 DESCRIPTION DETAILLÉE DU PROCÉDE ET DE L'INSTALLATION ILLUSTRÉS DANS LES FIGURES

[0033] Le diagramme de la figure 1 décrit le schéma d'une installation de raffinage du charbon (10) qui peut être utilisée pour exécuter le procédé de raffinage du charbon de cette invention. En se référant à la figure 1, la trajectoire d'un lot de charbon commence à la flèche gauche désignée par "CHARBON", montrant que le charbon est déversé dans une trémie d'alimentation (12). Le charbon peut être prélevé avant d'être placé dans la trémie d'alimentation. Si le charbon à traiter est sous forme de déchets de charbon, comme ceux provenant d'un banc ou d'un bassin de charbon, il peut contenir une quantité excessive de racine et de matière végétale, et un lourd enrobage sulfaté dû à une longue altération atmosphérique. Ce bois et cette matière végétale sont mis à flotter et criblés dans un pré-lavage avant de placer les déchets de charbon dans la trémie d'alimentation. Si un pré-lavage est appliqué, l'eau du pré-lavage est préférablement déminéralisée avec un adoucisseur d'eau commercial. La soude caustique peut être ajoutée à l'eau déminéralisée pour dissoudre l'enrobage sulfaté et un autre matériau soluble dans le pré-lavage. Le charbon humide est ensuite évacué avant d'être déversé dans la trémie d'alimentation (12).

[0034] Le charbon est porté de la trémie (12) par une goulotte de transport (14) ou ceinture au port d'entrée (16) d'une cuve de réaction (18). Dans ce mode de

réalisation, la cuve de réaction (18) est une chambre combinée de réaction et de séparation, comme la chambre d'épuration à tambour rotatif décrite dans le brevet américain 4,159,242 ou un modèle modernisé d'un tel épurateur à tambour rotatif. L'épurateur à tambour rotatif est utilisé pour mélanger le charbon dans la solution d'ammoniaque aqueuse pour éliminer les contaminants solubles en solution, oxyder le soufre organique en une forme soluble et séparer la pyrite et d'autres particules à gravité spécifique élevée de la matrice de charbon. Un dispositif de ce type est un épurateur à tambour fabriqué par McLanahan Corporation, avec des étagères supports ajustables pour réaliser un culbutage agressif à la matrice de charbon de la solution d'ammoniaque à travers le charbon. Il faudrait savoir que, dans une installation à grande échelle, plusieurs cuves de réaction seraient disposées en parallèle, l'alimentation en ammoniaque aqueuse et les éléments de recyclage desservant toutes les cuves.

[0035] Le réactif est une solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH), également désigné dans la présente par ammoniaque aqueuse, qui est utilisé comme solvant et comme agent oxydant dans la solution de raffinage du charbon. D'autres solvants et agents oxydants peuvent être incorporés dans la solution de réactif ; toutefois, une solution efficace est obtenue avec une plage de concentration sélectionnée inférieure à 10% d'ammoniaque aqueuse. La plage de concentration préférée pour l'ammoniaque aqueuse est 3% à 5% d'ammoniac à l'eau.

[0036] Pour produire une solution dans cette plage, l'ammoniaque aqueuse est initialement produite en dosant l'ammoniac anhydre (NH_3) à partir d'un réservoir de stockage en vrac (20) dans un réservoir de barbotage (22) qui reçoit aussi une eau déminéralisée (via la conduite d'eau 24) qui suffit pour créer une solution d'ammoniaque aqueuse avec un taux de dilution à l'extrémité élevée de la plage de concentration préférée (c'est-à-dire à ou presque 5% dans le réservoir de barbotage pour maintenir une plage de 3% à 5% dans la cuve de réaction). Un détecteur (26) peut être utilisé pour mesurer la concentration d'ammoniaque aqueuse en détectant la concentration dans le réservoir de barbotage, et les commandes de soupape (28) servant à ajuster le dosage de l'eau et du NH_3 dans le réservoir de barbotage en conséquence. Alternativement, l'alimentation d'un réservoir contenant une solution d'ammoniaque aqueuse à concentration élevée (c'est-à-dire 19% pour éviter les conditions de report et de manipulation) pourrait être utilisée pour le mélange avec l'eau déminéralisée afin de créer une concentration préférée.

[0037] Une solution d'ammoniaque aqueuse fraîche du réservoir de barbotage (22) est acheminée vers la cuve de réaction (via la conduite 30) par une pompe de dosage (32) contrôlée par un contrôleur du procédé (34). Comme ce sera décrit en détail ci-dessous, le contrôleur du procédé reçoit une indication du volume de la solution recyclée disponible pour être réutilisée dans la cuve de réaction, et une indication de la concentration de NH_4 dans la solution de retour disponible d'un ou de plusieurs détecteurs. Le contrôleur peut ajouter une solution fraîche du réservoir de barbotage pour remplacer le volume de liquide perdu dans la boue de charbon et le distillat pyritique insoluble. En outre, lorsque la concentration de l'ammoniaque aqueuse chute en dessous d'une plage cible (c'est-à-dire, inférieure à 3%), le contrôleur peut

faire diverger une portion de la solution recyclée vers un réservoir de floculation des eaux usées et remplir la cuve de réaction d'un volume dosé de solution fraîche en provenance du réservoir de barbotage pour ramener la concentration dans la cuve de réaction dans la plage souhaitée.

5 [0038] La cuve de réaction de l'épurateur à tambour rotatif (18) mélange la solution d'ammoniac aqueuse à fond dans le charbon. Les particules de charbon sont soulevées de façon continue de la solution et sont déversés de nouveau par les rangs supports à l'intérieur du tambour. Ce mélange mécanique agressif fragmente les agrégats et les agglomérats de charbon et ramène la solution en étroit contact avec
10 les surfaces et les pores du charbon. Outre l'oxydation du soufre organique du charbon, les propriétés de l'ammoniac aqueuse en tant que solvant rincent et dissolvent les souillures et d'autres matériaux à faible combustion des pores. L'action de soulever exercée par les pales expose aussi le charbon à l'air dans le tambour pour dissiper la chaleur et fournir un apport en oxygène au procédé
15 d'oxydation. Lorsque la réaction discontinue est terminée, la solution souillée est évacuée du tambour et recyclée pour réemploi comme décrit ci-après.

[0039] La durée dans le tambour à cuve de réaction peut être établie en fonction d'estimations faites avant l'analyse chimique d'un échantillon de charbon. Le NH_4OH agit comme solvant pour le sulfate résiduel et comme tensioactif pour
20 libérer les particules de pyrite adhérant au charbon, de façon à séparer la pyrite dense du charbon léger par gravité et criblage. Il agit aussi comme agent oxydant pour le soufre organique. La concentration de 3-5 % du NH_4OH ne suffit pas pour provoquer une élévation brusque de la température par une oxydation exothermique, et la petite quantité de chaleur de la réaction est dissipée de façon à éliminer le
25 besoin de refroidissement auxiliaire ou de courte durée du charbon en solution dans la cuve de réaction. La durée dans la cuve est habituellement 3-5 minutes pour assurer une oxydation approfondie du soufre organique et une séparation du soufre pyritique. Une plage de concentration supérieure du NH_4OH pourrait raccourcir la durée du mélange dans le tambour, mais la concentration de 3-5 % est actuellement
30 préférée comme une bonne optimisation.

[0040] Lorsque cette période prend fin, la cuve est évacuée et le charbon est déchargé de la cuve comme une boue (via la conduite 36) vers une station de rinçage et de déshydratation, qui est un dispositif de décantation à tamis conventionnel ayant des buses qui assurent au besoin un rinçage propre d'eau désionisée pour laver la solution résiduelle d'ammonium aqueuse. Toutefois, le
35 rinçage d'eau propre peut être intentionnellement omis, faisant en sorte que le charbon passe de la station de déshydratation (via la conduite 40) sur un séchoir à courroie pour évaporer l'eau et laisser un enrobage d'ammoniac sur les surfaces du charbon. Comme décrit auparavant, l'ammoniac résiduel dans l'enrobage semble
40 augmenter le potentiel BTU du charbon et, en même temps, réduit les oxydes alcalins formés durant la combustion du charbon. L'enrobage d'ammoniac résiduel provenant du procédé de nettoyage peut également fournir une source d'ammoniac bénéfique dans les gaz de fumée pour assister les épurateurs d'air NO_2 . Parfois, l'ammoniac est ajouté aux gaz de fumée pour réduire la teneur en oxyde d'azote des

gaz par la conversion en azote et eau (le procédé DeNOx). Quand présent dans les échantillons gazeux, l'ammoniac réagira aisément avec d'autres composants comme le dioxyde de soufre dans l'échantillon pour former des sels d'ammonium. Ce sel a relativement un faible point de fusion, d'où il est présent comme gaz aux températures de la cheminée de gaz de fumée. L'ammoniac résiduel sur le charbon séché résultant de ce procédé peut aussi ajouter l'ammoniac aux gaz de fumée et assister les épurateurs de gaz de manière semblable.

[0041] La solution de réactif souillée évacuée de la cuve de réaction (18) passe (via la conduite d'évacuation 44) dans un réservoir de dépôt (46). La concentration de NH₄⁺ dans la solution du réservoir de dépôt peut être mesurée par un détecteur (48), qui envoie un signal d'indication de la concentration au contrôleur du procédé (34), qui est un contrôleur PLC ou un ordinateur universel actionnant un programme de contrôle du procédé.

[0042] La solution souillée dans le réservoir de dépôt (46) portera une charge récupérable de charbon fin. Une pompe (50) dirige le flux de solution souillée hors du réservoir de dépôt (via la conduite 52) vers un séparateur de fines particules comme un tamis d'épouseuse (54) pour récupérer les fines de charbon pouvant être utilisées. Les fines sont ensuite dirigées (via la conduite 56) du séparateur (54) au tamis de rinçage et de déshydratation du charbon (38) et mélangées avec la majeure partie du charbon à déshydrater.

[0043] La solution d'ammoniaque aqueuse en provenance du tamis d'épouseuse (via la conduite 58) est recueillie dans un réservoir de recyclage (60). Lorsque le lot suivant de charbon est prêt pour être alimenté dans la cuve de réaction, le contrôleur du procédé détermine si la solution présente dans le réservoir de recyclage suffit, et s'il n'y a pas de solution suffisante dans le réservoir de recyclage, le contrôleur active la pompe (32) pour délivrer la quantité de solution d'ammoniaque aqueuse fraîche du réservoir de barbotage (22) nécessaire à mélanger avec la solution recyclée dans la cuve de réaction. La solution du réservoir de recyclage (60) est recyclée (via la conduite 62) vers la cuve de réaction à utiliser dans le lot suivant de charbon.

[0044] Si le taux de NH₄⁺ dans la solution recyclée devient trop faible, comme c'est le cas après des cycles répétés, le contrôleur du procédé (34) peut ouvrir un robinet de décharge (64) pour diriger une partie ou toute la solution utilisée (via la conduite 66) du réservoir de recyclage (60) vers un réservoir d'épaississement des eaux usées (68).

[0045] Le liquide évacué du tamis de rinçage et de déshydratation (38), qui est recueilli (via la conduite 68) dans un autre réservoir de dépôt (70) est envoyé aussi au réservoir des eaux usées. Ce liquide sera très dilué (une basse concentration en NH₄⁺) si le charbon est rincé avec un lavage d'eau désionisée. Une pompe (72) déplace le liquide (via la conduite 74) vers un séparateur cyclone (76) pour retirer les particules de charbon. Le liquide est ensuite dirigé (via la conduite 78) au réservoir d'épaississement des eaux usées (68).

- 5 [0046] Le réservoir d'épaississement (68) reçoit une solution de floculation (via la conduite 80) pour agglomérer tout matériau particulaire dans les eaux usées. Un agent de floculation est mélangé (via la conduite 82) avec l'eau de traitement propre (via la conduite 84) dans un réservoir de mélange (86), duquel il peut être alimenté au besoin (via la conduite 80) au réservoir d'épaississement des eaux usées. Les petites particules se rassemblent en larges agglomérats qui se déposent au fond, d'où elles sont retirées comme une boue par une pompe (88) vers un réservoir à résidus. La boue contiendra une concentration de sulfate qui peut être traité comme engrais.
- 10 [0047] L'eau propre déchargée du réservoir d'épaississement passe par un épurateur d'ammoniaque liquide (90) pour précipiter l'ammoniaque demeurant en solution. L'eau peut être filtrée, désionisée et réutilisée comme eau de traitement. L'ammoniaque liquide peut être mélangée dans la boue sulfatée comme ingrédient d'engrais.
- 15 [0048] Un four électrique à tube à température élevée et un instrument de surveillance des émissions (non illustrés) peuvent être utilisés sur un échantillon de charbon traité pour détecter et enregistrer une analyse chimique du produit de combustion du charbon. A titre d'exemple, un four à tube à 1200°C brûlera un échantillon de charbon à une température juste en dessus de la plage élevée d'un brûleur à lit fluidisé utilisé pour générer une puissance électrique, mais inférieure au seuil auquel des oxydes d'azote se forment (approximativement à 1400°C). Un four à tube de ce type est disponible auprès de SentroTech of Berea, Ohio. Le gaz de combustion du charbon brûlé dans le four à tube peut être automatiquement analysé par un instrument de surveillance des émissions comme celui vendu par VARIOplus Industrial. L'instrument de surveillance peut détecter des quantités minimales de SO₂, NO_x CO₂ et d'autres polluants atmosphériques potentiels. L'instrument peut être connecté par un câble de transfert des données RS 232 vers un ordinateur pour enregistrer les données. Les données peuvent être utilisées pour la certification de l'amélioration du charbon pour les crédits d'impôt ou le contrôle de qualité, et peuvent avoir certains seuils qui sont programmés pour rejeter un lot de charbon dépassant un seuil d'émissions.
- 20
25
30

Schémas alternatifs d'installations.

- 35 [0049] Le mélange dans la cuve de réaction et la séparation par gravité des particules denses sont des fonctions effectuées par l'épurateur à tambour rotatif en série du fait que, dans la cuve de réaction, la solution d'ammoniaque aqueuse est mélangée à fond dans le charbon pour oxyder le soufre organique et empêcher le soufre pyritique d'adhérer au charbon, sans aussi clarifier la pyrite de la boue de charbon à l'intérieur du tambour. Dans ce schéma alternatif, la boue de charbon passe de la cuve de réaction dans un séparateur de gravité afin de retirer la pyrite et d'autres matériaux denses.
- 40

[0050] A titre de mélangeur à tambour rotatif alternatif, la cuve de réaction pourrait être aussi un mélangeur à vis ou à pales. Par exemple, un lavoir à double vis du type utilisé pour frotter la souillure de la pierre écrasée ou du sable peut être modifié

- pour devenir une cuve de réaction dans un procédé en continu. L'angle et la profondeur de lavage du bac de lavage peuvent être ajustés pour fournir une profondeur suffisante de la solution d'ammoniacque aqueuse, et le nombre et la configuration des pales peuvent être sélectionnés pour obtenir un mélange et un
- 5 temps de séjour adéquats. Le charbon en vrac sera porté par les vis, tandis que les fines de charbon et l'eau souillée s'écouleront sur le déversoir arrière. Deux lavoirs à vis ou plus peuvent être utilisés en série, la purge d'extrémité élevée d'un lavoir assurant une alimentation directe dans le bain du mélangeur suivant. La solution souillée évacuée des déversoirs arrière peut être acheminée à travers une conduite
- 10 d'évacuation dans un dépôt et clarifiée pour le charbon fin récupérable et la solution pouvant être réutilisée comme décrit dans le schéma à tambour rotatif. Le contrôleur du procédé peut régler la quantité de flux dans les lavoirs à vis, produit un flux arrière continu sur le déversoir et peut acheminer une solution fraîche à la provision de recyclage comme nécessaire pour maintenir la plage de concentration.
- 15 **[0051]** Dans tous les schémas potentiels, les ports des cuves de réaction, ainsi que certaines des machines en aval, peuvent être couverts par des hottes sous vide afin de capturer les vapeurs libérées au cours du procédé.

Schéma de l'installation mobile.

- [0052]** Les figures 2 et 3 illustrent un schéma d'installation mobile (100) dans lequel la cuve de réaction/mélange (120) et le séparateur des particules denses (130)
- 20 sont montés sur une remorque à roue (140). Des réservoirs d'ammoniac et d'eau, et des conduites de provision et d'évacuation peuvent être montés sur d'autres véhicules et connectés à la cuve de réaction et au séparateur.

- [0053]** Dans ce mode de réalisation, la cuve de réaction/mélange (120) est un mélangeur et un clarificateur modifiés vendus par DEL Tank and Filtration Systems
- 25 sous la marque de commerce TOTAL CLEAN. Elle a un réservoir de mélange en forme de V (122) avec une vis sans arbre (124) au fond pour déplacer les solides déposés. Ce procédé est un procédé continu où le réservoir demeure rempli d'une solution d'ammoniacque au fur et à mesure que le charbon y est traité.

- [0054]** Le charbon est introduit dans un réservoir en V par l'intermédiaire d'une vis sans fin d'alimentation (150), comme illustré dans la figure 3. Le réservoir à trémie
- 30 (152) de la vis sans vis peut être utilisé comme une station de pré-lavage. Comme dans les autres schémas, en cas d'un pré-lavage, l'eau de pré-lavage est préférablement déminéralisée avec un adoucisseur d'eau commercial. Une quantité additionnelle de soude caustique peut être ajoutée à l'eau déminéralisée pour
- 35 dissoudre l'enrobage sulfaté et un autre matériau soluble de la surface du charbon.

- [0055]** La vis sans fin d'alimentation (150) dépose le charbon dans le réservoir en V rempli d'ammoniac. Les pales de mélange (156) entraînées par des moteurs de mélange (158) sont alignées le long du réservoir. Les pales brassent, soulèvent et
- 40 déversent le charbon dans la solution. Vu que les lourdes particules se déposent au fond, elles sont déplacées par la vis vers l'extrémité opposée du réservoir, où existent une pompe et un orifice vers une conduite (160) menant à un séparateur (130). Le charbon est saisi sous forme de boue qui est pompé au séparateur.

[0056] Comme dans les autres modes de réalisation, le taux de dilution de la solution dans le réservoir en V est maintenu dans une plage de 3% à 5% d'ammoniac à l'eau. L'ammoniaque aqueuse des connexions externes comme d'un réservoir de barbotage est acheminée au réservoir en V pour remplacer la solution 5 déchargée avec la boue et pas entièrement remplacée par le flux de retour de l'ammoniaque aqueuse recyclée et partiellement appauvrie du séparateur. Comme dans le premier mode de réalisation, des détecteurs, une pompe de dosage et des soupapes contrôlées par le contrôleur du procédé sont utilisés pour contrôler l'évacuation de la solution à faible concentration ainsi que l'ajout de l'ammoniac 10 frais afin de maintenir la plage de concentration. Lorsque la concentration de NH_4 chute en dessous d'une plage cible (c'est-à-dire en dessous de 3%) ou que le volume de la solution décroît, le contrôleur fournit un volume dosé d'une solution fraîche pour ramener la solution totale dans la plage souhaitée.

[0057] Dans ce mode de réalisation, le séparateur (130) est une centrifugeuse à 15 tamis comme celle vendue par Decanter Machine Inc. Les premières étapes de la centrifugeuse extraient la majeure partie de la solution d'ammoniaque comme effluent. Cet effluent est acheminé vers le réservoir en V, de préférence par l'intermédiaire d'un dépôt où la concentration du NH_4^+ dans la solution peut être mesurée et signalée au contrôleur du procédé, qui contrôle le flux de l'effluent de 20 retour et de la solution fraîche dans le réservoir en V.

[0058] Les dernières étapes du séparateur à tamis sont pourvues de buses de rinçage et d'un séparateur à tamis. Un lavage d'eau douce est appliqué et évacué à cette 25 étape. Le charbon émergeant de la centrifugeuse est humide, mais essentiellement des solides tassés. Une presse ou un autre séchoir peut au besoin être utilisé pour extraire l'humidité.

30

35

40

Nous revendiquons :

1. Un procédé de traitement du charbon visant à éliminer les contaminants, qui comprend les étapes suivantes :
 - 5 fournir une solution d'ammoniaque aqueuse dans une plage de concentration sélectionnée de l'ammoniac dans une cuve de réaction ;
 - ajouter le charbon à la cuve de réaction ;
 - agiter le charbon à l'intérieur de la cuve de réaction pour mélanger le charbon et la solution pour amener la solution en contact avec les surfaces et les pores du charbon ;
 - 10 évacuer le charbon traité de la cuve ;
 - surveiller le procédé pour détecter le moment où la concentration de l'ammoniaque aqueuse dans la cuve de réaction chute en dessous de la plage sélectionnée ;
 - et introduire la solution d'ammoniaque aqueuse avec une concentration
 - 15 d'ammoniac comprise dans ou supérieure à la plage sélectionnée dans la cuve de réaction pour ramener la solution dans la plage sélectionnée.
2. Un procédé comme dans la revendication 1, où la plage sélectionnée est comprise entre 3% et 5% d'ammoniac.
3. Un procédé comme dans la revendication 1, comprenant les étapes qui consistent
- 20 à :
 - évacuer une solution souillée contenant des fines de charbon de la cuve de réaction ;
 - récupérer les fines de charbon de la solution souillée, et
 - recycler la solution vers la cuve de réaction ;
 - 25 où l'étape de surveillance visant à détecter le moment où la concentration de l'ammoniac chute en dessous de la plage sélectionnée est exécutée en surveillant la concentration d'ammoniac dans la solution évacuée avant ou après la récupération des fines de charbon.
4. Un procédé comme dans la revendication 3, où les fines de charbon récupérées
- 30 sont mélangées dans le charbon traité.
5. Un procédé comme dans la revendication 4, comprenant les étapes qui consistent à :
 - rincer le charbon traité et les fines récupérées avec de l'eau désionisée ; et
 - déshydrater le charbon rincé.
- 35 6. Un procédé comme dans la revendication 5 comprenant aussi les étapes qui consistent à recueillir l'effluent de l'étape de déshydratation et à traiter l'effluent pour traiter le charbon fin de l'effluent.
7. Un procédé comme dans la revendication 1, comprenant aussi l'étape de
- 40 séparation du soufre pyritique et d'autres particules de charbon plus denses du charbon moyennant un appareil de tamis-séparateur à gravité ou centrifuge à l'intérieur de la cuve de réaction.

8. Un procédé comme dans la revendication 1, où l'étape d'élimination du charbon traité de la cuve de réaction comprend les étapes qui consistent à enlever le charbon en forme d'une boue de charbon dans une solution d'ammoniaque aqueuse, à diriger la boue vers le tamis-séparateur centrifuge ou à gravité hors de la cuve de réaction
- 5 pour séparer le soufre pyritique et d'autres particules de charbon plus denses de la boue et à évacuer la boue pour séparer le charbon de la solution.
9. Un procédé comme dans la revendication 8, comprenant aussi l'étape de recyclage de la solution de boue évacuée vers la cuve de réaction, et où l'étape de surveillance pour détecter le moment où la concentration de l'ammoniac chute en
- 10 dessous de la plage sélectionnée est effectuée en surveillant la concentration d'ammoniac dans la solution de boue évacuée.
10. Une installation de traitement du charbon destinée au traitement du charbon dans le but d'en éliminer les contaminants, comportant
- 15 un réservoir pour retenir une solution d'ammoniaque aqueuse dans une plage de concentration sélectionnée ;
- une cuve de réaction adaptée pour recevoir une solution du réservoir et du charbon à traiter, la cuve ayant des éléments d'agitation mécanique pour mélanger le charbon et la solution dans le but de ramener la solution au contact des surfaces et des pores du charbon, et ayant un port de décharge pour le charbon traité ;
- 20 un système de surveillance pour détecter le moment où la concentration de l'ammoniaque aqueuse dans la cuve de réaction chute en dessous de la plage sélectionnée ; et
- un contrôleur servant à alimenter la solution d'ammoniaque aqueuse du réservoir vers la cuve de réaction pour ramener la solution dans la plage
- 25 sélectionnée.
11. Une installation comme dans la revendication 10, où la plage sélectionnée est 3% à 5% d'ammoniac.
12. Une installation comme dans la revendication 10, comportant aussi :
- 30 une cuve de réaction ayant un second port de décharge pour évacuer la solution souillée contenant des fines de charbon de la cuve de réaction ; et
- un dispositif séparateur servant à récupérer les fines de charbon de la solution souillée, et à décharger la solution après la récupération du charbon dans un système de retour pour recycler la solution dans la cuve de réaction.
13. Une installation comme dans la revendication 10, se caractérisant par le fait que
- 35 la cuve de réaction et le dispositif séparateur sont montés sur une plateforme mobile.

Nombre de lignes : 670

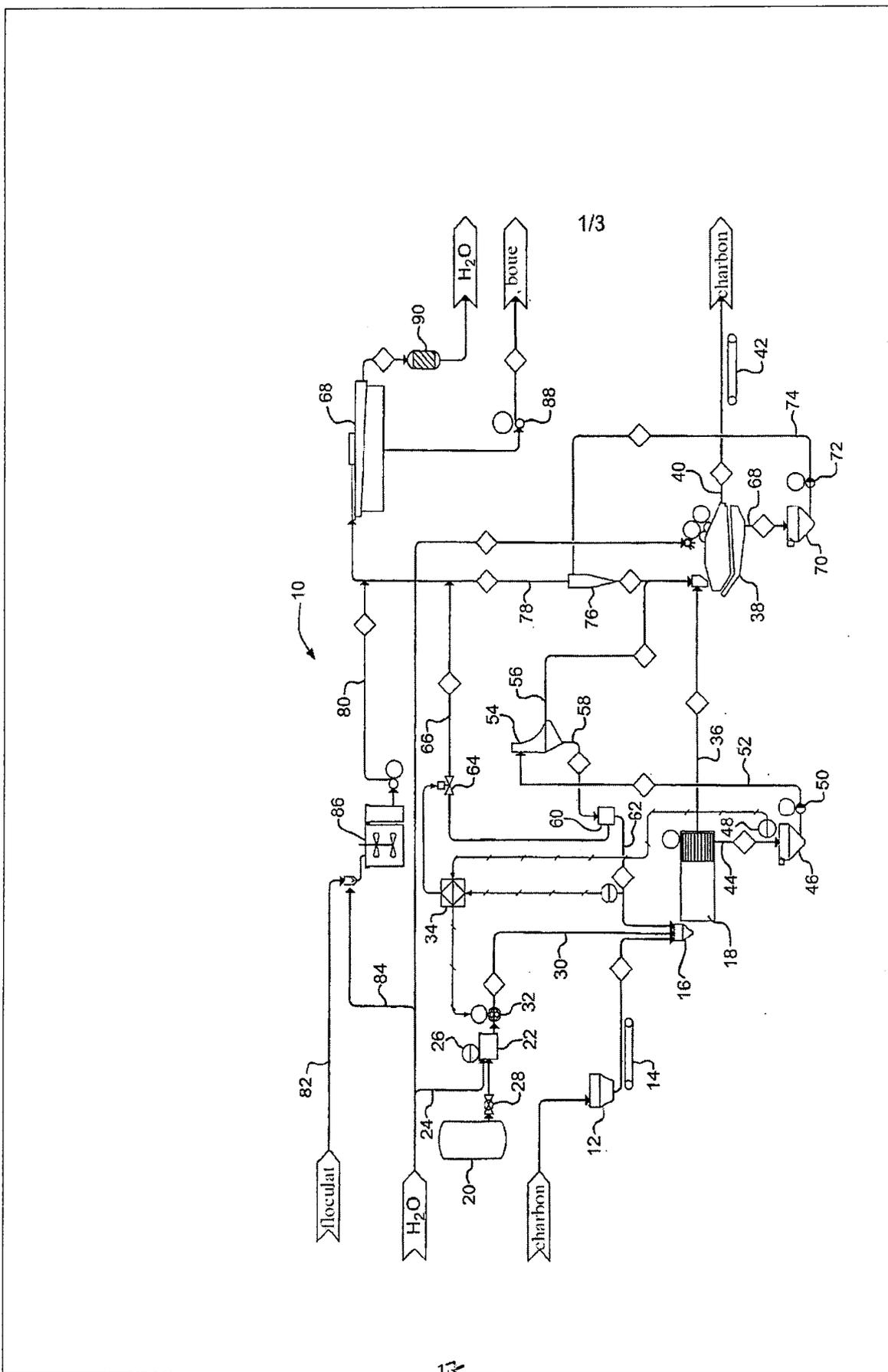


FIG. 1

11

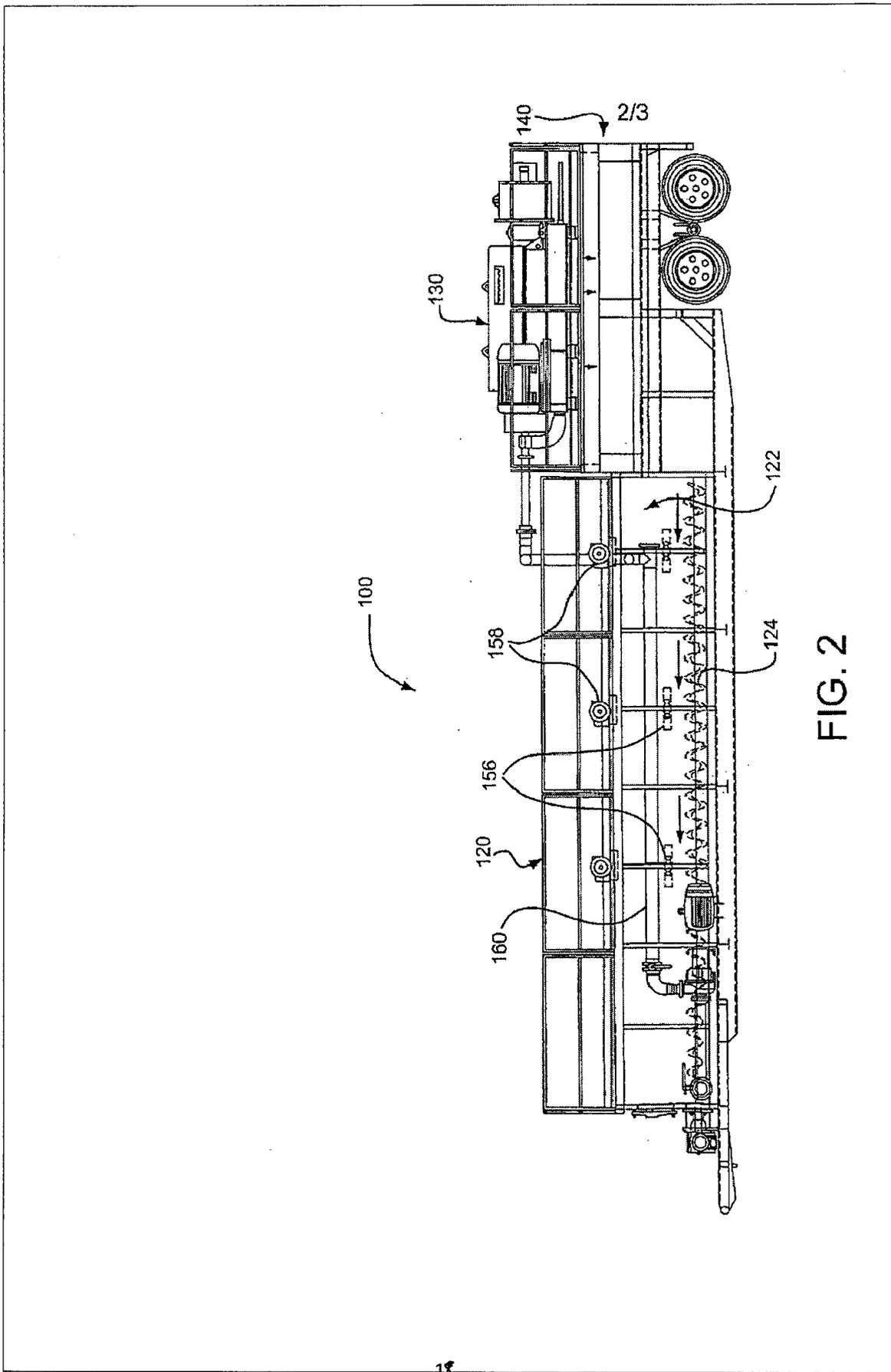


FIG. 2

A

