

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 746 384 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

08.07.1998 Bulletin 1998/28

(21) Numéro de dépôt: **95910578.4**

(22) Date de dépôt: **21.02.1995**

(51) Int. Cl.⁶: **A62D 3/00**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR95/00200

(87) Numéro de publication internationale:
WO 95/22373 (24.08.1995 Gazette 1995/36)

(54) **EXTRACTION DE METAUX LOURDS CONTENUS DANS LES CENDRES VOLANTES ET LES
RESIDUS D'EPURATION DES FUMEEES ISSUES D'UN FOUR D'INCINERATION**

EXTRAKTION VON SCHWERMETALLEN, DIE IN DER FLUGASCHE UND DEN
REINIGUNGSRÜCKSTANDEN VON ABGASEN EINES VERBRENNUNGSOFENS ENTHALTEN
SIND.

REMOVAL OF HEAVY METALS FROM FLY ASH AND FUME PURIFICATION RESIDUES
RESULTING FROM WASTE INCINERATION

(84) Etats contractants désignés:
BE CH DE ES GB IT LI NL SE

(30) Priorité: **22.02.1994 FR 9401987**

(43) Date de publication de la demande:
11.12.1996 Bulletin 1996/50

(73) Titulaire:
**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **CARRE, Dominique
F-13540 Puyricard (FR)**

• **TEMPLIER, Jean-Claude
F-04100 Manosque (FR)**

(74) Mandataire: **Des Termes, Monique
Société Brevatome
25, rue de Ponthieu
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A-93/12842 DE-A- 4 035 042
FR-A- 2 694 710**

• **DATABASE WPI Week 9022 Derwent
Publications Ltd., London, GB; AN 90-169001 &
JP-A-02 111 607 (MITSUBISHI HEAVY
INDUSTRIE)**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 746 384 B1

Description

La présente invention concerne un procédé d'extraction de métaux lourds contenus dans les cendres volantes et les résidus d'épuration des fumées issues d'un four d'incinération. Elle concerne également une installation pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Les déchets solides issus des systèmes d'épuration des fumées de l'incinération des déchets urbains (ou REFIOM) étaient jusqu'à présent stockés en décharge de classe 1 sans traitement préalable. La mise en application de nouvelles normes d'admission, pour ce type de déchets, dans ces lieux de stockages, implique actuellement d'effectuer un traitement de ces déchets dans l'objectif de réaliser leur dépollution ou leur stabilisation, notamment pour satisfaire aux normes de lixiviation des métaux lourds et éléments toxiques : As, Cd, Cr (sous la forme de l'ion Cr^{6+}), Hg, Ni, Pb, Zn.

Les principales voies de traitement envisagées pour résoudre ce problème visent au conditionnement global des déchets.

Un procédé connu comprend l'utilisation de liants hydrauliques pour enrober le REFIOM. Le principal défaut de cette technique est d'utiliser, dans la plupart des cas, des quantités de liants au moins égales aux quantités de déchets et donc de générer un résidu ultime de masse nettement supérieure à la masse du déchet initial. Ce procédé est décrit dans le document WO 87/04017.

Un autre procédé connu consiste à conditionner le déchet dans un liant hydrocarboné ou une résine. Le défaut principal de la technique est identique à celui rencontré lors de l'utilisation de liants hydrauliques, avec un coût de traitement supérieur.

Un autre procédé connu utilise la fusion du déchet et/ou sa vitrification. Le déchet est porté à température de fusion, avec utilisation d'additifs visant d'une part à l'abaissement de la température de fusion et d'autre part à l'amélioration de la stabilité du déchet final (verre ou céramique). On peut effectuer la même remarque que précédemment en ce qui concerne l'augmentation en masse du déchet ultime, une réduction volumique étant, elle, possible par rapport au déchet pulvérulent brut.

Un autre procédé connu consiste à mélanger le déchet avec du mâchefer et à effectuer la fusion de l'ensemble. Cette voie consiste à effectuer le mélange de la totalité du REFIOM avec une fraction, voire la quasi totalité des mâchefers sortant du four d'incinération. Puis, on effectue la fusion de l'ensemble dans le but d'obtenir un déchet global plus stable. Le problème est ici juste déplacé du REFIOM aux mâchefers. Si la réglementation concernant ces derniers permet actuellement leur réutilisation comme charges de remblayage, elle peut évoluer si l'on choisit ce type de traitement, et conduire à l'obligation de mise en décharge classée, des déchets résultants de l'opéra-

tion.

On peut signaler aussi d'autres traitements faisant appel à des combinaisons de ces techniques. Par exemple, un procédé propose la fusion du REFIOM. Lors du traitement, la fraction émise (c'est-à-dire évaporée) est récupérée séparément et contient une partie des éléments toxiques. Cependant, une fraction encore notable de ces éléments est maintenue dans la fraction principale vitrifiée.

On notera que ces solutions techniques ont le défaut commun de conditionner l'ensemble du déchet alors que la fraction polluante ne représente que quelques pourcents du REFIOM, cela en préparant un déchet ultime plus ou moins stabilisé (pérenité des matrices) de masse toujours supérieure au déchet initial.

La présente invention apporte une solution beaucoup plus satisfaisante au traitement des déchets que les procédés de l'art connu pour la mise en application des nouvelles normes d'admission.

Le procédé proposé s'applique à des déchets solides contenant du chlore sous forme de chlorures alcalins (notamment du chlorure et de l'hydroxychlorure de calcium) et des polluants métalliques (les métaux lourds et éléments toxiques cités plus haut) en concentrations modérées (quelques pourcents). Le procédé s'applique notamment à l'ensemble des REFIOM. Le REFIOM peut être traité directement lorsque celui-ci est issu de la récupération simultanée des cendres volantes et des produits résultant des réactions de neutralisation des gaz acides contenus dans les fumées de l'incinération (CaCl_2 , CaOHCl , etc) menées par voie sèche, semi sèche ou semi humide. Lorsque les déchets sont récupérés séparément (cas où la réaction de neutralisation des gaz acides est menée par voie humide), on effectue au préalable le mélange des deux déchets avant d'appliquer le procédé de l'invention.

L'invention a pour objet un procédé d'extraction de polluants constitués de métaux lourds et d'éléments toxiques contenus dans des déchets constitués par les cendres volantes et les résidus d'épuration des fumées issues d'un four d'incinération, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- chloration des déchets,
- traitement thermique à une température comprise entre 800°C et 1200°C des déchets ayant subi l'opération de chloration, permettant l'extraction d'une fraction volatile contenant des composés de certains desdits polluants parmi d'autres constituants et fournissant une fraction principale,
- condensation de ladite fraction volatile,
- séparation des composés desdits polluants contenus dans la fraction volatile condensée des autres constituants de cette fraction,
- broyage fin de la fraction principale issue de l'étape de traitement thermique,
- sulfatation de la fraction principale finement broyée,

- tri magnétique du produit issu de l'étape de sulfatation pour en extraire les constituants à haute susceptibilité magnétique qui n'ont pas été vaporisés lors du traitement thermique,
- regroupement des constituants à haute susceptibilité magnétique extraits lors de l'étape de tri magnétique et des composés de polluants obtenus à l'issue de l'étape de séparation, pour constituer un déchet ultime.

L'invention a également pour objet une installation pour la mise en oeuvre du procédé décrit ci-dessus, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- un réacteur de chloration à mode de contact du type gaz/solide pour réaliser l'étape de chloration,
- un four à alimentation continue pour réaliser l'étape de traitement thermique,
- un condenseur pour réaliser l'étape de condensation,
- un dispositif de séparation pour réaliser l'étape de séparation,
- au moins un broyeur pour réaliser l'étape de broyage fin,
- un ou plusieurs réacteurs de sulfatation à contact gaz/solide pour réaliser l'étape de sulfatation,
- un dispositif de tri magnétique pour réaliser l'étape de tri magnétique.

Entre le réacteur de chloration et le four, les déchets peuvent transiter par un séparateur solide/gaz et un module de désorption pour y être dégazés.

Ce séparateur solide/gaz peut être un multicyclone et le module de désorption peut être un réacteur à lit transporté.

Le dispositif de tri magnétique peut comprendre une cascade de séparateurs à aimants permanents.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée de la figure annexée qui est un organigramme descriptif du procédé selon l'invention.

Les déchets pulvérulents (REFIOM) sont traités dans une première étape dans un réacteur de chloration pour y subir une opération de sur-chloration puisque ces déchets ont déjà des teneurs en chlore importantes. L'opération est effectuée dans un réacteur où le mode de contact est gaz/solide. Ce contact est par exemple procuré par un réacteur à lit transporté. La chloration a pour objectif principal d'augmenter les teneurs en chlorures métalliques. On effectue cette opération à une température comprise entre 100°C et 300°C, à la pression atmosphérique.

La chloration est réalisée à partir de chlorure d'hydrogène concentré. Sa proportion dans le gaz utilisé pour réaliser l'opération de chloration est comprise entre 60% et 90%. Comme on le verra plus loin, le chlorure d'hydrogène peut être produit au cours d'une étape

postérieure du procédé. Le chlore utilisé peut donc provenir uniquement des déchets traités.

Il résulte de l'opération de chloration la neutralisation de l'excès de chaux utilisée lors du pilotage de l'installation d'incinération.

Le chlorure d'hydrogène non réagi à la sortie du réacteur de chloration peut avantageusement être dirigé vers une unité de séparation solide/gaz visant à récupérer le chlorure d'hydrogène. Cette unité de séparation peut comprendre un séparateur solide/gaz proprement dit (par exemple à multicyclone) fournissant d'une part du gaz contenant du chlorure d'hydrogène et d'autre part un résidu solide sur-chloré. Le gaz sortant du séparateur solide/gaz est envoyé à une unité de traitement des gaz permettant la préparation d'acide chlorhydrique concentré de qualité technique.

Le résidu solide sur-chloré passe alors dans un module de désorption pour poursuivre l'opération de dégazage. Ce module de désorption est par exemple constitué par un second réacteur à lit transporté fonctionnant avec un gaz neutre. Le gaz récupéré lors de l'opération de désorption est également envoyé à l'unité de traitement des gaz.

Les résidus sur-chlorés et dégazés sont ensuite traités thermiquement dans un four à alimentation continue de type lit mobile, par exemple un four à vis, à une température comprise entre 800°C et 1200°C, sous balayage inerte. On peut utiliser l'azote comme gaz inerte. Le four est utilisé soit sous légère dépression (de 10 à 500 mm de colonne d'eau), soit sous vide partiel (de 0,2 à 0,6 bar absolu).

Lors de ce traitement, une fraction plus volatile est émise, qui peut représenter entre 10% à 25% en poids du produit obtenu après le traitement thermique. Cette fraction contient les chlorures métalliques d'une majorité des éléments indésirables cités plus haut (Zn, Cd, Pb, Ni) ainsi que des formes contenant As et Hg, ainsi encore qu'une partie notable d'un mélange de chlorures alcalins (notamment KCl et NaCl) et enfin une fraction d'incondensables issus de décompositions partielles.

La fraction volatile est condensée dans un condenseur de type cyclone avec injection de gaz inerte froid (par exemple de l'azote) à l'entrée des vapeurs. Après condensation, la fraction est traitée en vue de séparer les formes contenant les métaux des autres constituants. Cette étape de séparation s'effectue par exemple après mise en solution concentrée de cette fraction. La séparation peut être obtenue de plusieurs manières. On peut opérer par précipitations sélectives ou par traitement électrochimique ou encore pratiquer une séparation sur membrane.

La fraction principale (75% à 90% en poids) issue du traitement thermique passe dans un broyeur où elle est réduite en poudre dont les grains ont entre 10 et 100 µm de diamètre.

Cette poudre est alors traitée dans un réacteur de sulfatation. La sulfatation a pour but d'une part d'émettre l'agent chlorant (le chlorure d'hydrogène) nécessaire

à l'étape de sur-chloration et, d'autre part, de stabiliser le résidu final. Cette étape est effectuée à l'aide d'un mélange H_2O+SO_3 obtenu par dissociation d'acide sulfurique. On la réalise dans un réacteur ou une série de réacteurs de sulfatation à contact gaz/solide. On peut par exemple utiliser des réacteurs à lit transporté fonctionnant dans une gamme de température allant de 400°C à 600°C. A titre d'exemple, on peut employer deux réacteurs : un réacteur côté alimentation en solide fonctionnant en épuisement du gaz actif (purification du chlorure d'hydrogène) et un réacteur en aval fonctionnant en concentration, côté alimentation en gaz actif.

Le produit solide issu de la sulfatation subit alors un tri magnétique pour en extraire la partie à haute susceptibilité magnétique, c'est-à-dire celle contenant le fer encore présent et surtout le chrome assujéti à une réglementation et qui n'est pas extrait lors du traitement thermique.

Cette partie à haute susceptibilité magnétique incluant le chrome est ensuite regroupée avec les résidus issus de la fraction volatile et contenant les autres déchets toxiques. On obtient ainsi le déchet ultime contenant donc la totalité des polluants. Ce qui reste du produit solide issu de l'étape de sulfatation, exempt de polluant, ne peut plus être considérée comme un déchet.

Le procédé selon l'invention a comme principal intérêt de concentrer la fraction polluante (comprenant les métaux lourds) ce qui permet de limiter le déchet ultime et d'envisager un recyclage et une valorisation de ce déchet ultime.

Revendications

1. Procédé d'extraction de polluants constitués de métaux lourds et d'éléments toxiques contenus dans des déchets constitués par les cendres volantes et les résidus d'épuration des fumées issues d'un four d'incinération, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- chloration des déchets,
- traitement thermique à une température comprise entre 800°C et 1200°C des déchets ayant subi l'opération de chloration, permettant l'extraction d'une fraction volatile contenant des composés de certains desdits polluants parmi d'autres constituants et fournissant une fraction principale,
- condensation de ladite fraction volatile,
- séparation des composés desdits polluants contenus dans la fraction volatile condensée des autres constituants de cette fraction,
- broyage fin de la fraction principale issue de l'étape de traitement thermique,
- sulfatation de la fraction principale finement broyée,
- tri magnétique du produit issu de l'étape de sul-

fation pour en extraire les constituants à haute susceptibilité magnétique qui n'ont pas été vaporisés lors du traitement thermique,

- regroupement des constituants à haute susceptibilité magnétique extraits lors de l'étape de tri magnétique et des composés de polluants obtenus à l'issue de l'étape de séparation, pour constituer un déchet ultime.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, l'étape de sulfatation délivrant du chlorure d'hydrogène, on utilise ce chlorure d'hydrogène pour réaliser la chloration des déchets.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, à l'issue de l'étape de chloration, les déchets sont dégazés lors d'une étape de dégazage, les gaz obtenus étant ensuite traités pour récupérer le chlorure d'hydrogène en excès.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le chlorure d'hydrogène récupéré lors de l'étape de dégazage est recyclé sous forme d'acide chlorhydrique.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'étape de séparation consiste en des précipitations sélectives.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'étape de séparation consiste en un traitement électrochimique.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'étape de séparation est réalisée sur une membrane.

8. Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- un réacteur de chloration à mode de contact du type gaz/solide pour réaliser l'étape de chloration,
- un four à alimentation continue pour réaliser l'étape de traitement thermique,
- un condenseur pour réaliser l'étape de condensation,
- un dispositif de séparation pour réaliser l'étape de séparation,
- au moins un broyeur pour réaliser l'étape de broyage fin,
- un ou plusieurs réacteurs de sulfatation à contact gaz/solide pour réaliser l'étape de sulfatation,
- un dispositif de tri magnétique pour réaliser l'étape de tri magnétique.

9. Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que le réacteur de chloration est du type à lit transporté permettant d'effectuer l'opération de chloration à une température comprise entre 100°C et 300°C à la pression atmosphérique. 5
10. Installation selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérise en ce que, entre le réacteur de chloration et le four, les déchets transitent par un séparateur solide/gaz et un module de désorption pour y être dégazés. 10
11. Installation selon la revendication 10, caractérisée en ce que le séparateur solide/gaz est un multicyclone. 15
12. Installation selon la revendication 10, caractérisée en ce que le module de désorption est un réacteur à lit transporté. 20
13. Installation selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisée en ce que le four est un four à vis permettant un traitement thermique sous gaz inerte. 25
14. Installation selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisée en ce que le condenseur est du type cyclone avec injection de gaz inerte froid à l'entrée des vapeurs. 30
15. Installation selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisée en ce que le ou les réacteurs de sulfatation sont du type à lit transporté et fonctionnent dans une gamme de température comprise entre 400°C et 600°C. 35
16. Installation selon l'une quelconque des revendications 8 à 15, caractérisée en ce que le dispositif de tri magnétique comprend une cascade de séparateurs à aimants permanents. 40

Claims

1. Process for extracting pollutants consisting of heavy metals and toxic elements contained in waste consisting of the fly ash and fume purification residues coming from an incineration furnace, characterized in that it comprises the following steps: 45
- chlorination of the waste, 50
 - heat treatment, at a temperature of between 800°C and 1200°C, of the waste which has undergone the chlorination operation, making it possible to extract a volatile fraction containing compounds of some of the said pollutants from among other constituents and to provide a main fraction, 55
 - condensation of the said volatile fraction,
- separation of the compounds of the said pollutants contained in the condensed volatile fraction from the other constituents of this fraction,
 - fine grinding of the main fraction coming from the heat-treatment step,
 - sulphation of the finely-ground main fraction,
 - magnetic sorting of the product coming from the sulphation step in order to extract therefrom the high-magnetic-susceptibility constituents which have not been vaporized during the heat treatment,
 - combining of the high-magnetic-susceptibility constituents extracted during the magnetic-sorting step with the compounds of pollutants obtained at the end of the separation step, in order to constitute a final waste.
2. Process according to Claim 1, characterized in that since the sulphation step delivers hydrogen chloride, this hydrogen chloride is used to chlorinate the waste.
3. Process according to either of Claims 1 and 2, characterized in that the waste at the end of the chlorination step is degassed in a degassing step, the gasses obtained being subsequently treated in order to recover the excess hydrogen chloride.
4. Process according to Claim 3, characterized in that the hydrogen chloride recovered in the degassing step is recycled in the form of hydrochloric acid.
5. Process according to any one of Claims 1 to 4, characterized in that the separation step consists of selective precipitations.
6. Process according to any one of Claims 1 to 4, characterized in that the separation step consists of an electrochemical treatment.
7. Process according to any one of Claims 1 to 4, characterized in that the separation step is carried out on a membrane.
8. Plant for the implementation of the process according to Claim 1, characterized in that it comprises:
- a chlorination reactor operating in a gas/solid-type contact mode for carrying out the chlorination step,
 - a continuous-feed furnace for carrying out the heat-treatment step,
 - a condenser for carrying out the condensation step,
 - a separation device for carrying out the separation step,
 - at least one grinder for carrying out the fine-grinding step,

- one or more sulphation reactors operating with gas/solid contact for carrying out the sulphation step,
 - a magnetic-sorting device for carrying out the magnetic-sorting step. 5
9. Plant according to Claim 8, characterized in that the chlorination reactor is of the transported-bed type, making it possible to carry out the chlorination operation, at a temperature of between 100°C and 300°C, at atmospheric pressure. 10
10. Plant according to either of Claims 8 and 9, characterized in that, between the chlorination reactor and the furnace, the waste passes via a solid/gas separator and a desorption module in order to be degassed therein. 15
11. Plant according to Claim 10, characterized in that the solid/gas separator is a multicyclone. 20
12. Plant according to Claim 10, characterized in that the desorption module is a transported-bed reactor.
13. Plant according to any one of Claims 8 to 12, characterized in that the furnace is a screw-type furnace allowing heat treatment under an inert gas. 25
14. Plant according to any one of Claims 8 to 13, characterized in that the condenser is of the cyclone type with cold inert gas being injected at the vapour inlet. 30
15. Plant according to any one of Claims 8 to 14, characterized in that the sulphation reactor or reactors are of the transported-bed type and operate within a temperature range of between 400° and 600°C. 35
16. Plant according to any one of Claims 8 to 15, characterized in that the magnetic-sorting device comprises a cascade of permanent-magnet separators. 40

Patentansprüche

1. Verfahren zur Extraktion von Schadstoffen, die aus Schwermetallen und toxischen Elementen bestehen und in Abfällen, die aus den Flugaschen und Reinigungsrückständen der aus einem Verbrennungssofen stammenden Abgase bestehen, enthalten sind, dadurch gekennzeichnet, daß es die folgenden Schritte umfaßt:
- Chlorierung der Abfälle,
 - Wärmebehandlung der Abfälle, welche die Chlorierungsbehandlung erfahren haben, bei einer Temperatur zwischen 800°C und 1200°C, was die Extraktion einer flüchtigen Fraktion, welche neben anderen Bestandteilen Verbindungen bestimmter der genannten Schadstoffe enthält, erlaubt und eine Hauptfraktion liefert,
- 45
- 50
- 55

- Kondensation der genannten flüchtigen Fraktion,
- Abtrennung der Verbindungen der genannten Schadstoffe, die in der kondensierten flüchtigen Fraktion enthalten sind, von den anderen Bestandteilen dieser Fraktion,
- feine Zerkleinerung der aus dem Schritt der Wärmebehandlung hervorgegangenen Hauptfraktion,
- Sulfatierung der fein zerkleinerten Hauptfraktion,
- magnetische Scheidung des aus dem Schritt der Sulfatierung hervorgegangenen Produkts, um daraus die Bestandteile mit hoher magnetischer Suszeptibilität zu extrahieren, die bei der Wärmebehandlung nicht verflüchtigt wurden,
- Zusammenfügen der im Schritt der magnetischen Scheidung extrahierten Bestandteile mit hoher magnetischer Suszeptibilität und der am Ende des Schritts der Abtrennung erhaltenen Verbindungen der Schadstoffe, um einen letzten Abfall zu bilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man, da der Schritt der Sulfatierung Chlorwasserstoff liefert, diesen Chlorwasserstoff verwendet, um die Chlorierung der Abfälle auszuführen.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende des Schritts der Chlorierung die Abfälle in einem Schritt der Entgasung entgast werden, wobei die erhaltenen Gase anschließend behandelt werden, um den überschüssigen Chlorwasserstoff zurückzugewinnen.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der in dem Schritt der Entgasung zurückgewonnene Chlorwasserstoff in Form von Salzsäure wiederverwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt der Abtrennung in selektiven Fällungen besteht.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt der Abtrennung in einer elektrochemischen Behandlung besteht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt der Abtrennung auf einer Membran ausgeführt wird.
8. Anlage zur Ausführung des Verfahrens nach

Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie umfaßt:

- einen Reaktor zur Chlorierung durch Kontakt vom Gas-Feststoff-Typ, um den Schritt der Chlorierung auszuführen, 5
- einen Ofen mit kontinuierlicher Beschickung, um den Schritt der Wärmebehandlung auszuführen,
- einen Kondensator, um den Schritt der Kondensation auszuführen, 10
- eine Trennvorrichtung, um den Schritt der Abtrennung auszuführen,
- mindestens einen Zerkleinerer, um den Schritt der feinen Zerkleinerung auszuführen, 15
- einen oder mehrere Sulfatierungsreaktoren mit Gas-Feststoff-Kontakt, um den Schritt der Sulfatierung auszuführen,
- eine Vorrichtung zur magnetischen Scheidung, um den Schritt der magnetischen Scheidung auszuführen. 20

9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Chlorierungsreaktor vom Typ mit bewegtem Bett ist, der es erlaubt, die Chlorierungsoperation bei einer Temperatur zwischen 100°C und 300°C bei Atmosphärendruck auszuführen. 25
10. Anlage nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Chlorierungsreaktor und dem Ofen die Abfälle einen Gas-Feststoff-Separator und eine Desorptionseinheit durchlaufen, um darin entgast zu werden. 30
11. Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Gas-Feststoff-Separator ein Multizyklon ist. 35
12. Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Desorptionseinheit ein Reaktor mit bewegtem Bett ist. 40
13. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Ofen ein Ofen mit Schnecke ist, der eine Wärmebehandlung unter Inertgas erlaubt. 45
14. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator vom Zyklontyp ist mit Einleitung von kaltem Inertgas am Eingang der Dämpfe. 50
15. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Sulfatierungsreaktoren vom Typ mit bewegtem Bett sind und in einem Temperaturbereich zwischen 400°C und 600°C arbeiten. 55
16. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur magnetischen Scheidung eine Kaskade von Separatoren mit Permanentmagneten umfaßt.

