

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(22) Date de dépôt : 5 octobre 1982.

(30) Priorité

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 14 du 6 avril 1984.

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

(71) Demandeur(s) : GOSUDARSTVENNY NAUCHNO-IS-
DOVATELSKY I PROEKTNY INSTITUT PO OBOGASC
NIJU RUD TSVETNYKH METALLOV « KAZMEK
NOBR ». — SU.

(72) Inventeur(s) : Vitaly Andreevich Feofanov, Boris Vi-
vich Pilat, Larisa Petrovna Zhdanovich, Anatoly Geor-
vich Romanenko, Boris Sergeevich Lukhanin, Oleg V
movich Donets et Valery Petrovich Korobochkin.

(73) Titulaire(s) :

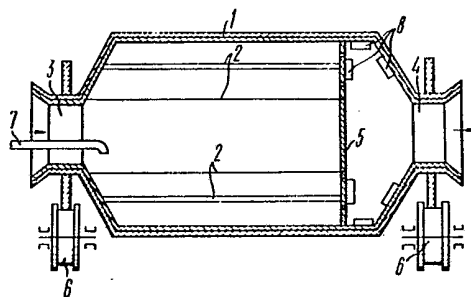
(74) Mandataire(s) : Z. Weinstein.

(54) Procédé d'épuration d'eaux usées et de solutions et appareil pour la mise en œuvre dudit procédé.

(57) L'invention concerne la protection de l'environnement.

L'appareil faisant l'objet de l'invention est du type comprenant un récipient recevant la solution à traiter et dans lequel sont placées une anode métallique soluble et une cathode en matériau insoluble, et est caractérisé en ce qu'en qualité de récipient pour la solution à traiter on utilise un tambour rotatif 1 ayant une ouverture d'entrée 3 pour l'introduction dans sa cavité de la solution à traiter et de déchets métalliques utilisés comme anode soluble et se trouvant en contact continu avec la cathode, laquelle est constituée par un matériau dont le potentiel est plus élevé que celui de l'anode, et une ouverture de sortie 4 pour l'évacuation de la solution traitée et du dépôt formé.

L'invention peut être utilisée avec le plus de succès pour éliminer de milieux aqueux les ions de métaux lourds, non ferreux et nobles.



L'invention se rapporte au domaine de la protection de l'environnement, en particulier dans une région où fonctionnent diverses entreprises, et a notamment pour objet un procédé d'épuration d'eaux résiduaires et de réutilisation, ainsi que de solutions, en vue de les débarrasser d'impuretés de différente nature, et un appareil pour mettre en oeuvre ledit procédé.

L'invention peut être utilisée avec le plus de succès pour éliminer de milieux aqueux les ions de métaux lourds, non ferreux et nobles, les substances organiques, les réactifs de flottation et les produits pétroliers.

L'invention peut être utilisée dans la sidérurgie, la métallurgie des métaux non ferreux, dans l'industrie électrotechnique, chimique, pétrolière, ainsi que l'énergétique nucléaire pour éliminer les impuretés radioactives.

Actuellement, les impératifs imposés à la protection de l'environnement deviennent de plus en plus sévères. Les dépenses augmentent continuellement pour prévenir la pollution du sol et des eaux par des impuretés nocives dont la quantité croît de pair avec le développement de la production industrielle.

Les différences entre les propriétés des impuretés polluantes, par exemple des ions de métaux et des substances organiques, exigent des méthodes d'épuration spécifiques et des appareils complexes pour l'épuration des milieux aqueux, ce qui augmente les dépenses pour les mesures de protection. Pour cette raison, dans divers pays, le perfectionnement des procédés et des moyens existants et l'élaboration de nouveaux procédés d'épuration des eaux usées, ainsi que le conditionnement des eaux de réutilisation, sont l'objet d'une attention constante.

Les procédés connus d'épuration des eaux usées présentent un certain nombre d'inconvénients notables. Le traitement à la chaux des eaux usées conduit à une saturation des solutions épurées en ions calcium et nécessite

une épuration supplémentaire pour leur élimination et une réduction de l'alcali excédentaire; en outre, il est difficile d'éliminer les hydroxydes de métaux. Les processus d'échange d'ions permettent d'atteindre un degré élevé
5 d'élimination de la plupart des impuretés nocives dans les solutions, mais ici se pose le problème du traitement des éluats. De plus, le coût de l'épuration est élevé.

Ces derniers temps on utilise de plus en plus souvent le procédé d'électrocoagulation qui permet de débarrasser les solutions de nombreuses impuretés, mais qui
10 exige une consommation de tôles de fer élevée et s'accompagne de dépenses d'énergie notables (de 2 à 4 kWh/m³). La plus grande partie des dépôts formés dans ce procédé est constituée par l'hydroxyde de fer, qui se prête mal
15 à la décantation et est difficile à filtrer. L'épuration par électrocoagulation est réalisée dans des électrolyseurs de différente construction. Dans les conditions industrielles on utilise des électrocoagulateurs sous forme d'un bain dans lequel sont disposées des électrodes de fer
20 (plus rarement, d'aluminium) en tôle de métal. Pour prévenir la passivation des anodes, on change la polarité des électrodes par commutation des pôles de la source de courant continu.

On connaît un procédé d'épuration d'eaux usées dans le champ électrique d'un élément galvanique, dans
25 lequel deux électrodes métalliques sont immergées dans la solution à épurer, l'une des électrodes étant portée à un potentiel plus positif que celui de l'autre. Comme métal d'électrode plus négative on utilise l'aluminium.
30 La solution à épurer passe entre les électrodes et subit l'action du champ électrique d'un élément galvanique à l'état ouvert.

Un avantage dudit procédé tient à ce qu'il permet de réduire la consommation d'énergie électrique, le
35 processus d'épuration étant sensiblement simplifié. Cependant, il n'est pas exempt d'inconvénients, dont les prin-

cipaux sont la nécessité de grandes surfaces d'électrodes, la passivation de la surface des électrodes lors d'un fonctionnement prolongé, la réduction de l'efficacité du processus d'épuration, l'impossibilité de changer la polarisation et la polarité des électrodes, il se forme des dépôts d'hydroxydes polymères amphotères ayant une solubilité élevée dans des solutions de différente composition. L'évacuation des dépôts présente de grandes difficultés.

Ces dernières années, au Japon, on a proposé de nouvelles méthodes d'épuration de solutions, consistant à obtenir des composés magnétiques oxydés de fer (ferrites) et à les éliminer ensuite par filtrage ou par séparation magnétique.

L'essentiel de ces méthodes consiste à obtenir des hydroxydes de fer II et de fer III (ou de mélanges de ceux-ci) dans la solution à épurer, et ensuite à les déshydrater: il y a alors formation obligatoire d'une phase intermédiaire d'hydroxydes de fer.

Il existe un nombre considérable de brevets d'invention consacrés aux particularités de ce processus.

On connaît un procédé d'épuration électrolytique d'eaux usées contenant des impuretés toxiques de métaux (demande de brevet japonais N° 55-28753). Suivant ce procédé, l'eau usée acide est soumise à un traitement électrolytique par courant continu, comme anode on utilise le fer, après le traitement électrolytique on établit les conditions de la température nécessaires et on règle la valeur du pH de l'eau à traiter en introduisant de l'alcali pour assurer la réaction de ferritisation ensuite on soumet la solution à une aération. Les ions de métaux contenus dans l'eau à traiter sont adsorbés par la magnétite se formant lors de l'aération et qui est isolée dans l'eau à traiter.

L'inconvénient de ce procédé réside en ce qu'il nécessite une optimisation du pH, une augmentation de la température de la solution à traiter, une aération forcée

de la solution et des consommations notables d'énergie électrique pour la dissolution anodique du fer, ce qui limite fortement le domaine d'application dudit procédé. Avant l'évacuation de l'eau dans un bassin, il est nécessaire de réaliser une neutralisation réitérée de l'alcali et de refroidir la solution.

On connaît un autre procédé d'épuration d'eaux usées, visant à les libérer de métaux lourds toxiques (demande de brevet japonais N° 55-3034). Suivant ce procédé, on additionne à l'eau à traiter un composé alcalin et on fait subir une oxydation électrolytique aux métaux lourds contenus dans l'eau en introduisant des ions fer. Au cours de ce traitement il se forme du ferrite contenant dans son réseau cristallin des métaux lourds toxiques. Le ferrite formé est séparé par un procédé magnétique ou autre. L'inconvénient de ce procédé tient à ce qu'il nécessite l'introduction d'un agent alcalin pour former les hydroxydes, la présence obligatoire d'ions fer dans la solution, ainsi qu'une consommation notable d'énergie électrique pour le traitement de la solution à épurer.

Les inconvénients de ce procédé sont les mêmes que ceux du procédé d'épuration d'eaux résiduaires décrit plus haut.

Une variante du procédé précité, consistant à éliminer les ions de métaux lourds contenus dans les eaux usées, a été élaboré par la société Mitsubishi Petrochemical Co. et est fondé sur l'utilisation d'anodes solubles de fer et sur la formation de ferrites faiblement solubles. Dans ce procédé sont élaborées en détail les conditions de l'épuration d'eaux de lavage contenant du chromate résultant des ateliers de chromage, à teneur en chrome de 5 à 300 mg/l, en phosphates de 1 à 300 et en silicates de 15 à 200 mg/l.

Dans ce procédé on utilise un électrolyseur de 1m^3 dans lequel sont placés parallèlement 29 électrodes en plaque de fer de 1 cm d'épaisseur et de 1m^2 de surface

(les anodes et les cathodes alternent). L'électrolyse est effectuée à 5 à 15 V et 1000 à 2000 A durant 30 min. La consommation d'énergie est de 2,5 à 15 kW.h par m³ de solution à épurer.

5 On connaît aussi un autre procédé de traitement électrolytique d'eaux usées contenant des impuretés toxiques (demande de brevet japonais N° 55-4476).

10 Selon ce procédé, l'une des électrodes de l'électrolyseur est en fer, l'autre en matériau peu soluble. La phase à traiter, à propriétés acides, contenant comme additif du sel ordinaire, est admise dans l'électrolyseur.

15 A la première étape du procédé, les électrodes sont connectées à la source de courant de manière à ce que l'anode soit l'électrode de fer, et la cathode, l'électrode insoluble. Ce traitement terminé, on règle le pH et la température de l'eau pour créer les conditions nécessaires au déroulement de la réaction de formation de ferrites. A l'étape suivante du procédé on change la polarité des électrodes, on effectue l'oxydation électrolytique des ions
20 fer en élevant la température jusqu'à une valeur optimale pour la formation des ferrites; on obtient de la magnétite, qui absorbe les ions d'impuretés nocives, il se forme alors des ferrites, ensuite les impuretés sont séparées de l'eau traitée.

25 L'inconvénient de ce procédé réside dans la nécessité d'introduire dans la solution à traiter de chlorure de sodium, de régler le pH et la température, de changer la polarité des électrodes, dans la durée prolongée du processus de formation de ferrite et dans la consommation
30 notable d'énergie électrique pour le traitement de la solution à épurer. En outre, se pose un problème secondaire, celui de l'élimination de l'alcali et du chlorure de sodium contenus dans la solution.

35 Ainsi, les inconvénients communs à tous les procédés connus, énumérés ci-dessus d'épuration d'eaux usées et de solutions sont les suivants :

nécessité de créer les conditions nécessaires à la formation d'hydroxydes de fer au sein de la solution à épurer, en introduisant des ingrédients appropriés;

5 nécessité d'une oxydation subséquente de ces hydroxydes au sein de la solution par réglage du pH, augmentation de la température et aération;

 durée du processus de déshydratation et de formation des ferrites;

10 augmentation de la teneur en sel de la solution à épurer, due à l'introduction du chlorure de sodium et de l'alcali;

 consommation notable d'énergie électrique par suite de l'utilisation de sources de courant extérieures pour la dissolution anodique du fer.

15 On s'est donc proposé de créer un procédé d'épuration d'eaux usées et de solutions, et un appareil pour sa mise en oeuvre, dans lesquels les opérations de dissolution de l'anode, d'aération et de formation du dépôt cristallin s'effectueraient simultanément, en une seule étape.

20 Ce problème est résolu du fait que dans un procédé d'épuration d'eaux usées et de solutions, du type comprenant la dissolution d'une anode métallique en présence d'une cathode insoluble et la précipitation des impuretés organiques et inorganiques sur les composés formés, suivant
25 l'invention la précipitation est effectuée avec utilisation d'une cathode dont le matériau possède un potentiel plus élevé que celui de l'anode, et dans les conditions d'un contact variable des électrodes avec l'oxygène de l'air et avec la solution à traiter.

30 Le procédé proposé permet d'éliminer des eaux usées, en une seule étape, des impuretés de différente nature, quelle que soit leur concentration initiale dans lesdites eaux et dans n'importe quelle gamme de pH, sans y introduire des réactifs et tout en réduisant considérablement la consommation d'énergie électrique. Si nécessaire, la consommation d'énergie électrique peut être entièrement exclue.
35

 Ce résultat est obtenu, en premier lieu, par

un choix approprié du matériau de l'anode et de la cathode fonctionnant en régime de court-circuit. Lors du fonctionnement, le matériau de la cathode n'est pratiquement pas consommé et l'anode se dissout sans interruption. Il n'est pas nécessaire d'introduire dans la solution du chlorure de sodium, de l'alcali et d'autres réactifs.

Le contact variable des électrodes, dont l'une est en matériau ayant un potentiel plus élevé, assure une dissolution intense de l'anode, prévient sa passivation, assure une vitesse élevée du processus. Le contact variable des électrodes avec l'oxygène de l'air et la solution à épurer assure la réalisation de l'épuration dans une zone de couche électrique bipolaire, à l'interface des phases solide, liquide et gazeuse où sont créées des conditions idéales pour l'oxydation des substances et des impuretés en réaction.

Suivant une variante de réalisation de l'invention, on utilise comme anode soluble des déchets de fer, et à titre de cathode, du graphite. Les vitesses de dissolution et d'oxydation du fer sont alors si élevées que la formation de cristaux d'oxydes à propriétés magnétiques se termine, au cours même de l'épuration, dans la zone de travail. Les ions de métaux entrent dans la structure du réseau cristallin et forment des composés insolubles, des ferrites. En outre, les ions d'impuretés peuvent entrer à l'intérieur du cristal sous forme d'inclusions (clathrates). Enfin, les cristaux très fins, nouvellement formés, d'oxydes de fer possèdent une surface développée à pouvoir de sorption élevé aussi bien vis-à-vis des substances inorganiques que des substances organiques. L'ensemble de toutes ces propriétés assure un degré élevé d'élimination des impuretés de différente nature contenues dans les solutions. Les dépôts formés occupent un petit volume grâce à la forme cristalline des oxydes de fer.

Suivant une autre variante de l'invention, on utilise en qualité d'anode et de cathode, respectivement,

du fer et du cuivre. L'utilisation de cuivre en tant que cathode exclut son interaction avec la solution à épurer. Cette variante du procédé est utilisée de préférence pour l'épuration des déchets radio-actifs liquides et dans le cas où il est nécessaire d'exclure même une sorption insignifiante des impuretés à éliminer.

Suivant encore une autre variante de l'invention, on utilise en qualité d'anode et de cathode, respectivement de l'aluminium et du fer.

Dans l'appareil pour la mise en oeuvre du procédé proposé, du type comprenant un récipient recevant la solution à traiter et dans lequel sont placées une anode métallique soluble et une cathode en matériau insoluble, suivant l'invention ledit récipient consiste en un tambour rotatif d'un type connu en soi, pourvu d'une ouverture d'entrée et d'une ouverture de sortie pour, respectivement, l'admission dans sa cavité de la solution à traiter et de déchets métalliques utilisés en qualité d'anode soluble et se trouvant en contact avec la cathode constituée par un matériau dont le potentiel est plus élevé que celui de l'anode, et pour l'évacuation de la solution traitée et du dépôt formé.

Il est préférable que la surface intérieure du tambour soit pourvue d'ailes longitudinales disposées concentriquement.

La conception simple et fiable de l'appareil à tambour pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention permet d'assurer toute productivité désirée du processus d'épuration des eaux usées, ladite productivité pouvant aller de quelques unités à plusieurs dizaines de milliers de m^3 par jour.

Les ailes longitudinales disposées concentriquement sur la surface intérieure du tambour de l'appareil favorise le déroulement du processus d'épuration, en permettant, pendant la rotation du tambour, d'assurer un contact alterné des électrodes avec l'air et avec la solution, ainsi que d'intensifier la formation de formes oxydes de

composés de fer ainsi que tout le processus d'élimination des diverses impuretés contenues dans les solutions.

5 Une cloison perforée disposée dans la cavité du tambour et située, par rapport à l'ouverture de déchargement, à une distance maximale ne dépassant pas $1/3$ de la longueur dudit tambour, peut être prévue pour empêcher l'entraînement des déchets métalliques vers l'ouverture de déchargement.

10 Il est avantageux que la surface intérieure du tambour soit revêtue d'un matériau servant de cathode dont le potentiel est plus élevé que celui de l'anode. Une telle conception de l'appareil augmente l'efficacité du processus d'élimination des diverses impuretés contenues dans les solutions, grâce à l'accroissement du rapport de la surface totale de la cathode à la surface de l'anode soluble.

15 Il est préférable d'utiliser comme matériau de cathode le cuivre, car dans la variante considérée de réalisation de l'appareil, l'utilisation d'une cathode en un autre matériau, par exemple en graphite, peut provoquer une dissolution partielle dudit revêtement.

20 Suivant une autre variante de réalisation, le tambour peut être pourvu d'aimants disposés dans la zone entre ladite cloison perforée et l'ouverture de déchargement précité. La présence de ces aimants empêche l'entraînement des déchets métalliques et contribue au grossissement des cristaux du dépôt formé.

25 Conformément à une autre variante de réalisation de l'invention, le tambour est disposé coaxialement dans un corps cylindrique sur la surface extérieure duquel sont disposés concentriquement des aimants. Le corps contenant le tambour peut alors être monté sur des galets d'appui dans une cuve remplie de solution et dont le fond est en forme de segment disposé coaxialement audit corps cylindrique et
30 est pourvu d'aimants de polarité identique à celle des aimants dudit corps.
35

Une telle construction de l'appareil permet de réduire notablement la charge sur les galets d'appui et de diminuer la consommation d'énergie électrique pour la rotation du tambour.

5 Il est préférable que les ailes précitées soient réalisées sous forme d'auges dont la concavité est orientée dans le sens opposé au sens de rotation du tambour, l'appareil étant alors pourvu d'une tubulure pour amener la solution à traiter auxdites auges.

10 Les ailes sous forme d'auge dont la concavité est orientée dans le sens opposé au sens de rotation du tambour créent, après leur remplissage par la solution traitée, un moment de rotation qui diminue la consommation d'énergie électrique pour l'entraînement du tambour.

15 Il est très avantageux que l'appareil soit pourvu d'une paire de roues hydrauliques disposées aux faces d'extrémité du tambour et rigidement solidaires de celui-ci, et que l'écoulement de solution traitée sortant de l'appareil soit utilisé pour la rotation desdites roues.

20 Les roues hydrauliques permettent d'exclure totalement la consommation d'énergie électrique pour le processus d'épuration par le procédé proposé, grâce à l'utilisation de la différence de niveau de la solution en amont et en aval de l'appareil.

25 L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière de la description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, avec références aux dessins non limitatifs annexés dans lesquels :

30 - la figure 1 est une vue en coupe longitudinale de l'appareil d'épuration d'eaux usées conforme à l'invention;

35 - la figure 2 illustre une variante de réalisation dudit appareil (coupe longitudinale);

- la figure 3 est une vue en coupe suivant III-III

de la figure 2;

- la figure 4 est une vue en coupe longitudinale de l'appareil pourvu d'une commande hydraulique;

5 - la figure 5 est une vue en plan de l'appareil de la figure 4.

Le procédé proposé consiste à dissoudre une anode métallique en présence d'une cathode insoluble, par lesquelles on fait passer la solution à traiter. On réalise la précipitation des composés formés en utilisant une cathode dont le matériau possède un potentiel supérieur à celui de l'anode, et en assurant un contact alterné des électrodes avec l'oxygène de l'air et la solution à traiter.

15 L'appareil pour la mise en oeuvre du procédé proposé comprend un tambour cylindrique horizontal 1 (figure 1) dont la surface intérieure est pourvue d'ailes 2 disposées concentriquement. Le tambour 1 est pourvu sur ses faces d'extrémité d'une ouverture d'entrée 3 pour l'amenée dans la cavité du tambour 1 de la solution à traiter et d'un mélange de déchets métalliques, par exemple de fer, servant d'anode, et de déchets de cuivre servant de cathode, ainsi que d'une ouverture 4 pour l'évacuation du tambour 1 du dépôt formé et de la solution traitée. Près de l'ouverture 4, à une distance de celle-ci égale au maximum à $1/3$ de la longueur du tambour 1, est placée, dans un plan diamétral de ce dernier, une cloison perforée 5 empêchant l'entraînement des déchets métalliques hors du tambour 1. Le tambour 1 est monté sur des galets d'appui 6 et est mis en rotation à l'aide d'une commande électrique (non représentée). A travers l'ouverture d'entrée 3 passe une tubulure 7 pour l'amenée de la solution à traiter dans la cavité du tambour 1. Dans la zone entre la cloison perforée 5 et l'ouverture 4, sur la surface intérieure du tambour 1 et sur la cloison 5, sont montés des aimants 8.

35 L'appareil qui vient d'être décrit fonctionne de la manière suivante.

L'appareil est rempli d'un mélange de déchets de fer et de déchets de cuivre. La solution initiale est amenée par la tubulure 7 dans le tambour 1 à travers l'ouverture 3. Lors de la rotation du tambour 1, le fer, du fait de son contact avec la cathode de cuivre, subit une dissolution anodique. La rotation du tambour 1 assure le brassage des déchets de fer, les ailes longitudinales 2 disposées à sa surface intérieure assurant un contact alterné desdits déchets de fer avec l'air et avec la solution, équivalent au nombre de tours du tambour 1. Il en résulte une intensification de la formation de formes oxydes de composés de fer. Les aimants 8 empêchent l'entraînement des formes dispersées des composés de fer et contribuent à leur grossissement. La solution initiale, après traitement, est évacuée par l'ouverture 4 dans un décanteur (non représenté sur la figure) d'où une partie des composés de fer oxydes, en cas de besoin, peut être retournée à l'appareil pour être à nouveau utilisée.

Suivant l'une des variantes de l'invention, on utilise en qualité de cathode un revêtement en cuivre dont on a pourvu la surface intérieure du tambour 1. Dans ce cas, le fonctionnement du dispositif se déroule de la même manière que ci-dessus.

Afin de diminuer la consommation d'énergie électrique pour la rotation du tambour 1, il peut être monté coaxialement dans un corps cylindrique 9 (figures 2, 3). Sur la surface extérieure du corps cylindrique 9 sont montés concentriquement des aimants 10. Le corps 9 contenant le tambour 1 est placé dans une cuve 11 remplie d'eau, dont le fond 12 est en forme de segment disposé coaxialement au corps cylindrique 9, et pourvu d'aimants 13 (figure 3) de polarité identique à celle des aimants 10 du corps cylindrique 9. Les ailes 2 du tambour 1 sont en forme d'auge dont la concavité est orientée dans le sens opposé au sens de rotation du tambour 1. La solution à traiter est amenée par

la tubulure 7 sur lesdites auges.

L'appareil représenté sur les figures 2, 3 fonctionne de la manière suivante. Le poids du liquide se trouvant dans l'auge participe à la création d'un moment de rotation, ce qui réduit la consommation d'énergie nécessaire à la rotation du tambour 1. Une fois remplie la zone de travail de l'appareil, la solution épurée est dirigée à travers l'ouverture 4 vers un décanteur (non représenté).

Grâce au corps cylindrique 9 et aux aimants 10, 13 montés respectivement sur le corps 9 et le fond 12 de la cuve 11, la plus grande partie du poids des organes mobiles de l'appareil se trouve compensée, la charge sur les galets d'appui 6 diminue, ce qui réduit aussi la consommation d'énergie électrique pour la commande du mouvement rotatif du tambour 1.

En qualité de cathode on peut utiliser des morceaux de graphite amenés dans la cavité du tambour 1 de pair avec les déchets de fer. Lors de la rotation du tambour 1, le mélange de déchets de fer et de morceaux de graphite est malaxé par les ailes 2 tout en assurant un contact alterné des électrodes avec l'air et avec la solution à traiter. L'emploi de graphite en qualité de cathode rend inutile le revêtement en cuivre de la surface intérieure du tambour 1.

Pour exclure totalement la consommation d'énergie électrique dans le procédé conforme à l'invention, on peut utiliser un appareil pourvu d'une paire de roues hydrauliques 14 (figures 4,5) disposées aux faces d'extrémité du tambour 1 et rigidement solidaires de celui-ci. La cuve 11 est alors pourvue de chenaux distributeurs 15 et de chenaux de vidange 16 pour évacuer la solution traitée et les dépôts formés.

L'appareil représenté sur les figures 4, 5 fonctionne de la manière suivante.

La solution à épurer est amenée à travers l'ouverture de chargement 4. En passant par la zone de travail de l'appareil, la solution arrive par le chenal distributeur 15

sur les roues hydrauliques 14 et met l'appareil en rotation sans dépense d'énergie électrique.

5 En qualité de déchets métalliques on peut utiliser un mélange d'aluminium et de fer jouant le rôle, respectivement, de l'anode et de la cathode, car le fer possède un potentiel plus positif que celui de l'aluminium. La surface intérieure du tambour peut être revêtue d'un matériau diélectrique, par exemple de matière plastique renforcée par des fibres de verre.

10 Le procédé revendiqué est mis en oeuvre, dans toutes les variantes indiquées de l'appareil, avec la même efficacité.

15 On arrive en une seule étape à débarrasser les eaux usées de diverses impuretés dans une gamme quelconque de pH et de concentrations initiales, et ce, sans introduire des réactifs chimiques, en réduisant en même temps la consommation d'énergie électrique grâce au court-circuit entre l'anode et la cathode dont le matériau possède un potentiel plus élevé. Le contact alterné des électrodes avec la solution à épurer et avec l'air prévient la passivation de l'anode, assure sa dissolution intense, l'oxydation des substances réactives et des impuretés, intensifie la formation des ferrites et des formes magnétiques de composés de fer.

25 La formation de cristaux d'oxydes directement lors du processus d'épuration assure une élimination efficace des ions de métaux qui, soit s'incorporent dans le réseau cristallin (ferrites), soit forment des composés d'inclusion (clathrates). Les cristaux nouvellement formés et finement dispersés possèdent une surface développée et un pouvoir de sorption élevé tant vis-à-vis des substances inorganiques que des substances organiques. L'ensemble de ces propriétés assure un haut degré d'épuration des solutions à partir des impuretés de différente nature.

Exemple 1.

35 On admet dans l'appareil une solution de composition suivante (mg/l) : 2,9 de zinc; 64 de calcium; 1,5

de plomb. La vitesse de rotation du tambour est de 2 à 10 trs/min. La précipitation des impuretés est effectuée en continu avec une productivité spécifique de 300 volumes par volume de zone utile de l'appareil en 24 heures, qui est déterminée par le niveau de la solution à partir du bord inférieur du tambour 1 jusqu'à l'ouverture de sortie 4.

A une température de la solution initiale de 16 à 18°C, la concentration résiduelle de zinc est inférieure à 0,05 mg/l, le degré d'épuration atteint 98,8%.

A une température de la solution initiale de 35 à 40°C (toutes conditions égales par ailleurs), la concentration résiduelle de zinc est réduite à 0,03 mg/l, celle de plomb à 0,01 mg/l, et le degré d'élimination de ces impuretés atteint respectivement 99,9 et 99,3%. Ce même degré d'épuration est maintenu en cas de teneurs en lesdites impuretés de la solution initiale allant jusqu'à 500 mg/l.

Exemple 2.

On soumet à l'épuration des solutions industrielles résultant de la production du cuivre. La gamme des concentrations d'arsenic varie de 300 à 1000 mg/l; le pH du milieu est de 1,5 à 2,3.

Comme anode et comme cathode on utilise respectivement du fer et du graphite. Le degré d'élimination de l'arsenic après 10 minutes de traitement atteint 99,7%. En augmentant la durée de l'épuration jusqu'à 30 minutes on peut élever le degré d'épuration jusqu'à 99,95%; la teneur résiduelle en arsenic ne dépasse pas 0,2 à 0,3 mg/l.

Exemple 3.

Une extraction de métaux nobles est effectuée à partir de solutions résultant de la cyanisation de minerai contenant de l'or et de l'argent (mg/l): 3,6 d'or; 13,8 d'argent; 2,8 de zinc; 75,0 de cyanures; le pH est de 11,4. Comme anode et comme cathode on utilise respectivement du fer et du cuivre. Après 30 minutes d'extraction dans le même appareil, le degré d'extraction de l'argent et du zinc dépasse 98%, celle de l'or, 42%; en augmentant la durée du

traitement on obtient une précipitation de 70% d'or.

En traitant dans l'appareil revendiqué durant 30 minutes la vidange d'un épaisseur de concentrat de cuivre (solution contenant de l'or) (mg/l): 0,92 d'or; 10,5 d'argent: 50,0 de zinc; 1187,5 de cyanures et de rhodanures, le degré de précipitation des ingrédients précipités est respectivement de 96,7; 99,1; 95,4 %, la réduction de la concentration en rhodanures et cyanures atteint 83,2 %.

Exemple 4.

Une épuration d'eaux usées en vue de les débarrasser d'agents de flottation et de produits pétroliers est réalisée dans l'appareil revendiqué. En qualité d'anode et de cathode on utilise respectivement du fer et du cuivre.

Lors de l'épuration de solutions contenant 48,2 mg/l de xanthogénate, après un traitement de 15 minutes, le degré d'épuration atteint 100%. L'épuration visant l'élimination de kérosène émulsifié s'effectue à la même vitesse: à une teneur initiale en celui-ci de 336 mg/l après 15 minutes de traitement, le degré de précipitation atteint 100%.

Pour une teneur initiale en kérosène de 6500 mg/l ou plus, le degré d'épuration au bout de 20 minutes est de 99,8 %.

L'épuration de solutions contenant (mg/l): 76 d'oléate de sodium, 110 de pâte d'alcoylsulfate, est réalisée en 40 minutes et atteint respectivement 100 et 98,5%.

Exemple 5.

Pour l'épuration de solutions de radionucléides à activité de $6,10^4$ Bk/l d'isotope de zinc 65 et de $2,10^5$ Bk/l d'isotope d'arsenic 73, on utilise en qualité d'anode et de cathode du fer et du graphite, la durée du traitement dans l'appareil revendiqué est de 20 minutes, le degré d'épuration atteint alors respectivement 99,5 et 99,1%, l'activité de la solution épurée ne dépasse pas respectivement 150 et 200 Bk/l.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Procédé d'épuration d'eaux usées et de solutions, du type comprenant la dissolution d'une anode métallique en présence d'une cathode insoluble et la précipitation des impuretés organiques et inorganiques sur les composés formés, caractérisé en ce que la précipitation est effectuée en utilisant une cathode dont le matériau possède un potentiel plus élevé que celui de l'anode, et en assurant un contact alterné des électrodes avec l'oxygène de l'air et avec la solution à traiter.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'en qualité d'anode métallique on utilise du fer, et comme cathode, du cuivre.
3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'en qualité d'anode et de cathode on utilise respectivement du fer et du graphite.
4. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'en qualité d'anode et de cathode on utilise respectivement de l'aluminium et du fer.
5. Appareil pour l'épuration d'eaux usées et de solutions, du type comprenant un récipient recevant la solution à traiter et dans lequel sont placées une anode métallique soluble et une cathode en matériau insoluble, caractérisé en ce qu'en qualité de récipient pour la solution à traiter on utilise un tambour rotatif (1) ayant une ouverture d'entrée (3) pour l'introduction dans sa cavité de la solution à traiter et de déchets métalliques utilisés comme anode soluble et se trouvant en contact continu avec la cathode, laquelle est constituée par un matériau dont le potentiel est plus élevé que celui de l'anode, et une ouverture de sortie (4) pour l'évacuation de la solution traitée et du dépôt formé.
6. Appareil suivant la revendication 5, caractérisé en ce que la surface intérieure du tambour (1) est pourvue d'ailes longitudinales (2) disposées concentriquement.

7. Appareil suivant l'une des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que la surface intérieure du tambour (1) est revêtue d'un matériau servant de cathode et dont le potentiel est plus élevé que celui de l'anode.

5 8. Appareil suivant l'une des revendications 5, 6 et 7, caractérisé en ce que la cathode est en cuivre.

9. Appareil suivant la revendication 5, caractérisé en ce que le tambour (1) est pourvu d'une cloison transversale perforée (5) disposée dans la cavité
10 du tambour (1) à une distance maximale de l'ouverture de sortie ne dépassant pas $1/3$ de la longueur du tambour.

10. Appareil suivant l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que le tambour (1) est pourvu d'aimants (8) montés dans la zone entre la cloison perforée (5) et
15 l'ouverture de sortie (4).

11. Appareil suivant l'une des revendications 5 à 10, caractérisé en ce qu'il est pourvu d'un corps cylindrique (9) sur la surface extérieure duquel sont disposés concentriquement des aimants, 10, et dans la cavité duquel
20 est monté coaxialement le tambour (1), le corps (9) contenant le tambour (1) étant monté sur des galets d'appui (6) dans la cuve (11) remplie de solution à traiter et dont le fond 12 est en forme de segment disposé coaxialement au corps cylindrique (9) et pourvu d'aimants (13) à polarité
25 identique à celle des aimants (10) du corps cylindrique (9).

12. Appareil suivant l'une des revendications 6 et 11, caractérisé en ce que les ailes (2) sont en forme d'auge à concavité orientée dans le sens opposé au sens de rotation du tambour (1), ledit appareil étant pourvu
30 d'une tubulure 7 pour l'amenée de la solution à traiter auxdites auges.

13. Appareil suivant l'une des revendications 5 à 12, caractérisé en ce qu'il est pourvu d'une paire de roues hydrauliques (14) disposées sur les faces d'extrémité du tambour (1), rigidement solidaires de celui-ci et
35 mis en rotation par l'écoulement de la solution à traiter sortant de l'appareil.

