

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 488 868

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 18463

(54) Procédé d'épuration électrochimique de liquides pollués et appareil pour sa réalisation.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). C 02 F 1/46.

(22) Date de dépôt..... 25 août 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 8 du 26-2-1982.

(71) Déposant : KHARKOVSKY POLITEKHNIKESKY INSTITUT IMENI VI LENINA et KHAR-
KOVSKY MOTOROSTROITELNY ZAVOD « SERR I MOLOT », résidant en URSS.

(72) Invention de : Miron Migranovich Nazarian, Vyacheslav Tikhonovich Efimov, Alexandre Alexan-
drovich Axenko, Vladimir Alexandrovich Kolyada et Ljudmila Fedorovna Shamsha.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

Procédé d'épuration électrochimique de liquides pollués et appareil pour sa réalisation.

L'invention concerne l'épuration de liquides pollués et plus précisément les procédés d'épuration 5 électrochimique de liquides pollués et les appareils pour leur réalisation.

L'invention peut être utilisée pour l'épuration de liquides pollués par des matières organiques, suspensions mécaniques, substances tensio-actives, etc.

10 L'invention peut aussi trouver une application avantageuse dans l'épuration de liquides pollués par des polymères et des produits pétroliers, par exemple des eaux usées contenant des huiles et des corps gras.

Ces derniers temps, parmi les procédés connus 15 d'épuration de liquides pollués, ceux d'épuration électrochimique connaissent une utilisation toujours plus large grâce aux grandes possibilités technologiques qu'ils offrent (procédés d'électroflottation et d'électrocoagulation). On connaît des procédés d'épuration électrochimique de liquides discontinus et continus. Ces derniers semblent devoir être les plus utilisés.

Dans un procédé réalisé à l'aide d'un appareil 20 d'épuration électrochimique (certificat d'auteur URSS n° 407844) l'épuration électrochimique d'un liquide pollué est réalisée en mélangeant dans une chambre d'électrocoagulation et dans l'espace entre les électrodes et au-dessus d'elles, avec les produits de solution des électrodes, puis en séparant l'écume et la boue qui se forment du liquide épuré dans une chambre de décantation. 25 30 L'appareil pour la réalisation du procédé décrit comporte une chambre de décantation qui communique avec une chambre d'électrocoagulation qui se trouve à l'intérieur d'elle et, dans sa partie inférieure, un système d'électrodes solubles. La chambre d'électrocoagulation

est munie d'une tubulure d'amenée de liquide pollué disposée au-dessous des électrodes solubles, et la chambre de décantation est munie d'une tubulure d'évacuation du liquide épuré. Pendant l'épuration, le liquide pollué 5 contenant des additifs électrolytiques (acide chlorhydrique, chlorure de sodium) passe entre les électrodes solubles qui sont sous tension. Il se forme alors des hydroxydes du métal des électrodes, qui servent à coaguler les impuretés du liquide épuré. Le liquide à épurer 10 parcourt le tube de circulation et est amené dans la chambre de décantation où l'écume et la boue sont séparées du liquide et sont ensuite évacuées par flux séparés. Le liquide à épurer, qui passe entre les électrodes, les encrasse et entraîne leur passivation accélérée, ce qui 15 entraîne une consommation accrue d'énergie électrique, la nécessité de les nettoyer fréquemment, ce qui revient à dire que le rendement de l'appareil baisse.

On connaît un procédé d'épuration électrochimique des liquides pollués et l'appareil pour sa réalisation 20 (brevet Japon n° 52-14397), caractérisé en ce que la chambre d'électrocoagulation est utilisée pour obtenir des coagulants en y amenant de l'électrolyte pur, l'épuration du liquide ayant lieu dans une autre chambre où est amené le liquide à épurer qu'on mélange avec l'électrolyte 25 contenant les coagulants qui est amené de la chambre d'électrocoagulation. Une telle technologie et un tel appareillage diminuent considérablement le dépôt des impuretés sur la surface des électrodes consommables. Les propriétés de coagulation et de flottation sont 30 alors utilisées dans une mesure sensiblement moindre, parce que, lors du passage de l'électrolyte de la chambre d'électrocoagulation à celle de décantation, il se produit l'égrégation des coagulants (hydroxydes du métal des électrodes solubles et des bulles de gaz se formant 35 sur la surface des électrodes solubles), ce qui fait que leur surface spécifique diminue, ce qui entraîne une

diminution des propriétés de coagulation et de flottation respectivement. Les facteurs mentionnés ont une influence négative sur le rendement de l'appareil. En outre, l'appareil de ce type demande une surface plus grande
5 qu'il ne le faut pour l'installation de l'appareil réalisé d'après le certificat d'auteur URSS n° 407 844 ayant le même rendement.

On connaît des procédés d'épuration électro-chimique et des appareils pour leur réalisation qui sont
10 caractérisés en ce que le liquide pollué est amené dans une chambre d'électrocoagulation par une tubulure disposée au-dessus des électrodes solubles, l'électrolyte pur étant amené en flux ascendant qui passe par l'espace entre les électrodes. Le mélange du liquide pollué avec
15 les produits de la solution des électrodes n'a lieu que dans l'espace au-dessus des électrodes. Ce procédé et l'appareillage pour sa réalisation est caractérisé en ce que l'épuration du liquide se fait sans provoquer encrassement des électrodes et donc avec des propriétés de
20 coagulation et de flottation moins altérées. Le rendement desdits procédé et appareillage est supérieur à celui du procédé et de l'appareillage décrits dans le brevet Japon n° 62-143 973.

Un procédé réalisé à l'aide de l'appareil pour
25 l'épuration électrochimique de liquides pollués (certificat d'auteur URSS n° 644 738) comprend le mélange du liquide pollué, dans la chambre d'électrocoagulation, au-dessus des électrodes solubles, avec un flux ascendant d'électrolyte contenant les produits de solution des
30 électrodes ainsi que la séparation de la mousse et de la boue qui se sont formées du liquide pollués dans la chambre de décantation.

L'appareil pour la réalisation dudit procédé comprend une chambre de décantation qui, par l'intermédiaire d'une conduite de recirculation, communique avec une chambre d'électrocoagulation montée à l'intérieur

de la chambre de décantation et ayant, dans sa partie inférieure, un système d'électrodes solubles, une tubulure d'amenée du liquide pollué dans la chambre d'électrocoagulation et une tubulure d'évacuation du liquide épuré
5 de la chambre de décantation. La tubulure d'amenée du liquide pollué dans la chambre d'électrocoagulation est installée au-dessus des électrodes solubles. Il faut installer ladite tubulure de manière que la distance entre elles et les électrodes permette d'éviter l'enrassement
10 de la surface des électrodes solubles au cours de l'épuration. Par exemple, en utilisant une tubulure de forme cylindrique, cette distance est égale de 1 à 7 fois le diamètre de la tubulure.

L'inconvénient principal de la technologie
15 décrite ci-dessus consiste dans le fait que, dans l'espace de la chambre d'électrocoagulation, entre la tubulure d'amenée de liquide pollué et les électrodes solubles, il se produit une agrégation intense de coagulants et de bulles de gaz provoquée par un tourbillonnement des
20 flux d'électrolyte. Cependant, si l'on diminue la distance entre la tubulure et les électrodes, ces dernières s'enrassent, ce qui est indésirable.
Cet inconvénient détermine la limite au rendement de l'appareil décrit, et du procédé qu'il met en oeuvre.

25 L'invention vise à mettre au point un procédé d'épuration électrochimique d'un liquide pollué et un appareil pour sa réalisation qui permette d'augmenter leur rendement au moyen d'une plus complète utilisation des produits de solution des électrodes installées dans
30 la chambre d'électrocoagulation, ainsi que d'une intensification du processus de coagulation des impuretés contenue dans le liquide pollué.

Le procédé d'épuration électrochimique d'un liquide pollué conforme à l'invention consiste : à faire
35 passer l'électrolyte sous forme d'un flux ascendant dans l'espace entre des électrodes solubles installées dans

- une chambre d'électrocoagulation ; à mélanger le liquide pollué dans ladite chambre, au-dessus des électrodes solubles, avec un flux ascendant d'électrolyte contenant les produits de solution électrodes ; et à séparer dans 5 une chambre de décantation l'écume et la boue qui se forment ; et il est caractérisé en ce que les flux à mélanger sont portés à des températures différentes, le flux de liquide pollué étant chauffé et celui d'électrolyte refroidi.
- 10 Le mélange des liquides avec températures différentes se déroule d'une manière plus intense que si lesdits liquides avaient une même température et il en résulte une élévation du rendement d'épuration due à l'accroissement de la vitesse de coagulation. En outre, le liquide 15 pollué chauffé peut être amené dans la chambre d'électrocoagulation plus près des extrémités supérieures des électrodes, ce qui permet d'utiliser un plus grand volume de la chambre aux fins de mélangeage et de diminuer l'intensité d'agrégation des particules coagulantes et 20 flottantes de l'électrolyte. Ce facteur est à la base d'une plus complète utilisation des produits de solution des électrodes et donc une baisse de pertes d'énergie électrique.

Comme le montre la pratique, il est avantageux 25 de chauffer le liquide pollué jusqu'à une température comprise entre 40 et 80°C, ainsi que de refroidir de l'électrolyte jusqu'à une température comprise entre 5 et 25°C.

L'appareil pour la réalisation du procédé 30 conforme à l'invention comporte une chambre de décantation avec une tubulure d'évacuation du liquide épuré, qui communique avec une chambre d'électrocoagulation installée à l'intérieur de la chambre de décantation et ayant, dans sa partie inférieure, un système d'électrodes 35 solubles, une tubulure d'aménée de liquide pollué dans la chambre d'électrocoagulation et une tubulure d'aménée de

l'électrolyte, et il est caractérisé en ce que la tubulure d'amenée de liquide pollué est connectée à un réchauffeur et la tubulure d'amenée d'électrolyte est connectée à un réfrigérant.

5 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 référence au dessin
10 non limitatif annexé dont la figure unique représente une vue schématique d'un appareil d'épuration électrochimique conforme à l'invention.

Le procédé revendiqué d'épuration électro-chimique d'un liquide pollué est réalisé comme suit.

15 Le flux de liquide pollué amené dans la chambre d'électrocoagulation est chauffé jusqu'à une température comprise entre 40 et 80°C, le flux d'électrolyte étant refroidi jusqu'à une température comprise entre 5 et 25°C. Ensuite le flux chauffé de liquide pollué est
20 mélangé dans la chambre d'électrocoagulation, au-dessus des électrodes solubles, avec le flux descendant d'électrolyte refroidi contenant les produits de solution des électrodes. L'écume et la boue qui se forment sont séparées dans une chambre de décantation.

25 L'appareil pour la réalisation du procédé ci-dessus décrit (comme montré sur la figure unique du dessin) comporte une chambre de décantation 1 qui communique avec une chambre d'électrocoagulation 2 installée à l'intérieur d'elle. Dans la partie inférieure de la
30 chambre d'électrocoagulation 2 est installé un système d'électrodes en plaque solubles 3 faites, par exemple, en aluminium, une tubulure 4 d'amenée de liquide pollué et une tubulure 5 d'amenée d'électrolyte. La chambre de décantation 1 est munie d'une tubulure 6 d'évacuation du liquide épuré. La tubulure 4 d'amenée de liquide pollué est connectée à un réchauffeur 7 et la tubulure 5 l'est

à un réfrigérant 8. Un mélangeur 9 sert à obtenir l'électrolyte. Dans le dessin est également montré d'une façon conventionnelle un dispositif 10 destiné à l'évacuation de l'écume de l'appareil.

5 L'appareil décrit fonctionne comme suit.

Avant de procéder à l'épuration d'un liquide pollué, la cavité de la chambre d'électrocoagulation 2 et celle de la chambre de décantation 1 sont remplies d'électrolyte (eau industrielle contenant une quantité 10 peu importante d'acide chlorhydrique ou de chlorure de sodium). Aux électrodes 3 est amené un courant électrique continu qui, en traversant lesdites électrodes et l'électrolyte provoque une formation, à la surface des électrodes 3, d'hydroxydes d'aluminium et de bulles de 15 gaz remontant vers la partie supérieure de la chambre d'électrocoagulation 1. Après 25 à 30 secondes, comptées à partir du début de l'aménée du courant électrique aux électrodes 3, on admet, dans la chambre d'électrocoagulation 2, par la tubulure 4, le liquide pollué chauffé 20 par le réchauffeur 7 jusqu'à une température comprise entre 40 et 80°C. Le liquide pollué et les hydroxydes d'aluminium interagissant, la coagulation des particules d'impuretés contenues dans le liquide à épurer a lieu, ce qui aboutit à l'agrégation de ces particules ; les 25 agrégats formés sont entraînés par les bulles de gaz vers le haut de la chambre d'électrocoagulation 2. Le liquide ainsi traité parvient dans la chambre de décantation 1 où il est séparé de l'écume et de la boue. L'écume est évacuée de l'appareil par le dispositif 10, le liquide 30 pollué sortant par la tubulure 6.

La présence, dans l'appareil d'épuration électrochimique d'un liquide pollué, du réchauffeur 7 pour le chauffage du liquide pollué et du réfrigérant 8 pour refroidir l'électrolyte permet de diminuer la 35 distance entre la tubulure 4 d'aménée de liquide pollué et les électrodes 3, et d'intensifier le mélange du

liquide pollué avec l'électrolyte. Ces facteurs permettent d'accroître le rendement de l'appareil et de diminuer les pertes d'énergie électrique.

A titre d'exemple, considérons un appareil
 5 d'épuration électrochimique de liquides pollués, contenant une chambre 2 cylindrique d'électrocoagulation d'un diamètre de 0,3 m et d'une hauteur de 3 m, une chambre 1 cylindrique de décantation d'un diamètre de 1,2 m et d'une hauteur de 1,1 m. Dans la partie inférieure de la
 10 chambre 2 d'électrocoagulation à une distance de 2d de la tubulure 5 sont installées 10 paires d'électrodes en plaque d'aluminium 3 dont la surface totale est de 3 m^2 . En amont de la tubulure 4 est installé le réchauffeur 7 et en amont de la tubulure 5, le réfrigérant 8. Une
 15 tension de 10 V étant appliquée aux électrodes et la température du liquide pollué étant de 60°C, l'appareil épurait, jusqu'à une teneur en impuretés de 6 à 36 mg/l, 7,2 m^3/h de liquide qui, avant l'épuration, avait contenu plus de 2000 mg/l d'impuretés organiques. La consommation
 20 d'énergie électrique était de 1,4 kWh/ m^3 et d'aluminium, de 86 g/ m^3 .

Les calculs ainsi que l'analyse du liquide épuré et de l'écume évacuée de l'appareil montrent que sur le total d'hydroxydes d'aluminium 92 à 98% ont été utilisés.

25 Toutefois l'appareil d'après le certificat d'auteur URSS n° 644 738, utilisé pour l'épuration d'un liquide analogue et réalisant le procédé d'épuration électrochimique avec une même température du liquide pollué et de l'électrolyte a les caractéristiques

30 suivantes :

- rendement : 5,2 à 6 m^3/h
- consommation d'énergie électrique : 2,5 kWh/ m^3
- consommation d'aluminium : 160 g/ m^3
- pourcentage d'utilisation d'hydroxyde d'aluminium : 55 à 60%.

35

Les caractéristiques de la présente invention

seront illustrées par les exemples concrets de sa réalisation.

Exemple 1.-

Un liquide pollué était épuré selon l'invention
5 d'une manière suivante. Le liquide pollué contenant des huiles émulsifiées en quantité de 2400 mg/l et ayant une viscosité de $0,72 \times 10^3$ N.s/m² et une densité de 0,980 g/cm³ était chauffé jusqu'à 40°C. L'électrolyte (eau industrielle contenant une petite quantité d'acide chlorhydrique) était refroidi jusqu'à 5°C et on le faisait passer entre les électrodes solubles d'aluminium, lesdites électrodes étant sous une tension continue de 10 V. Pendant une heure 7,0 m³/g de liquide pollué était épuré. Le liquide épuré évacué de la chambre de décantation contenait 10,0 à 24,0 mg/l d'impuretés.

Le taux d'épuration était de 99,2 à 99,8%.

Le tableau ci-après reprend d'autres exemples (exemples 2 à 9) de réalisation du procédé proposé d'épuration d'un liquide pollué avec, comme application, 20 l'épuration d'un liquide de coupe contenant avant l'épuration 2400 mg/l d'impuretés.

(Voir tableau page suivante)

Exemple	Température du liquide pollué	Température de l'électrolyte	Densité du liquide pollué,	Viscosité du liquide pollué, $\times 10^{-3} \text{ N.s/m}^3$	Concentration d'impuretés dans le liquide purifié, mg/l	Rendement de l'appareil, m^3/h	Consommation d'énergie électrique kWh/m^3
2	40	10	0,980	0,684	6,36	6,2	2,0
3	40	20	0,980	0,684	"	5,9	2,2
4	30	5	0,990	0,870	"	5,8	2,1
5	60	5	0,973	0,543	"	6,4	1,8
6	60	20	0,973	0,543	"	7,2	1,4
7	80	15	0,960	0,441	"	7,0	1,6
8	90	15	0,952	0,392	"	6,7	1,9
9	35	30	0,993	0,940	"	5,6	2,5

Dans les exemples repris dans ce tableau le liquide épuré contenait 6 à 36 mg/l d'impuretés. Comme le montre le tableau (exemple 5), le rendement le plus élevé de l'appareil est obtenu en cas de chauffage du 5 liquide pollué jusqu'à 60°C et de refroidissement de l'électrolyte à 20°C.

La température du liquide pollué dépassant 80°C, ses viscosité et densité diminuent ce qui provoque un agrandissement des bulles de gaz et une altération de 10 leur pouvoir de flottation. En cas de températures supérieures à 90°C une vaporisation intense du liquide pollué a lieu qui altère brusquement le processus de coagulation des particules d'impuretés.

Bien entendu, l'invention n'est nullement 15 limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises 20 en oeuvre dans le cadre des revendications qui suivent.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'épuration électrochimique d'un liquide consistant : à faire passer l'électrolyte dans l'espace entre les électrodes solubles dans une chambre 5 d'électrocoagulation ; à mélanger le liquide pollué dans ladite chambre, au-dessus des électrodes solubles, avec un flux ascendant d'électrolyte contenant les produits de solution desdites électrodes solubles ; et à séparer, dans une chambre de décantation, l'écume et la boue qui se 10 forment ; caractérisé en ce que les flux à mélanger sont portés à des températures différentes, le flux de liquide pollué étant chauffé et celui d'électrolyte refroidi.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le liquide pollué est chauffé 15 jusqu'à une température comprise entre 40 et 80°C et l'électrolyte est refroidi jusqu'à une température comprise entre 5 et 25°C.

3. Appareil pour la réalisation du procédé suivant la revendication 1, comportant une chambre de 20 décantation (1) avec une tubulure d'évacuation du liquide épuré, qui communique avec une chambre d'électrocoagulation (2) installée à l'intérieur de la chambre de décantation (1) et ayant, dans sa partie inférieure, un système d'électrodes solubles (3), une tubulure (4) 25 d'aménée de liquide pollué dans la chambre d'électrocoagulation et une tubulure (5) d'aménée d'électrolyte, caractérisé en ce que la tubulure (4) d'aménée de liquide pollué est connectée à un réchauffeur (7) et la tubulure (5) d'aménée d'électrolyte est connectée 30 à un réfrigérant (8).

