



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00959**

(22) Data de depozit: **05/12/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/03/2019** BOPI nr. **3/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/12/2014 BOPI nr. **12/2014**

(73) Titular:
• **INFOMEDIA SRL,**
STR. M. KOGĂLNICEANU NR. 13,
PIATRA-NEAMȚ, NT, RO

(72) Inventatori:
• **CREȚESCU IGOR,**
STR. TUDOR VLADIMIRESCU, BL. Q 1,
SC.B, ET.2, AP.10, IAȘI, IS, RO;

• **TEODOSIU CARMEN, STR. N.GANE**
NR. 15, IAȘI, IS, RO;
• **ZALESCHI LAURA, STR. PÂRÂULUI**
NR. 44, BOTOȘANI, BT, RO;
• **SOREANU GABRIELA,**
STR. TITU MAIORESCU NR. 24, BL. H4,
SC. B, ET. 4, AP. 17, IAȘI, IS, RO;
• **ANTONESCU ION, STR VASILE LUPU**
NR. 124A, Bl. A, SC.B1, ET.1, AP.1, IAȘI, IS,
RO

(54) **REACTOR PENTRU EPURAREA ELECTROCHIMICĂ
A APELOR UZATE INDUSTRIALE**



1 Invenția se referă la un reactor de epurare electrochimică a apelor uzate provenite
din industriile organice, petrochimice, industria constructoare de mașini etc. Necesitatea
3 epurării avansate este determinată de faptul că aceste ape nu îndeplinesc normele de cali-
tate în vigoare pentru a putea fi deversate în canalizare, datorită prezenței unor compuși
5 organici printre care se numără uleiuri și alte substanțe cu proprietăți tensioactive.

Sunt cunoscute diferite tipuri de instalații de epurare a apelor uzate contaminate cu
7 substanțe organice, bazate pe diverse procedee, cum ar fi: stripare, coagulare-floculare,
oxidare cu diferiți agenți chimici, dintre care cele mai multe realizează procesul de epurare
9 pe baza reacțiilor care au loc fie în fază gazoasă, fie în fază lichidă, adică în spațiul de
deasupra apei uzate sau în apa propriu-zisă.

11 Există și instalații electrochimice bazate, de regulă, pe efectele electroflotației, ca
urmare a descompunerii electrolitice a apei cu degajarea gazelor la electrozi. Acestea se
13 caracterizează printr-un sistem mecanic complicat de eliminare a spumei cu piese în
mișcare, având o fiabilitate scăzută și consum energetic ridicat.

15 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în creșterea eficienței de epurare
a apelor uzate de compoziție complexă cu referire directă la compuși organici greu
17 biodegradabili (persistenți), promovând astfel tehnologiile ecologice de epurare avansată.

Soluția problemei tehnice constă în realizarea unui reactor electrochimic care se
19 bazează pe combinarea procesului de oxidare electrochimică pe un electrod cu proprietăți
electrocatalitice, cu un proces de electrocoagulare realizat prin dizolvarea anodică a unor
21 electrozi solubili de tip sandwich (confecționați de regulă din fier sau aluminiu pe suport din
oțel inoxidabil sau titan), ca urmare a inversării polarității.

23 Particularitatea reactorului electrochimic constă în utilizarea unui electrod electrocata-
litic comun care desparte două compartimente ale celulei electrochimice, flancat de doi elec-
25 trozi solubili de tip sandwich. Fiecare electrod devine succesiv anod sau catod prin polariza-
rea alternantă a acestora, cu ajutorul schimbării polarității tensiunii aplicate. Prin asigurarea
27 condițiilor de realizare succesivă a celor două procese electrochimice mai sus menționate,
se produce eliminarea compușilor poluanți din apa procesată în reactorul electrochimic.

29 Electrodul insolubil cu efect electrocatalitic în procesul de oxidare electrochimică poate
fi realizat, spre exemplu, din titan acoperit cu un strat de oxid de ruteniu sau din diamant dopat
31 cu bor [**Alexander Kraft, Doped Diamond: A Compact Review on a New, Versatile
Electrode Material, International Journal of Electrochem., Sci., 2 (2007) 355-385**].

33 Electrozii solubili de tip sandwich sunt formați din plăci de fier sau aluminiu, fixate prin
intermediul unor garnituri elastice grafitate electroconductoare pe un suport insolubil, realizat,
35 de exemplu, din oțel inoxidabil sau titan.

Procesul de epurare electrochimică are loc în două secvențe:

37 1. Într-o primă etapă, electrodul insolubil este polarizat pozitiv, jucând rolul de anod,
iar electrozii solubili de tip sandwich sunt polarizați negativ, jucând rol de catod. Moleculele
39 organice de poluant sunt parțial adsorbite pe suprafața electrodului insolubil cu rol de anod,
fiind supuse unui proces de oxidare anodică ce are ca rezultat descompunerea parțială sau
41 totală a moleculelor de poluant în funcție de natura acestora și de valoarea potențialului cu
care se realizează polarizarea anodului.

43 Dacă oxidarea este completă (degradare totală), poluanții organici sunt mineralizați
până la dioxid de carbon și apă ("oxidare la rece în soluție"). În cazul în care degradarea
45 compușilor organici este parțială (degradarea doar a unor grupări funcționale, cum ar fi, de
exemplu, a unor grupări cromofore), atunci în soluție rămân resturi ale moleculelor de
47 poluant oxidate care trebuie îndepărtate, în continuare. Aceasta se poate realiza printr-un
alt proces, în următoarea secvență.

2. În cea de-a doua etapă, electrozii solubili de tip sandwich sunt polarizați pozitiv, jucând rol de anod, iar electrodul insolubil central devine astfel catod. Prin dizolvare anodică, materialul solubil (fier sau aluminiu) trece în apa procesată sub formă ionică, formând o serie de particule coloidale care creează substratul pentru adsorbția substanțelor organice netransformate (sau incomplet transformate) în etapa anterioară. Astfel, rezultă flocoane care pot fi apoi separate din faza apoasă, antrenând substanțele organice adsorbite.	1
În timpul ambelor etape, la electrozi (anozi, catodi), se formează gaze (oxigen, respectiv hidrogen), ca urmare a procesului de descompunere electrolitică a apei; proces care are loc concomitent cu procesul electrochimic vizat: oxidare sau dizolvare anodică.	3
Este posibil ca și la catod să aibă loc o serie de reacții de reducere electrochimică a compușilor organici, corespunzători poluanților inițiali sau intermediarilor formați în timpul procesului de oxidare electrochimică. Acest fenomen este posibil datorită lipsei compartimentării (anodice, catodice) prin intermediul membranelor separatoare și aparent ar putea constitui un dezavantaj legat de amestecarea gazelor (hidrogen și oxigen) rezultate în urma procesului de electroliză a apei.	5
Din acest motiv, soluția tehnică a prezentului brevet propune valorificarea acestui amestec combustibil de gaze, care determină creșterea randamentului energetic global al instalației.	7
Avantajele pe care le aduce invenția propusă sunt:	9
- creșterea gradului de epurare a unor ape uzate cu matrice complexă și conținut variabil de substanțe organice;	11
- creșterea fiabilității în exploatare a instalației de epurare, prin eliminarea pieselor în mișcare și a membranelor separatoare;	13
- creșterea randamentului energetic global al instalației, prin valorificarea energetică a gazelor combustibile rezultate în urma procesului de electroliză;	15
- managementul ecologic al fluxurilor lichide evacuate, care pot fi recirculate în procesul tehnologic din care provin (măsura de prevenire a poluării la sursa de tip „in-process recycling”, conform celor mai bune tehnici disponibile).	17
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1 și 2:	19
Reactorul electrochimic, în conformitate cu fig. 1, este construit dintr-un vas paralelipipedic 1 confecționat din polietilenă sau teflon prevăzut cu un capac demontabil 2 confecționat din același material și montat prin intermediul garniturii de etanșare 3 . În interiorul vasului este amplasat sistemul de electrozi, după cum urmează: electrodul insolubil 4 , realizat din titan acoperit cu un strat de oxid de ruteniu sau din diamant dopat cu bor, este amplasat central; în jurul acestuia sunt plasate simetric ramele distanțier 5 , realizate din material izolator, având între ele promotorii de turbulență 6 , realizați dintr-o plasă realizată din material plastic inert (polietilenă, teflon, etc). În extremități sunt plasați simetric electrozii solubili formați din plăci de fier sau aluminiu 7 , fixate prin garniturile elastice grafitate electroconductoare 8 pe suportul insolubil din oțel inoxidabil sau titan 9 . Tot pachetul este strâns prin intermediul șuruburilor și piulițelor 10 . Electrozii sunt conectați la sursa de energie electrică prin intermediul contactelor 11 . Influentul contaminat este alimentat în interiorul reactorului prin intermediul canalelor 12 , iar efluentul epurat este evacuat prin intermediul canalelor 13 .	21
În cele ce urmează, prezentăm o serie de detalii referitoare la circuitele auxiliare necesare exploatării reactorului electrochimic, în conformitate cu fig. 2.	23
În vasul tampon 14 , soluția uzată care provine de la sursa industrială intră prin intermediul conductei 15 , trecând prin filtrul 16 și electrovalva 17 . Din vasul tampon, soluția este trimisă prin conducta 18 și electrovalva 20 , cu ajutorul pompei 19 , intrând prin canalele 12 în reactorul electrochimic 21 , unde este supusă procesului de epurare electrochimică. Din	25

1 reactor, soluția epurată iese prin intermediul canalelor **13** și se varsă, prin intermediul unei
conducente de distribuție **24**, în vasul **22** care joacă un dublu rol - de degazor și, respectiv, de
3 dispozitiv de protecție împotriva returnării eventualei flăcări, care este echipat, la partea infe-
rioară, cu o umplutură specifică **23**. Soluția degazată iese din vasul **22** prin intermediul con-
5 ducei **27** și revine sub formă de picături prin intermediul distribuitorului **32**, având rol de
degazare suplimentară, în vasul tampon **14**. După realizarea unui număr suficient de cicluri,
7 soluția epurată este evacuată prin conducta **35** și electrovalva **36**. Particulele solide decan-
tate din vasul tampon **14** sunt evacuate pe la partea inferioară prin intermediul conductei **33**
9 și electrovalvei **34**, iar cele din vasul degazor **22** prin intermediul conductei **25** și electrovalvei
26. Amestecul de oxigen și hidrogen este evacuat din vasul degazor **22** prin intermediul con-
11 ducei **30**, și din vasul tampon **14**, prin intermediul conductei **31**, cu ajutorul suflantei **28** care
îl trimite, prin intermediul conductei **29**, spre o instalație de ardere în ideea valorificării.

13 Alimentarea cu energie electrică a reactorului electrochimic se realizează folosind
curent pulsatoriu cu amplitudinea de 5...6 V, care determină apariția unei densități de curent
15 cuprinsă între 80...100 A/m². Inversarea polarității se realizează utilizând o sursă dublă de
tensiune și un comutator electronic pe bază de tiristori care conectează pe rând, în circuit,
17 fiecare dintre surse cu polaritate inversată.

Reactorul electrochimic poate prelucra soluții uzate caracterizate printr-o încărcare
19 organică corespunzătoare unui CCO-Cr de până la 8000 mg O₂/L și un debit de până la
50 L/h, care asigură o funcționare continuă de cel puțin 24 h. În funcție de poluantul organic,
21 se pot face mai multe recirculări, până când concentrația acestuia ajunge la valoarea care
satisface condițiile pentru reintroducere în procesul de producție inițial.

23 Electroreactorul propus este recomandat pentru epurarea apelor rezultate de la spar-
gerea emulsiilor folosite în procesul de răcire al pieselor prelucrate prin aşchiere, similare
25 celor din industria constructoare de mașini. Apele uzate menționate sunt caracterizate printr-
o concentrație ridicată de săruri și substanțe organice corespunzătoare unui consum chimic
27 de oxigen (CCO-Cr) cu valori relativ mari (5000...10000 mg O₂/L).

În cazul în care apa sau soluția procesată conține săruri pe bază de clor, procesul de
29 epurare poate fi intensificat și prin formarea hipocloritului, care prezintă capacitate de oxidare
ridicăată asupra unor substanțelor organice dizolvate. Un alt proces de intensificare rezultă
31 în urma dizolvării anozilor solubili de fier (aluminii), care generează particule coloidale for-
mate prin dizolvarea speciilor de fier și aluminii în soluție. Prin circulația soluției prin reacto-
33 rul electrochimic, cât și prin formarea gazelor la electrozi în urma descompunerii electrolitice
a apei, se realizează atât omogenizarea, cât și evacuarea produșilor de reacție din reactorul
35 electrochimic.

1. Reactor electrochimic destinat epurării electrochimice a apelor uzate cu conținut ridicat de substanțe organice greu biodegradabile prin combinarea procesului de electrooxidare cu procesul de electrocoagulare, constituit dintr-un vas paralelipipedic (1), confecționat din polietilena/teflon, prevăzut cu un capac demontabil (2), niște garnituri de etanșare (3) un sistem de electrozi - separați prin niște rame-distanțier (5) și niște promotori de turbulență (6) - format dintr-un electrod insolubil (4) realizat din titan acoperit cu un strat electrocatalitic din oxizi de ruteniu, amplasat central, și niște electrozi solubili de tip sandwich (7) din fier sau aluminiu, fixați prin niște garnituri elastice grafitate electroconductoare (8) pe un suport inert insolubil din oțel inoxidabil/titan (9), prevăzut cu un sistem de strângere a întregului pachet prin intermediul unor șuruburi și piulițe (10), alimentat cu energie electrică prin intermediul unor contacte (11) conectate la o sursă de tensiune, influentul contaminat fiind alimentat în interiorul reactorului prin intermediul unor canale (12), iar efluentul epurat, împreună cu produșii de reacție gazoși și solizi, fiind evacuat prin intermediul unor canale (13), **caracterizat prin aceea că** sursa de tensiune este prevăzută cu posibilitatea schimbării alternative a polarității.

2. Instalație electrochimică pentru epurarea apelor uzate industriale, formată dintr-un vas (14) în care soluția uzată este alimentată prin intermediul unei conducte (15) pe care este amplasat un filtru (16) și o electrovalvă (17), de unde soluția uzată este trimisă, printr-o conductă (18) și o electrovalvă (20), cu ajutorul unei pompe (19), în canalele de intrare (12) ale unui reactor electrochimic (21) realizat conform revendicării 1, cu un electrod insolubil (4) realizat din titan acoperit cu un strat electrocatalitic din oxizi de ruteniu, amplasat central, și niște electrozi solubili de tip sandwich (7) din fier/aluminiu, fixați prin niște garnituri elastice grafitate electroconductoare (8) pe un suport inert insolubil din oțel inoxidabil/titan (9), în reactorul electrochimic (21) având loc procesul de epurare electrochimică prin combinarea procesului de electrooxidare cu procesul de electrocoagulare, **caracterizată prin aceea că** reactorul electrochimic (21) are sursa de tensiune prevăzută cu posibilitatea schimbării alternative a polarității, iar soluția epurată, împreună cu produșii de reacție gazoși și solizi, este evacuată prin intermediul unor canale (13) într-un vas degazor/decantor (22), ce are și rol de protecție împotriva returnării flăcării folosite în valorificarea prin combustie a gazelor exhaustate cu ajutorul unei suflante (28), vasul degazor/decantor (22), având prevăzută o conductă (27) de reîntoarcere a fazei lichide, degazată și fără suspensii, în vasul (14), precum și un distribuitor de picături (32), de realizare a unei degazări suplimentare a gazelor dizolvate, prin dispersarea soluției.

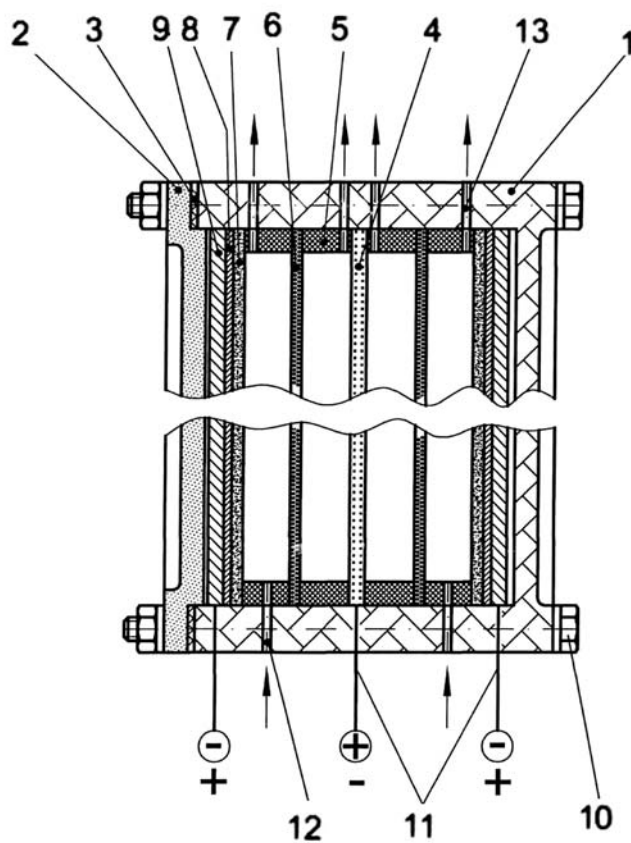


Fig. 1

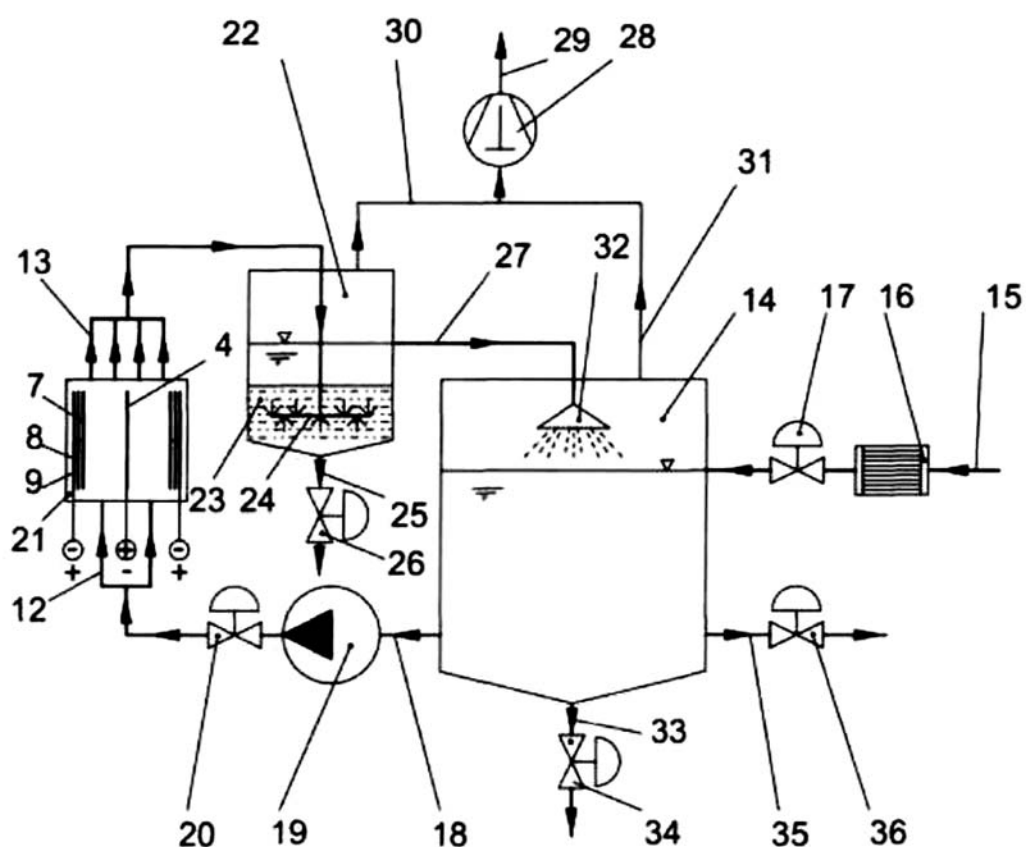


Fig. 2