



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00865**

(22) Data de depozit: **21/11/2016**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2018 BOPI nr. **5/2018**

(71) Solicitant:

- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE PENTRU METALE NEFEROASE ȘI RARE -IMNR**, BD. BIRUINȚEI NR. 102, PANTELIMON, IF, RO;
- **INSTITUTUL DE CHIMIE FIZICĂ "ILIE MURGULESCU" AL ACADEMIEI ROMÂNE**, SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR. 202, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
- **UNIVERSITATEA POLITEHNICĂ DIN BUCUREȘTI, CENTRUL DE CERCETARE ȘI EXPERTIZARE MATERIALE SPECIALE UPB-CEMS**, SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR. 313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:

- **SOARE VASILE**, BD. THEODOR PALLADY NR. 29, BL. N3 - N3 A, SC. A, AP. 9, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
- **BURADA MARIAN**, STR. STRAJA NR. 3, BL. 62 BIS, SC. 2, AP. 26, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;

- **DUMITRESCU DANIELA VIOLETA**, STR. ANTON COLORIAN NR. 1, BL. 9A, SC. 2, ET. 4, AP. 38, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
- **CONSTANTIN IONUȚ**, BD. BASARABIA NR. 67, BL. A 16, SC. A, ET. 3, AP. 10, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
- **POPESCU ANA-MARIA JULIETA**, CALEA CĂLĂRAȘILOR, NR. 253, BL. 67, SC. 1, AP. 27, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
- **CONSTANTIN VIRGIL-CORNEL**, ALEEA DEALUL MĂCINULUI, NR. 1A, BL. 452, SC. 1, AP. 27, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
- **NEACȘU ELENA IONELA**, STR. ALUNIȘULUI, NR. 180, BL. 1, SC. 7, ET. 6, AP. 217, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
- **DONATH CRISTINA**, STR. CĂLUȘARILOR, NR. 2, BL. 43, SC. 1, AP. 32, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
- **BUZATU MIHAI**, STR. BAIA DE ARIEȘ NR. 7, BL. 12, SC. B, AP. 67, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **PROCEDEU DE RECUPERARE A METALELOR PREȚIOASE DIN DEȘEURI ELECTRICE ȘI ELECTRONICE PRIN DIZOLVARE ANODICĂ ÎN LICHIDE IONICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de recuperare a metalelor uzuale, cum sunt Cu, Sn, Pb, Al și Ni, și a metalelor prețioase Au și Ag, existente în componența deșeurilor de echipamente electrice și electronice, ca PC-uri, telefoane mobile, aparatură audio-video, echipamente de automatizare și altele asemenea. Procedeu conform invenției are următoarele etape:

a. prelucrarea deșeurilor prin măcinare, topire în cuptor cu microunde, separare de fracția organică ce reprezintă 45...50% din deșeuri, și turnarea sub formă de lingou metalic multicomponent, cu următoarea compoziție chimică: 45...50% Cu, 15...25% Sn, 12...18% Pb, 2...4% Al, 0,5...1,5% Fe, 0,5...1% Ag, 0,1...0,2% Au și 0,5...1,5% alte elemente;

b. dizolvarea anodică a lingoului într-un electrolit pe bază de H₂SO₄ - CuSO₄ cu recuperarea la catod de Cu sau aliaj Cu - Sn, și concentrarea metalelor insolubile în electrolit sub formă de nămol anodic;

c. topirea nămolului anodic rezultat, și turnarea sub formă de lingou;

d. dizolvarea anodică selectivă a lingoului de nămol anodic, topit într-un electrolit pe bază de lichide ionice, constituit dintr-un amestec de săruri organice de clorură de colina și etilen glicol, care formează un amestec eutectic, dizolvarea anodică având loc într-un vas de sticlă, la o temperatură cuprinsă în intervalul 20...25°C, utilizând un catod de Cu, la catod obținându-se Ag de puritate 99,5% la o tensiune aplicată celei de 0,1...0,25 V, respectiv, Au de puritate 99% la o tensiune aplicată celei de 0,4...0,5 V.

Revendicări: 5

Figuri: 1



8

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 2016 00865</u>
Data depozit <u>21-11-2016</u>

PROCEDEU DE RECUPERARE A METALELOR PREȚIOASE DIN DEȘURI ELECTRICE ȘI ELECTRONICE PRIN DIZOLVARE ANODICĂ ÎN LICHIDE IONICE

Domeniul tehnic la care se referă invenția: Recuperare metale, Electrochimie, Metalurgie

Prezenta invenție se referă la un procedeu de recuperare a metalelor uzuale și prețioase din deșuri de echipamente electrice și electronice (DEEE), prin dizolvarea anodică în soluții apoase a lingoului rezultat în urma topirii DEEE-urilor, topirea nămolului anodic rezultat și turnarea sub formă de anod, urmată de dizolvarea anodică selectivă în lichide ionice cu depunerea catodică a metalelor prețioase.

Ca rezultat al revoluției tehnologiei informatice, pe plan mondial a crescut rapid producția de echipamente electrice și electronice specifice (PC, telefoane mobile, aparatură audio-video, echipamente automatizare, etc.). Totodată, datorită inovațiilor tehnologice, viteza de înlocuire a echipamentelor electronice a crescut și concomitent și cantitatea de deșuri de echipamente electrice și electronice DEEE, rata anuală de creștere fiind de 3...5%.

Pe lângă potențialul crescut de poluare a mediului, datorită conținutului de elemente cu toxicitate crescută, DEEE reprezintă o importantă sursă secundară de metale uzuale (Cu, Sn, Pb, Al, Ni) și prețioase (Au, Ag). Structura complexă și neomogenă a DEEE (de ex. diversitatea de metale feroase și neferoase prezente, asociația metal-material organic/sticlă/ceramică) constituie principalele obstacole în recuperarea eficientă a metalelor. Pentru recuperarea metalelor din DEEE s-au propus diverse metode bazate pe procedee mecanice, fizice, hidrometalurgice, pirometalurgice, electrochimice.

Procedeul pirometalurgic constituie tehnologia tradițională de recuperare a metalelor neferoase din DEEE. Aceasta cuprinde un număr de faze preliminare: demontarea DEEE-urilor, îndepărtarea materialelor nemetalice, măcinarea, separarea metalelor neferoase de cele feroase prin procedee fizice (separare magnetică, electrostatică). Urmează topirea în cuptor cu obținerea unui aliaj de Cu impur supus apoi unui proces de rafinare termică și electrolitică. În urma proceselor de rafinare se obțin subproduse: zgură (cu conținut de Pb, Zn), nămol anodic (cu conținut ridicat de metale prețioase: Au, Ag, Pt, etc.), ce sunt supuse unor tratamente hidro și pirometalurgice în vederea recuperării metalelor componente.

Comparativ cu procedeele pirometalurgice, procedeele hidrometalurgice oferă avantajul unui cost scăzut, impact redus asupra mediului (se elimină emisia de gaze și prafuri volatile), grad ridicat de recuperare și posibilitatea de aplicare la scară redusă.

Procedeul hidrometalurgic constă în mărunțirea/măcinarea DEEE (operație obligatorie deoarece multe metale sunt încapsulate în plastic, ceramică, sticlă), leșierea mărunțului rezultat cu soluții acide sau alcaline, purificarea soluției și recuperarea metalelor. În general se folosește leșierea acidă în prezența unui oxidant pentru recuperarea metalului majoritar (Cu) și a metalelor prețioase (Au, Ag) din DEEE. Recuperarea metalelor din soluțiile de leșiere rezultate se face prin diverse metode: electroliză, cementare, extracție cu solvenți organici, extracție cu schimbători de ioni, precipitări selective.

Datorită prețului ridicat al metalelor prețioase prezente în DEEE, s-au testat diverse procese hidrometalurgice în vederea recuperării acestora, cum ar fi utilizarea de agenți de leșiere pe bază de cianuri, halogenuri, tiouree, thiosulfați. Acești agenți prezintă dezavantajul unei toxicități ridicate asupra mediului înconjurător.

Dezavantajul metodelor piro și hidrometalurgice constă în consumul mare de energie și emisia asociată de noxe (dioxid de carbon, gaze de ardere, soluții reziduale, etc.).



Soluția cea mai apropiată de invenție este descrisă în brevetul RU2553320C1/2014 și constă în topirea deșeurilor provenite din aparatura radioelectronică în cuptor cu atmosferă reducătoare și utilizând ca fondant SiO_2 . Se obține un lingou Cu-Ni cu un conținut de Cu: 39-42%, Ni: 11,5-13%, Si: 2,5-5%, Pb: 1,2-2,4%, Ag: 1,5-2,4%, Au: 0,3-0,6%, alte elemente: 1,9-2,4%. Lingoul este supus dizolvării anodice într-un electrolit $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-NiSO}_4$, cu o densitate de curent de $250\text{-}300\text{A/m}^2$, la o temperatură de $40\text{-}70^\circ$ și o tensiune de 6V. Datorită efectului oxidant al Si are loc o accelerare a dizolvării anodice. Se obține un nămol anodic bogat în metale prețioase.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în recuperarea selectivă a metalelor majoritare (Cu și Sn) și prețioase (Au, Ag) din DEEE printr-un procedeu ecologic și eficient, fără utilizare de reactivi toxici (cianuri), procedeu ce cuprinde următoarele etape:

- dizolvarea anodică într-un electrolit pe bază de $\text{CuSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ a aliajului metalic multicomponent obținut în urma topirii în cuptor cu microunde a DEEE-urilor măcinate, cu recuperarea la catod a metalelor majoritare prezente în DEEE, respectiv Cu și Sn (sub formă de aliaj Cu-Sn) și concentrarea în nămolul anodic rezultat a metalelor prețioase (Ag, Au) respectiv a metalelor insolubile în electrolit (Pb);
- topirea nămolului anodic în vederea eliminării ionului sulfat și concentrării metalelor prețioase;
- dizolvarea anodică selectivă a aliajului obținut în urma topirii nămolului într-un electrolit pe bază de lichide ionice DES și recuperarea catodică a metalelor prețioase: Au, Ag, aliaj Au-Ag.

Procedeu propus pentru recuperarea metalelor uzuale și prețioase din DEEE constă în dizolvarea anodică a aliajului multicomponent DEEE într-o soluție de electrolit, cu recuperarea unor metale utile prin depunere la catod (Cu, Sn), aducerea altor metale în soluție sub formă de săruri solubile (Sn, Fe, Ni) și concentrarea în nămolul anodic rezultat a metalelor prețioase (Ag, Au) și a metalelor insolubile (Pb) în soluția de electrolit.

Parametrii principali ai procesului de dizolvare anodică sunt: compoziția electrolitului (H_2SO_4 : $150\text{...}200\text{ g/l}$, $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$: $100\text{...}150\text{ g/l}$), tensiunea aplicată ($0,3\text{...}0,4\text{ V}$), intensitatea curentului (variabilă: $1\text{...}20\text{ A}$), temperatura electrolitului ($50\text{...}60^\circ\text{C}$). Procesul a durat până la dizolvarea completă a anozilor de aliaj DEEE.

La finalul procesului de dizolvare anodică, nămolul anodic rezultat a fost separat prin filtrare, spălat cu apă distilată și uscat în etuvă. Nămolul anodic uscat a fost topit în vederea concentrării metalelor și a eliminării ionului sulfat. Pentru topire, pulberea de nămol anodic a fost amestecată cu un flux de reducere-protecție, 10-15% gr., constituit din Na_2CO_3 - borax: (80%-20% gr.). Topirea a fost efectuată într-un creuzet de grafit în cuptor electric.

Prin topirea nămolului anodic rezultat este obținut un lingou metalic cu conținut crescut de metale prețioase. În vederea recuperării acestora, lingoul este supus unei dizolvări anodice selective într-un electrolit pe bază de lichide ionice cu depunerea la catod de Ag, Au sau aliaj Ag-Au, funcție de valoarea tensiunii aplicate.

Procedeu conform invenției are ca fundament procesul de dizolvare a unui anod metalic în contact cu ionii săi din electrolit, exprimat prin reacția generală: $\text{Me} \leftrightarrow \text{Me}^{z+} + z\text{e}^-$, proces ce începe îndată ce potențialul său va depăși cu o valoare oricât de mică potențialul reversibil dat de relația lui Nernst: $E = E^0 + \frac{RT}{zF} \cdot \ln a_{\text{Me}^{z+}}$

Potențialele de oxidare anodică a principalelor metale prezente în DEEE, în soluții apoase, raportate la valoarea electrodului de referință de H_2 , sunt următoarele:



	Cu/Cu ²⁺	Sn/Sn ²⁺	Pb/Pb ²⁺	Ag/Ag ⁺	Au/Au ³⁺
E [V]	0,34	- 0,14	- 0,13	0,8	1,5

Lichidele ionice sunt săruri anhidre cu temperaturi de topire scăzute, de obicei <100⁰C și cu toxicitate redusă asupra mediului. Sunt solvenți și electroliți tari, ce prezintă o fereastră electrochimică net superioară soluțiilor apoase ($U_{descompunere} > 3 \text{ V}$).

Lipsa apei din sistem (absența ionilor H⁺ și OH⁻) conferă un mare avantaj prin evitarea reacțiilor de electrod parazite (descărcarea H₂, OH⁻), depunerea catodică a unor metale imposibil de depus în soluții apoase și creșterea randamentelor electrochimice.

Un alt avantaj îl constituie valorile diferite și diferențele mult mai mari între tensiunile de descărcare a ionilor metalici dizolvați, comparativ cu electroliții apoși; acesta oferă posibilitatea depunerii selective a metalelor de puritate electrochimică.

Caracteristicile lichidelor ionice sunt mult îmbunătățite prin utilizarea de amestecuri de săruri ce formează compoziții eutectice (așa numitele DES-uri – deep eutectic solvent).

Invenția, comparativ cu procedeele folosite de recuperare a metalelor utile și prețioase din DEEEuri prezintă următoarele avantaje:

- Recuperare complexă și selectivă a metalelor utile conținute în DEEE: Cu, Sn și aliaje Cu-Sn la dizolvarea anodică în soluții apoase, metale prețioase (Au, Ag) la dizolvarea în lichide ionice
- Prin controlul parametrilor procesului de dizolvare anodică aliaj multicomponent DEEE, respectiv tensiunea și densitatea de curent – se poate obține catodic cupru de puritate electrochimică (99,5...99,9%) la densități mici de curent sau aliaje Cu-Sn (1...8%) cu creșterea densității de curent și a tensiunii de dizolvare aplicate.
- În urma procesului de dizolvare anodică DEEE, se obține ca subprodus un nămol anodic cu conținut crescut în metale prețioase și alte metale insolubile în electrolit (prezente sub formă de sulfat). Prin topirea nămolului se obține o concentrare a metalelor prețioase prin zgurificarea ionului sulfat și a unor metale uzuale (Pb, Zn)
- Lichidele ionice reprezintă o clasa unică de electroliți ecologici pentru procedeele de recuperare a metalelor prețioase din deșeurile, datorită soluțiilor pe care le oferă problemelor asociate tehnologiilor clasice: utilizarea de soluții cu conținut de cianuri, tiocianuri, thiosulfați, etc, cu grad ridicat de poluare a mediului și fără posibilitatea de regenerare. Lichidele ionice oferă un spectru larg de proprietăți: este presiunea de vapori foarte mică (nu dau compuși organici volatili), posibilitatea de selectare a structurii, cu consecințe asupra selectivității dizolvării/electrodepunerii ionilor metalici și a vitezelor de reacție, separarea simplă a produșilor de reacție, capacitatea de regenerare/refolosire. Deoarece sunt lichide la temperaturi sub 80...100⁰C, nu necesită consum energetic pentru menținerea în stare lichidă.
- Utilizarea de lichide ionice, permite dizolvarea la temperaturi joase a unor metale prețioase, puternic electronegative, lucru imposibil utilizând electroliții apoși.
- Dizolvarea anodică a lingoului de aliaj în lichide ionice permite depunerea catodică selectivă a metalelor prețioase (Au, Ag), datorită unei selectivități mai mari în separarea ionilor metalelor și a unei ferestre electrochimice mari (> 3V)

Procesul de dizolvare anodică aliaj multicomponent DEEE s-a realizat într-o cuvă cilindrică cu capacitatea de 5000 cm³ realizată din sticlă. Drept anod "A" s-au utilizat lingouri de aliaj DEEE turnate, de formă paralelipipedică, cu dimensiunile aproximative de 200×100×25 mm. Drept catod "K" s-au utilizat plăci de oțel inox cu dimensiunile 200×100×0,5 mm. Celula a fost alimentată de la o sursă de curent continuu (20 V, 20 A).



Dizolvarea anodică selectivă a lingoului metalic rezultat în urma topirii nămolului anodic, utilizând ca electrolit lichide ionice, s-a realizat într-un vas de sticlă de capacitate 500 ml.

În vederea intensificării dizolvării anodice, lingoul metalic multicomponent, a fost turnat sub forma paralelipipedică, de grosime redusă: 80×50×2 mm. Drept catod s-a fost utilizat o folie de cupru cu dimensiunile 80×50×0,2 mm

Vasul de sticlă este cu pereți dubli, în vederea menținerii constante a temperaturii electrolitului în timpul procesului de dizolvare la 20-25⁰C, prin circulația unui curent de apă de răcire. Celula a fost alimentată de la o sursă de curent continuu (10 V, 20 A). Agitarea electrolitului s-a efectuat cu ajutorul unui agitator magnetic.

Schița celulei de dizolvare anodică selectivă în lichide ionice este prezentată în figura 1.

Pentru dizolvarea anodică a unui aliaj multicomponent, cu compoziția (%gr.) :

Cu: 45-50% , Sn: 15-25% , Pb: 12-18% , Al: 2-4% , Fe: 0,5-1,5% , Ni: 0,5-1% , Ag: 0,5-1% , Au: 0,1-0,2% , alte elemente: 0,5-1,5% , rezultat în urma topirii de DEEE, conform invenției, se efectuează operațiile descrise în continuare:

Se pregătește o cantitate de 5000 cm³ de electrolit cu următoarea concentrație: H₂SO₄: 200 g/l, CuSO₄×5H₂O: 120 g/l . Valoarea pH-ului soluției de electrolit după preparare este de 1,2-1,5.

Se adaugă o cantitate de 1g/l de clei de oase cu rolul de agent tensioactiv.

În lingourile de aliaj multicomponent (anodul) și în catodi se execută orificii cu diametrul 3-5 mm pentru fixarea conductoarelor electrice de legătură cu sursa de curent. Electrozii sunt fixați în cuva cu ajutorul unei bare din material izolant, în succesiunea K/A/K/A/K , la o distanță interelectrodică de 2 cm. Suprafața electrozilor cufundată în electrolit este de 85-90%.

După alimentarea electrolitului în cuva, se pornește procesul electrochimic de dizolvare, cu următorii parametri: tensiunea: 0,3...0,4V; intensitatea curentului: 1-20A ; temperatura de lucru: 55...60⁰C.

Curentul prin circuit a fost astfel reglat din sursa de alimentare și din reostatul înseriat cu celula încât căderea de tensiune pe celulă să se situeze în intervalul 0,3...0,4V.

La finalul procesului de dizolvare anodică DEEE, nămolul anodic a fost filtrat, spălat cu apă distilată și uscat în etuvă la o temperatură de 80⁰C timp de 10 ore.

Compoziția chimică a pulberii de nămolului anodic uscat este următoarea:

Cu: 5-10% , Sn: 10-15% , Zn: 0,2-0,5% , Pb: 35-40% , Fe: 0,1-0,2% , Ni: 0,1-0,3% , Sb: 0,2-0,5% , Ag: 10-15% , Au: 4-6% . După uscare, pulberea de nămol anodic a fost topită într-un creuzet de grafit în cuptor electric. S-a utilizat ca flux de reducere/protecție, în cantitate de 15...20%, un amestec de Na₂CO₃-borax (80%-20%).

Compoziția chimică a lingoului metalic rezultat este următoarea:

Cu: 10-14% , Sn: 20-25% , Zn: 0,05-0,1% , Pb: 3-5% , Fe: 0,2-0,4% , Ni: 0,5-1% , Sb: 0,5-0,8% , Ag: 35-40% , Au: 18-20%. Lingoul rezultat a fost dizolvat anodic selectiv într-un electrolit pe bază de lichide ionice, constituit dintr-un amestec de săruri organice ce formează un amestec eutectic, numit în literatura de specialitate DES (Deep Eutectic Solvent sau Ethaline), lichid la temperatura camerei.

DES este format din Clorura de colina-Etilen glicol în proporție de (1:2) rație molară. DES se obține prin amestecarea celor două substanțe (solide) într-un vas de sticlă, sub agitare continuă la temperatura de cca. 70⁰C până se formează un lichid limpede, incolor. Acesta își păstrează toate proprietățile și după răcire și mai ales în timp.

Pentru grăbirea reacției de dizolvare anodică a metalelor, s-a folosit drept agent catalitic și de oxidare iod solid, în proporție de 0,1 mol/l la soluția de lichid ionic utilizată.

Drept catod s-a folosit folie de tabla Cu.

Temperatura de lucru: temperatura camerei (20-25⁰C)

Dizolvarea anodică selectivă a fost realizată la următoarele tensiuni:

- 0,1-0,25 V pentru Ag , când s-au obținut depozite catodice de Ag : 99,5%

- 0,4-0,5 V pentru Au , când s-au obținut depozite catodice de Au: 99%



Revendicări

1. Procedeu de recuperare a metalelor prețioase din deșuri de echipamente electrice și electronice, caracterizat prin aceea ca lingourile rezultate în urma topirii și turnării DEEE-urilor au fost dizolvate anodic într-un electrolit apos pe bază de $H_2SO_4-CuSO_4$, cu obținerea de depozite catodice de Cu sau aliaj Cu-Sn (funcție de densitatea de curent utilizată) și a unei pulberi de nămol anodic, care a fost amestecată cu un flux reducător și topită/turnată sub forma unui lingou cu conținut crescut de metale prețioase, care a fost dizolvat anodic în lichide ionice, cu obținerea de depozite catodice pure de Au și Ag.

2. Procedeu conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că dizolvarea anodică a lingourilor de DEEE topite se realizează într-un electrolit H_2SO_4 : 150...200 g/l, $CuSO_4 \times 5H_2O$: 100...150 g/l, iar ca agent tensioactiv se utilizează clei de oase 1...5 g/l, la o tensiune de 0,3...0,5 V și o intensitate a curentului aplicate celulei variabilă 1...20 A

3. Procedeu conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că pentru topirea reducătoare a nămolului anodic rezultat, acesta este amestecat cu un flux de protecție/reducere de compoziție Na_2CO_3 -borax (80%-20% gr.), în cantitate de 15...20% din masa nămolului anodic, iar amestecul este topit într-un creuzet de grafit în cuptor electric la o temperatură de $1200^{\circ}C$ și turnat sub formă de lingou.

4. Procedeu conform revendicării 1, caracterizat prin aceea ca pentru dizolvarea anodică selectivă a lingoului provenit din nămolul anodic topit și turnat, se utilizează un electrolit pe bază de lichide ionice, constituit din amestecul eutectic (DES) de Clorura de colina-Etilen glicol în proporție de (1:2) rație molară, iar ca agent de catalitic și de oxidare se utilizează iodul solid 0,1...0,5 moli/l.

5. Procedeu conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că la dizolvarea anodică selectivă a nămolului anodic în lichide ionice, la o tensiune aplicată celulei de 0,1...0,25 V se depune catodic Ag de puritate 99,5% , la o tensiune de 0,4...0,5 V se depune catodic Au de puritate 99%

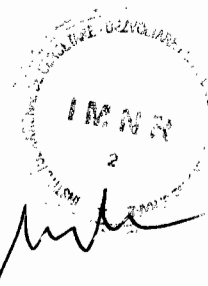
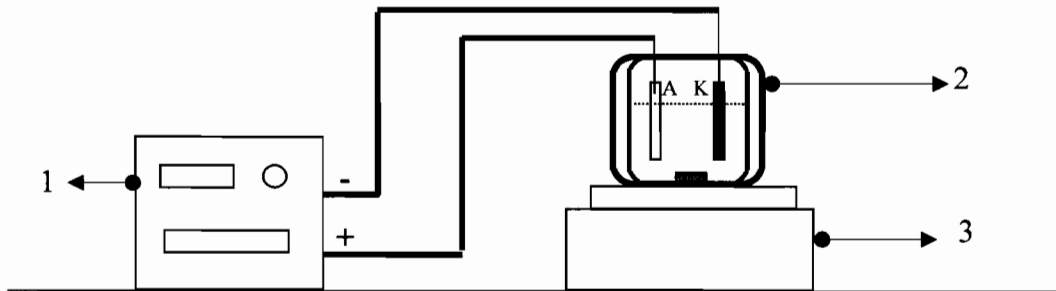


Figura 1. Schița instalației de dizolvare selectivă în lichide ionice



1. Sursa de curent continuu (10V, 20A);
2. Celula de electroliză: vas de sticlă cu pereți dubli;
3. Agitator magnetic. A – Anod (lingou aliaj multicomponent); K – Catod (folie tablă cupru)