



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00990**

(22) Data de depozit: **03/10/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/07/2016** BOPI nr. **7/2016**

(41) Data publicării cererii:
28/06/2013 BOPI nr. **6/2013**

(73) Titular:

- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU METALE NEFEROASE ȘI RARE - IMNR, BD.BIRUIȚEI NR.102, PANTELIMON, IF, RO;**
- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU CHIMIE ȘI PETROCHIMIE - ICECHIM, SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.202, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:

- **MARA ELEONORA LUMINIȚA, STR.HUȘI NR.4, BL.B 35, SC.3, ET.1, AP.39, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **PREDICA VASILE, CALEA PLEVNEI NR.15, SC.A, ET.6, AP.71, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **SÂRBU ANDREI, STR.VALEA OLTULUI NR.16, BL.A 28, SC.C, ET.2, AP.37, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **SÂRBU LILIANA, STR.VALEA OLTULUI NR.16, BL.A 28, SC.C, ET.2, AP.37, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **ENACHE LENUȚA, ȘOS. VERGULUI NR. 65, BL. 17, SC. H, AP. 31, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **BADILIȚA VIOREL, STR. GURA IALOMIȚEI NR. 3, BL. PC9, SC. A, AP. 6, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **CAPOTA PETRE, STR. IACOB ANDREI NR. 34, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**

- **FRUTH-OPRIȘAN VICTOR, STR.PLANTELOR NR.14, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **GAREA SORINA ALEXANDRA, STR.PRĂSILEI NR.8, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **SOARE VICTORIA, BD. THEODOR PALADY NR.29, BL. N3A, SC. A, AP. 9, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **NEAGU ELEONORA, STR. LUNCȘOARA NR. 1, BL. 52, SC. A, AP. 35, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **PURCARU VICTORIA, STR. BĂBEȘTI NR. 3, BL. 57, AP. 24, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **STOICIU FLORENTIN, STR. UNIRII NR. 35, BRĂNEȘTI, IF, RO;**
- **GHERGHE SÂNDICA LILIANA, ALEEA ILIOARA NR. 1, BL. PM29, SC.C, AP. 88, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **LUPU CORNELIA, STR. MELODIILOR, BL. L 11, SC. C, AP. 1, DRĂGĂȘANI, VL, RO;**
- **GHIȚĂ MIHAI, BD. 1 DECEMBRIE 1918, NR. 20, BL. 2, SC. 2, ET.8, AP.70, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **ISPAS ADRIANA, BD. UVERTURII NR. 83, BL. 015, SC. D, AP. 107, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **LUNGU ANAMARIA, STR.STÂNJENEILOR NR.8, BL.1, SC.A, ET.2, AP.9, SINAIA, PH, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 123556; EP 1373139; US 5780005

(54) **PROCEDEU DE PRELUCRARE A SERPENTINITEI ȘI
PRODUSE REALIZATE CONFORM PROCEDEULUI**



RO 128499 B1

1 Invenția se referă la un procedeu de prelucrare eficientă a serpentinitei, cu obținerea
de compoziții pe bază de oxizi de fier și magneziu. Procedeu permite valorificarea eficientă
3 a unei materii prime nepericuloase, sub forma unui silicat natural pe bază de magneziu, prin
solubilizarea acestuia în mediu apos cu o soluție cu conținut de acid mineral de tip HCl sau
5 HNO₃, care permite reducerea costurilor de procesare prin numărul redus de faze de procesare
și recircularea apelor de proces, când se obțin produse cu valoare comercială sub
7 forma unui reziduu gelatinos de silice amorfă activă, cu puritate de peste 60%, pulbere formată
din agregate de zeci de microni pe bază de brucit, Mg(OH)₂ peste 89%, obținută prin
9 precipitare, și pulbere de oxizi de Fe³⁺ obținută prin precipitare în mediu alcalin, produse cu
diferite aplicații industriale.

11 În prezent sunt cunoscute mai multe procedee de tratare a silicaților naturali cu
conținut de magneziu sub formă de olivină, talc sau serpentinit, având ca obiective obținerea
13 de produse comerciale cu valoare adăugată, în special pe bază de silice amorfă și compuși
cu magneziu, nichel sau mangan, în funcție de originea geologică a silicaților prelucrați, și,
15 de asemenea, sunt cunoscute procedee de obținere a acestora, având ca obiectiv obținerea
compușilor de tipul sulfatului de magneziu cristale MgSO₄·7H₂O, cu aplicații în tratarea
17 apelor, în industria textilă, în industria chimică și în siderurgie, și a unei silice amorfe reactive
chimic, cu particule sferice de granulație și porozitate controlată, și cu suprafețe specifice
19 ridicate, cuprinse în domeniul 150...250 m²/g. Sunt cunoscute unele procedee care constau
în solubilizarea în până la șase etape, într-o reacție puternic exotermă cu efervescentă, a silicatului
21 natural în mediu apos concentrat în acid clorhidric, urmată de mai multe etape de
separare prin centrifugare repetată a materialului solid și a cristalelor de sulfat de magneziu,
23 ca în brevetul **EP 889055729** (publicat și ca **US 4944928**) și brevetul **MX PAO 2011706 A**,
în care, pentru a desface structura moleculară a silicatului, se folosește o soluție concentrată
25 de acid sulfuric, pentru a obține o soluție concentrată cu conținut de magneziu, nichel, mangan,
și pământuri rare, și materialele de tip feldspat ce însoțesc serpentinita se transformă
27 într-o argilă bentonitică, și în care, pentru separarea materialului solid, se utilizează decantoare
DOR pentru sedimentare un timp de 12 până la 48 h a suspensiei care se filtrează apoi
29 prin centrifugare în operații repetate, iar la final reziduu de silice se usucă la 250°C. Alte
brevete descriu procedee de precipitare în mediu acid de acid clorhidric 6N, după solubilizarea
31 silicatului natural de tip olivină, serpentinit sau talc, pretratate în prealabil, și solubilizate în
contracurent într-un reactor din oțel prevăzut cu agitare (300...500 rpm), ca în brevetul
33 **PI 9407389 A** (publicat și ca **US 5780005**), în care reziduu de silice se separă și se spală
în operații succesive prin centrifugare până la pH 6, după care reziduu se usucă la 110°C.
35 Brevetul **EP 1373139** descrie o metodă de extragere a silicei (SiO₂) și a magneziului din
olivină, în care olivina este amestecată cu acid sulfuric concentrat, și încălzită la 150...400°C,
37 timp de 3...12 h, urmată de diluarea cu apă a amestecului de reacție, unde silicea precipită
și este îndepărtată prin filtrare, iar filtratul conținând magneziu dizolvat este prelucrat ulterior
39 pentru a obține produse pe bază de magneziu, iar precipitatul de silice este spălat cu soluții
alcaline de carbonat de sodiu sau hidroxid de sodiu și, în final, cu soluții acide diluate. De
41 asemenea, se cunoaște brevetul **RO123556**, care se referă la silice mezoporoasă și la un
procedeu de obținere a acesteia, constând în solubilizarea serpentinitului micronizat cu o
43 soluție de acid clorhidric sau azotic, la temperaturi de 80...97°C, timp de 1...2 h, separarea
amestecului obținut, din care rezultă o turtă de silice care se spală de 3...5 ori, după care au
45 loc o filtrare și o uscare la o temperatură de 80...95°C, timp de 3...6 h, rezultând și o soluție
reziduală care se tratează cu soluții alcaline, fiind obținuți compuși hidratați cu fier sau
47 magneziu.

RO 128499 B1

Conform acestor procedee pentru obținerea produselor cu valoare economică, rezultate prin valorificarea silicaților naturali cu conținut de magneziu calculat ca oxid de peste 30%, și dioxid de siliciu de peste 40%, este necesar un număr mare de etape de procesare, aplicate în mod repetat, în principal, cauzate de reacțiile puternic exoterme, care au loc cu efervescentă; de asemenea, este necesar un timp îndelungat, de până la 12...48 h, pentru separarea rezidului de silice, care se separă și se spală în etape repetate prin centrifugare, sau se obține un reziduu de tip bentonitic, pentru care nu sunt precizate posibilele domenii de aplicare și utilizare.	1 3 5 7
Procedeele prezentate mai sus prezintă următoarele dezavantaje: necesitatea unui număr ridicat de etape de procesare, volum mare de ape uzate, consumuri energetice mari, costul ridicat al materiilor prime, probleme deosebite de sinteză și densificare a produselor solide rezultate.	9 11
Procedeul conform invenției elimină dezavantajele enumerate prin aceea că se aplică pe o materie primă constând dintr-o rocă reziduală rezultată la exploatarea și separarea azbestului crisotilic din serpentinită, cu un conținut relativ redus de magneziu: antigorite $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ circa 70%, pyroaurite $Mg_6Fe_2CO_3(OH)_{16} \cdot 4(H_2O)$ circa 15%, talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ 5...10% și chlorite $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ sub 5%, determinate prin analiza de difracție de raze X și prin analiza de microscopie optică, permite realizarea de consumuri energetice reduse, rezultă un volum redus de ape de proces; procesele au loc la presiune atmosferică în vase de reacție cu construcție simplă și temperaturi sub 100°C, procedeul ducând la valorificarea completă a serpentinitei sub formă de produse și subproduse cu valoare economică certă, destinate aplicațiilor industriale.	13 15 17 19 21
Problema tehnică pe care urmărește să o rezolve invenția este realizarea unui proces eficient de prelucrare a serpentinitei, și cu impact de mediu redus, cu obținerea de materiale valorificabile din punct de vedere economic.	23 25
Procedeul de prelucrare a serpentinitei, conform invenției, permite reducerea volumului apelor de proces necesare cu 50% față de procedeele cunoscute, și obținerea de fracții metaloxidice valorificabile economic, și cuprinde următoarele etape caracteristice:	27
- serpentinita reziduală fin măcinată se tratează sub agitare la 95...105°C, timp de 2...3 h, cu o soluție de acid azotic de concentrație 3...6 molar, diluată cu 1/2 din apele de la prima spălare a precipitatului de silice, obținându-se o soluție concentrată ce conține 50...60 g/l magneziu, 12...15 g/l fier, și un precipitat de silice cu un conținut de silice de cel puțin 60%;	29 31 33
- suspensia rezultată se diluează până la 1/3 din volum utilizând 1/2 din apele de la prima spălare a precipitatului de silice, și se supune operației de filtrare a precipitatului de silice;	35
- spălarea primară pe filtru a precipitatului de silice, la un raport lichid-solid 5:1...10:1, prin recircularea a 1/2 din soluția limpede de filtrat rezultată la spălarea secundară a turtei de precipitat;	37 39
- spălarea secundară pe filtru a precipitatului de silice, utilizând soluția limpede de filtrat de la a treia etapă de spălare a precipitatului;	41
- spălarea terță pe filtru a precipitatului de silice, cu apă proaspătă, urmată de recircularea soluției limpede de filtrat la etapele anterioare;	43
- uscarea precipitatului de silice la 60...80°C, timp de 2 h, când se obține o pulbere de silice cu conținut de SiO_2 de 60...76%, un conținut mediu de fier cuprins în intervalul 1,4...1,8%, și suprafața specifică BET cuprinsă în intervalul 230...340 m^2/g ;	45
- soluția limpede de la filtrarea serpentinitului supus acidulării este tratată pentru oxidare cu azotit de sodiu solid, adăugat în cantitate calculată în funcție de concentrația fierului inițial din soluție, și de trecerea unui curent de aer prin barbotare continuă;	47 49

RO 128499 B1

1 - precipitarea compușilor cu fier prin tratarea soluției de la etapa anterioară cu o
soluție saturată de carbonat de sodiu până la pH 7...8 și separarea compușilor cu fier rezul-
3 tați sub formă de precipitat, prin filtrare în vid și uscare la $100^{\circ}C$, timp de 2 h;

- tratarea filtratului limpede, de la etapa anterioară, cu soluție saturată de carbonat
5 de sodiu până la pH de 11...12, când precipită un produs cu conținut ridicat de magneziu,
care este separat prin filtrare în vid și uscare la $100^{\circ}C$, rezultând un produs alb pulverulent,
7 cu conținut ridicat de magneziu, sub forma unui amestec de brucit- $Mg(OH)_2$ și periclaz- MgO .

Într-o primă fază a procedurii are loc solubilizarea serpentinitei cu o granulație sub
9 $63 \mu m$ în mediu apos, la un raport de masă solid:lichid 3,5...4,5:1, într-o singură treaptă, la
temperaturi cuprinse în domeniul $95...105^{\circ}C$ și presiune atmosferică, în circuit închis, cu
11 recircularea apelor de proces rezultate la spălarea rezidului cu conținut de dioxid de siliciu,
folosind soluții acide cu concentrație în domeniul 3...6 M, de acid azotic sau acid clorhidric,
13 pentru ruperea legăturilor Si-Mg din minerale, și trecerea în soluție a elementelor solubile
majoritare și a celor sub formă de impurități, din componenta silicatului natural (serpentinit)
15 folosit ca materie primă, urmată de o a doua fază în care, pentru separarea fazelor lichidă
și solidă prin operații specifice de filtrare sub vid, se diluează suspensia obținută la solubili-
17 zare cu până la 1/3 de volum apă distilată calculată în raport cu cantitatea de suspensie obți-
nută la solubilizare, după care turta de reziduu solid obținut se supune unei a treia faze de
19 proces, în care turta de reziduu solid se spală direct pe filtru cu apa fierbinte a rezidului
insolubil cu conținut de dioxid de silice, în cel puțin două trepte de spălare (etapele 3...4),
21 urmată de o a cincea etapă de uscare prin tratament termic, în atmosferă obișnuită, la $80^{\circ}C$,
timp de 2 h, pentru îndepărtarea conținutului de umiditate din reziduu, când se obține o
23 pulbere solidă cu concentrație de peste 60% silice în general amorfă. Prima apă de spălare
a precipitatului de silice, conform invenției, se recirculă în proporție de 1/2 la etapa 1 de solu-
25 bilizare, contribuind astfel la reducerea cantității de acid concentrat utilizat cu până la 5...10%
față de cazul în care nu se recirculă această apă de proces, și cealaltă cantitate de 1/2 din
27 prima apă de spălare a precipitatului se recirculă la prima treaptă de spălare a turtei rezultate
la separarea fazelor lichidă și solidă, după solubilizare. Cea de a doua apă de spălare a
29 precipitatului de silice, conform invenției, se recirculă în proces în proporție de 1/2 exprimată
în rapoarte de volum, la diluarea soluției mumă concentrate, rezultate la solubilizare, și restul
31 de 1/2 se recirculă la prima etapă de spălare a turtei de reziduu separată prin filtrare sub vid.
Astfel, conform invenției, se recirculă în proces în totalitate apele de proces acide care nu
33 mai necesită neutralizare, și se reduce semnificativ cu până la 50% consumul de ape de
proces. Faza lichidă obținută după diluarea soluției mumă concentrate este valorificată con-
35 form invenției, printr-o primă etapă de oxidare cu azotit de sodiu și barbotare cu aer a ionilor
de fier din soluție la Fe^{3+} , urmată de alte două etape succesive de separare a compușilor cu
37 fier și magneziu din soluția concentrată (mumă), prin precipitare cu soluții alcaline de hidroxid
de sodiu 1...2 molar, de amoniu 20...25% și/sau carbonat de sodiu la saturație, o a treia
39 etapă de separare prin filtrare sub vid a fazelor solide precipitate, urmate de spălarea precipi-
tatelor și uscarea turtelor de precipitat obținute după filtrare, când se obțin pulberi cu conținut
41 de Fe_2O_3 și $Mg(OH)_2$ cu peste 89% brucit, care prezintă valoare economică comercială, fiind
utilizate ca agenți de precipitare la tratarea apelor uzate și în industria de materiale de
43 construcție.

Instalația de prelucrare a serpentinitei, conform invenției, prezentată în figură, se
45 compune din: **1**, **1'**, **1''** - dozatoare solide (silicați, soluții), **2** - balanța analitică, **3** - reactor de
inox rezistent la coroziune, pentru tratare acidă a serpentinitei, **3'** - vas de preparare a solu-
47 ției acide, **3''** - vas de preparare a soluției alcaline, **3'''** - vas de preparare a soluției de ames-
tec, **4**, **4'** - dozatoare lichide (soluții A, B sau C și apă), **5** - agitatoare mecanice; **6** - sursă de

RO 128499 B1

încălzire al mediului de reacție la 95°C, 7 - vas filtrare la vid ca filtru presă; 8 - vas colectare filtrat - apă spălare, 9 - senzor temperatură, 10 - electrod pH, 11 - electrod de conductivitate, 12 - unitate PC cu display prelucrare date experimentale, 13 - etuvă electrică pentru uscarea pulberilor. 3

Se prezintă în continuare 2 exemple de realizare a invenției, fără a le considera limitative. 5

Exemplul 1 7

Într-un vas de reacție termorezistent, din sticlă tip Pyrex sau similar, sau din oțel inoxidabil 316, se introduc 1528 ml de soluție de acid azotic cu densitatea de 1,31 g/cm³, și 440 g serpentinită cu compoziția următoare: Mg 25,21%, Fe 6,13%, Si 15,2% Na 0,2%, Ca 0,63%, Cr 0,29%, H₂O 0,45% ca umiditate, și pierderi la calcinare (PC) la 1000°C 17,43%, cu granulație sub 63 μm, sub agitare continuă cu 350 rpm, după care suspensia se încălzește cu ajutorul unei surse de încălzire exterioară până la temperatura de regim de 95°C, timp de 2 h, timp în care are loc reacția de solubilizare a serpentinitei, cu trecerea în soluție a elementelor solubile (fier și magneziu). Suspensia cu un raport inițial de masă de solid:lichid de 3,5:1, după solubilizarea completă a elementelor solubile din serpentinită, se diluează până la 1/3 din volum, utilizând 1/2 din apele de la prima spălare a precipitatului de silice, și se supune separării fazelor lichide și solide prin filtrare în vid pe filtru presă la 3 atm, timp de 30 min, când se obține un volum de fază lichidă de 1180 ml concentrată, cu un conținut de 55 g/l Mg și 12,5 g/l Fe, 0,7 g/l aluminiu (Al), determinate analitic prin procedee clasice de analiză chimică, și o turtă de reziduu umed în cantitate de 175 g, care se spală pe filtru prin recircularea apelor de spălare și apă proaspătă, în trei etape de spălare, astfel: 15

- spălarea primară pe filtru a precipitatului de silice, la un raport lichid-solid 5:1...10:1, prin recircularea a 1/2 din soluția limpede de filtrat, rezultată la spălarea secundară a turtei de precipitat; 23

- spălarea secundară pe filtru a precipitatului de silice, utilizând soluția limpede de filtrat, de la a treia etapă de spălare a precipitatului; 25

- spălarea terță pe filtru a precipitatului de silice, cu apă proaspătă, urmată de recircularea soluției limpede de filtrat la etapele anterioare. 27

Turta de reziduu spălată se usucă în etuva electrică la 80°C, timp de 2 h, când se obține o pulbere cu conținut de dioxid de siliciu de cel puțin 60%, cu următoarea compoziție chimică: Si 35,16%, Fe 0,98%, Mg 0,67%, umiditate 13,82% și pierderi la calcinare PC (1000°C) 26,4%. 29

Soluția acidă rezultată la filtrare se tratează cu o cantitate suficientă de azotit de sodiu cristalizat în curent de aer, prin barbotare continuă și adăugare de soluție alcalină saturată de carbonat de sodiu, până la atingerea unui pH în soluție de maximum 6,5, când are loc precipitarea compusului oxidic cu fier trivalent Fe³⁺. Acesta se separă prin filtrare sub vid timp de 15...30 min, și spălare cu apă distilată pe filtru, după care turta care se obține se usucă la 105°C, o durată de 2 h, și se calcinează la 300°C, cu următoarea compoziție chimică: 22,56% Fe, 22,4% Fe³⁺, 5,85% Mg, 0,14% Fe²⁺, 3,08% Na, 31,93% H₂O, 47,67% pierderi la calcinare PC (la 1000°C). 31

Filtratul obținut după separarea fierului din soluție se supune în continuare operației de separare prin precipitare alcalină la temperatura camerei (25°C), utilizând soluție de hidroxid de sodiu 1...2 M sau soluție saturată de carbonat de sodiu, până la atingerea unui nivel de pH în soluție de până la 11...12 upH, când are loc separarea magneziului în principal sub formă de Mg(OH)₂ brucit peste 89%, determinat prin analize de difracție de raze X (analiza semicantitativă), și restul periclase MgO (11% în procente de greutate). 37

RO 128499 B1

1 Soluția reziduală obținută în final are compoziția chimică următoare: Mg 0,033%,
Fe 0,0024%, Na 44,46%, NO_3^- 4,5%, CO_3^{2-} 2,92%, și se recirculă la faza de precipitare cu
3 alcalii.

Exemplul 2

5 Într-un vas de reacție termorezistent și rezistent la coroziune, se introduc 1500 ml de
soluție acidă de acid azotic cu densitatea de $1,32 \text{ g/cm}^3$, și 445 g serpentinit cu compoziția
7 următoare: Mg 25,21%, Fe 6,13%, Si 15,2%, Na 0,2%, Ca 0,63%, Cr 0,29%, H_2O 0,45% ca
umiditate, și pierderi la calcinare (PC) la 1000°C 17,43%, cu granulație sub $63 \mu\text{m}$, sub agitare
9 continuă cu 350 rpm, după care suspensia se încălzește cu ajutorul unei surse de încălzire
exterioare, până la temperatura de regim de 98°C , timp de 2,5 h, pentru realizarea reacției
11 de solubilizare a serpentinitei, cu trecerea în soluție a elementelor solubile (fier și magneziu).
După solubilizarea completă a elementelor solubile din serpentinită, amestecul se supune
13 separării fazelor lichide și solide prin filtrare în vid pe filtru presă la 3 atm, timp de 30 min, când
se obține o fracție lichidă acidă, cu un volum de 1100 ml, cu un conținut de 61,2 g/l Mg și 14,7 g/l
15 Fe, 0,74 g/l aluminiu (Al), determinate analitic prin procedee clasice de analiză chimică, și
o turtă de reziduu umed în cantitate de 180 g, care se spală pe filtru prin recircularea apelor
17 de spălare și apă proaspătă, în trei etape de spălare, ca la exemplul 1.

Turta de reziduu spălată se usucă în etuva electrică la 80°C , o durată de 2 h, când
19 se obține o pulbere cu conținut de dioxid de siliciu (silice) cu următoarea compoziție chimică:
Si 35,30%, Fe 1,0%, Mg 0,84%, umiditate 15,23% și pierderi la calcinare (1000°C) 21,6%.

21 Soluția acidă rezultată la filtrare se tratează, după necesități, cu o cantitate de azotit
de sodiu cristalizat în curent de aer, prin barbotare continuă și adăugare de soluție alcalină
23 saturată de carbonat de sodiu, până la atingerea unui pH în soluție de maximum 6,5 μpH ,
când are loc precipitarea compusului oxidic cu fier trivalent Fe^{3+} . Acesta se separă prin
25 filtrare sub vid timp de 15...30 min, și spală cu apă distilată pe filtru, după care turta care se
obține pe filtru se usucă la 100°C , o durată de 2 h, și se calcinează la 300°C , rezultând un
27 produs cu următoarea compoziție chimică: 22,30% Fe, 22,24% Fe^{3+} , 9,8% Mg, 0,06% Fe^{2+} ,
3,65% Na, 24,93% H_2O , 50,64% pierderi la calcinare PC (1000°C).

29 Filtratul obținut după separarea fierului din soluție se supune în continuare operației
de separare prin precipitare la temperatura camerei (25°C), utilizând soluție saturată de
31 carbonat de sodiu, până la atingerea unui nivel de pH în soluție de până la 11...12 μpH , când
are loc separarea compușilor chimici cu conținut de magneziu sub forma unui amestec de
33 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -brucit 90%, determinat prin analize de difracție de raze X, și periclase-MgO 10%.

1. Procedeu de prelucrare a serpentinitei, generată sub formă de reziduu la exploatarea azbestului crisotilic, cu conținut de antigorit $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$ ca mineral majoritar, pyroaurit $[\text{Mg}_6\text{Fe}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ circa 15% , talc $[\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_4]$ 5...10%, chlorite $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$ sub 5%, prin solubilizarea acidă a acesteia, și prelucrarea ulterioară a fazelor rezultate, **caracterizat prin aceea că** permite reducerea volumului apelor de proces necesare cu 50% față de procedeele cunoscute, și cuprinde următoarele etape caracteristice:
- serpentinita reziduală fin măcinată se tratează sub agitare la 95...105°C, timp de 2...3 h, cu o soluție de acid azotic de concentrație 3...6 molar, diluată cu 1/2 din apele de la prima spălare a precipitatului de silice, obținându-se o soluție concentrată ce conține 50...60 g/l magneziu, 12...15 g/l fier, și un precipitat de silice cu un conținut de silice de cel puțin 60%;
 - suspensia rezultată se diluează până la 1/3 din volum, utilizând 1/2 din apele de la prima spălare a precipitatului de silice, și se supune operației de filtrare a precipitatului de silice;
 - spălarea primară pe filtru a precipitatului de silice, la un raport lichid-solid 5:1...10:1, prin recircularea a 1/2 din soluția limpede de filtrat, rezultată la spălarea secundară a turtei de precipitat;
 - spălarea secundară pe filtru a precipitatului de silice, utilizând soluția limpede de filtrat, de la a treia etapă de spălare a precipitatului;
 - spălarea terță pe filtru a precipitatului de silice, cu apă proaspătă, urmată de recircularea soluției limpede de filtrat la etapele anterioare;
 - uscarea precipitatului de silice la 60...80°C, timp de 2 h, când se obține o pulbere de silice cu conținut de SiO_2 de 60...76%, un conținut mediu de fier cuprins în intervalul 1,4...1,8%, și suprafața specifică BET cuprinsă în intervalul 230...340 m^2/g ;
 - soluția limpede, de la filtrarea serpentinitului supus acidulării, este tratată pentru oxidare cu azotit de sodiu solid, adăugat în cantitate calculată în funcție de concentrația fierului inițial din soluție, și trecerea unui curent de aer prin barbotare continuă;
 - precipitarea compușilor cu fier, prin tratarea soluției de la etapa anterioară cu o soluție saturată de carbonat de sodiu până la pH 7...8, și separarea compușilor cu fier rezultați sub formă de precipitat, prin filtrare în vid și uscare la 100°C, timp de 2 h;
 - tratarea filtratului limpede, de la etapa anterioară, cu soluție saturată de carbonat de sodiu până la pH 11...12, când precipită un produs cu conținut ridicat de magneziu, care este separat prin filtrare în vid și uscare la 100°C, rezultând un produs alb, pulverulent, cu conținut ridicat de magneziu, sub forma unui amestec de brucit- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ și periclaz- MgO .
2. Produs sub formă de amestecuri de oxizi metalici, obținut prin prelucrarea serpentinitei conform procedeeului definit în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** este format din amestecuri de oxizi și/sau hidroxizi metalici ai elementelor sodiu, magneziu, fier în diverse stări de oxidare.
3. Produs cu conținut ridicat de fier, conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** are următoarea compoziție chimică: 17,5...42,8% fier total, din care 17,1...41,9% Fe^{3+} și 0,14...0,17% Fe^{2+} ; 2,3...5,85% magneziu; 1,28...3,5% sodiu; 0,31...0,93% apă și 35...47,67% pierderi la calcinare la 1000°C.
4. Produs cu conținut ridicat de magneziu, conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** materialul pulverulent constă în compuși chimici cu conținut de magneziu sub formă de hidroxid de magneziu-brucit peste 89%, și restul sub formă de periclaz- MgO , produsul având următoarea compoziție chimică: 30...38% magneziu; 0,006...0,016% fier; 0,02...0,65 sodiu; 37...45% pierderi la calcinare la 1000°C.

