



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00745**

(22) Data de depozit: **06.10.2014**

(41) Data publicării cererii:
30.03.2015 BOPI nr. 3/2015

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
TEHNOLOGII CRIOGENICE ȘI IZOTOPICE**
- **ICSI RÂMNICU VÂLCEA, STR. UZINEI
NR. 4, RÂURENI, VL, RO**

(72) Inventatori:
• **DAVID ELENA, STR. I.L. CARAGIALE NR. 1,
BL. A 41/I, SC. B, ET. 1, AP. 3,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;**

• **ȘTEFĂNESCU IOAN,**
BD. NICOLAE BĂLCESCU NR. 4,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;
• **ARMEANU ION-ADRIAN,**
STR. HENRI COANDĂ NR. 27, BL. S4,
SC. A, AP. 10, RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;
• **ȘANDRU CLAUDIA, STR. CĂZĂNEȘTI**
NR. 1, RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO

(54) PROCEDEU ȘI GENERATOR PENTRU OBTINEREA HIDROGENULUI DIN DEȘEURI METALICE ȘI APĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu și la un generator pentru obținerea hidrogenului din deșeuri metalice de Al și apă, deșeurile metalice de Al utilizate fiind bucăți de zgură rezultată din procesul primar și secundar de producere a Al, sau resturi metalice solide de Al recuperate din industria de automobile, a conservelor de bere, din construcții sau din alte domenii asemenea. Procedeu conform invenției are următoarele etape: mărunțirea bucăților de zgură prin concasare, transformarea mărunțului în pudră, utilizând o moară cu bile, sitarea pudrezultatate și reținerea particulelor cu $\Phi < 0,1$ mm, care este stocată într-un rezervor sub atmosferă inertă de argon sau azot, pentru menținerea suprafeței active a particulelor, fracția cu $\Phi > 0,1$ mm este reintrodusă la măcinare, cu pudra din rezervor se umple cartușul (2) unui generator, peste care se introduce apă de la robinet sau industrială, producându-se mai întâi fenomenul de hidroliză a sărurilor de Na, K și a oxidului de Ca, ceea ce conduce la obținerea unui mediu alcalin cu $pH > 9,3$ în zona de reacție, mediu care favorizează declanșarea reacției dintre particulele metalice de Al activ și apa la temperatura camerei, obținându-se hidrogen cu concentrație ridicată $> 99,5\%$ vol și degajare de căldură, și un reziduu solid de aluminiu, inofensiv pentru mediu. Generatorul conform invenției este constituit dintr-un recipient (1), un cartuș (2) cu o manta de păsă din material textil, permeabil pentru apă și gaz, susținut în partea de jos de un suport (3) din inox perforat, și la partea de sus de un tub (7) din inox perforat, fixat în capacul (10) recipientului (1), un rezervor (8) cu apă din care se introduce apă în generator, printr-o duză (5), un rezervor (9) de colectare a hidrogenului produs, trei robinete (R_1 , R_2 și R_3), două manometre (M) și un indicator (ID) de debit al hidrogenului rezultat.

Revendicări: 2
Figuri: 2

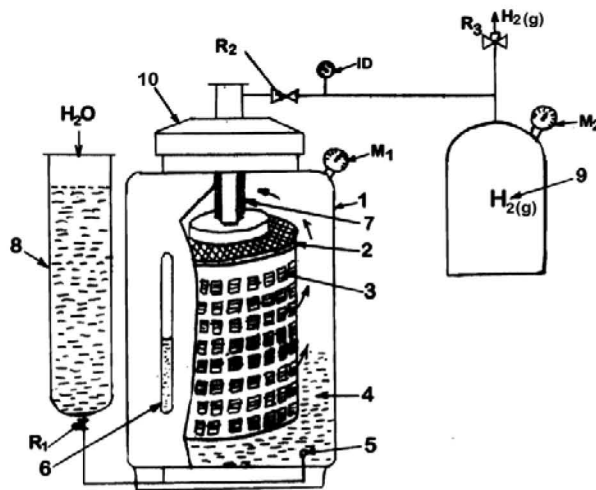


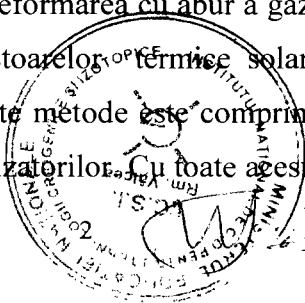
Fig. 2



Procedeu și generator pentru obținerea hidrogenului din deșeuri metalice și apă

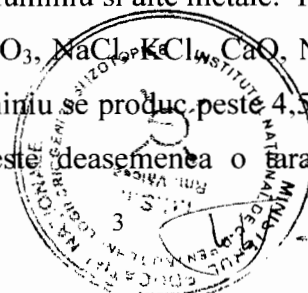
DESCRIERE

Hidrogenul este considerat un combustibil curat, care are un impact minim asupra mediului, în ceea ce privește emisiile de dioxid de carbon și alte gaze cu efect de seră rezultate din utilizarea lui ca sursă de energie. În forma sa moleculară, hidrogenul poate fi folosit direct ca un combustibil pentru vehicule, sau indirect, pentru a produce energie electrică pentru uz industrial, în transport sau uz casnic. Avantajul enorm pe care hidrogenul îl are față de alți combustibili este acela că nu produce poluare deoarece din reacția de ardere a sa rezultă numai un singur produs - apă. Hidrogenul este un combustibil, de asemenea, aproape ideal, în termeni de reducere a smogului atunci când este ars. Hidrogenul nu conține sulf sau carbon, astfel încât nu produce CO, CO₂ sau de SO_x sau funingine în timpul arderii. Hidrogenul într-o celulă de combustie produce zero emisii nocive. Oxizii de azot sunt complet eliminați din cauza temperaturilor scăzute de operare (~ 80 ° C) ale celulelor. Hidrogenul este non-toxic, deci hidrogenul nu prezintă un risc pentru sănătate în mod direct. Hidrogenul este cea mai atractivă alternativă de combustibil deoarece prin combustie produce o enormă cantitate de căldură, mai mare decât orice alt material. În plus, hidrogenul este cel mai abundent element din univers, dar foarte rar găsit în forma sa elementară, el fiind găsit în mulți compusi precum hidrocarburi, carbohidrați, combustibili dar mai ales sub forma de apă, motiv pentru care exploatarea hidrogenului ca un combustibil universal, este mult sprijinită în întreaga lume. Separarea hidrogenului din acești compusi este nu numai complicată și incomod dar este și foarte costisitor. În ultimele două decenii, elaborarea unei economii energetice bazate pe hidrogen a făcut progrese importante și numeroase cercetări cum ar fi cele referitoare la celule de combustie pe bază de hidrogen, autovehicule cu combustibil pe baza de hidrogen au fost și sunt dezvoltate [1]. Deși aceste descoperiri importante, constituie repere spre o societate liberă de poluare, mai multe cercetări se impun pentru a obține hidrogen de puritate ridicată în mod economic [1]. Multe metode au fost și sunt prezentate pentru generarea de hidrogen [1-3]. Cele mai cunoscute dintre acestea sunt electroliza apei, gazeificarea carbunelui, reformarea cu abur a gazului natural, oxidarea parțială a fracțiilor petroliere grele, utilizarea reactorilor termici solare și nucleare pentru a genera hidrogen, etc. Hidrogenul produs cu aceste metode este comprimat și stocat în tancuri sau alte containere și transportat sau distribuit utilizatorilor. Cu toate acestea transportul hidrogenului este



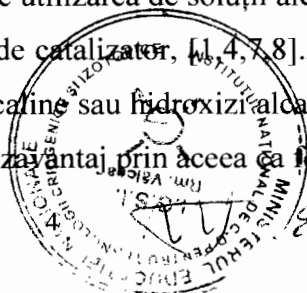
costisitor si periculos, de aceea este preferabil sa se genereze hidrogen direct de catre utilizatori in functie de necesitati. Fata de acest inconvenient , prezenta inventie are avantajul ca prezinta o metoda si un sistem care genereaza hidrogen direct , in cantitatea dorita de utilizatori , costuri scazute si puritate ridicata.

Din alt punct de vedere este cunoscut ca metalele alcaline(precum sodiu, potasiu, litiu) si alcalino-pamantoase (calciu, strontiu, aluminiu, magneziu, etc) reactioneaza cu apa in mod spontan cu generarea de hidrogen si caldura [2,3] . Dintre acestea o sursă convenabilă de hidrogen din punct de vedere economic este reacția dintre aluminiu cu apă, cand are loc descompunerea moleculei de apa in hidrogen si oxigen. Hidrogenul este eliberat sub forma de gaz, iar oxigenul se combina cu aluminiu pentru a forma compuși de aluminiu. Avand in vedere ca aluminiul este al treilea element ca abundenta după oxigen și siliciu, în pământ, și constituie aproximativ 8% din greutatea pământului iar apa este, de asemenea abundenta, ca urmare, reacția acestor două elemente pentru a produce hidrogen reprezintă o propunere interesantă de a înlocui combustibilii fosili [1,2]. Utilizarea insa a aluminiului pur, în reacție cu apa pentru a produce hidrogen, prezentata in multe brevete [4-9] este o solutie viabila dar costisitoare tinand cont de costurile pentru producerea aluminiului sub forma de metal pur. Este cunoscut insa faptul că mari cantitati de aluminiu metalic este prezent în deseuri solide rezultate chiar din procesul de producere a aluminiului si cunoscute sub denumirea de zguri metalice. Utilizarea aluminiului din această sursă pentru a produce hidrogen are două efecte, unul asupra mediului prin reciclarea acestor deșeuri și a doua asupra costului de producție. Prezenta inventie are avantajul fata de solutiile prezentate in brevetele din literatura [4-9] ca utilizeaza aceste deseuri solide pe baza de aluminiu , fara alte adaosuri ca activatori (precum hidroxizi alcalini de sodiu sau potasiu) pentru generarea hidrogenului , reducand substantial costul de producere prin reciclarea acestor deseuri si transformarea lor in produse cu valoare adugata , precum hidrogenul si oxidul de aluminiu, cunoscut sub denumirea de alumina. Aluminiu in deșeurile industriale solide vine din multe surse precum fabricarea aluminiului, producția de automobile, constructii, ambalarea produselor alimentare, fabrici de sucuri, conserve, bere, etc. În timpul fabricarii aluminiului rezulta o cantitate apreciabila de zgura metalica. Aceasta se clasifică în trei categorii diferite, bazate pe conținutul de metal. Componentii principali din zgură sunt aluminiu, care variaza de 8-80%, în funcție de clasele si oxizii de aluminiu si alte metale. În afara de aluminiu metalic, zgura conține, alți compuși, de exemplu Al_2O_3 , $NaCl$, KCl , CaO , $NaAlCl_4$, $KAlCl_4$, SiO_2 , MgO , etc .La nivel mondial din industria de aluminiu se produc peste 4,5 miliarde de kilograme de deșeuri de aluminiu în fiecare an. Romania este de asemenea o țara producătoare si utilizatoare de



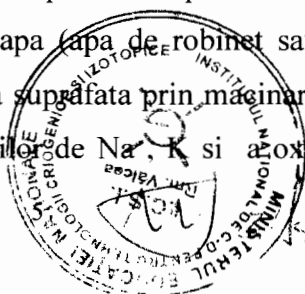
aluminii, ca urmare cantitati importante de deseuri ce contin aluminii se produc anual. Eliminarea in principal a zgurii de aluminii in depozitele de deseuri este o problema pentru mediu deoarece depozitele de deseuri nu sunt inerte. In schimb, un depozit de deseuri este un reactor complex din punct de vedere chimic deoarece se produc diferite reactii chimice care genereaza caldura, gaze toxice, intr-un cuvint poluare. De exemplu, deseurile de aluminii pot ramane latente ani de zile, in depozitele de deseuri, dar se pot dezvolta reactii chimice atunci cand deseurile de aluminii din depozite vin in contact cu apa (in mediu alcalin, pH-ul ≥ 8.5), apa ce poate intra in depozite dintr-o varietate de surse. Reactiile chimice sunt puternic exoterme si genereaza caldura, care poate incetini sau opri activitatea microbina anaeroba. Reactiile legate de aluminii pot elibera, de asemenea, cantitati mari de gaze potential toxice si / sau inflamabile, nocive si urat mirositoare precum amoniac, acetilena, fosfina, hidrogen sulfurat, etc. Cantitati suplimentare de oxigen pot duce la reactii adverse, inclusiv de ardere. Acestea sunt cateva din motivele pentru care zgura de aluminii este considerata un material periculos si nu trebuie stocata in depozite sau pe sol.

Zgură de aluminii este clasificata în funcție de conținutul de metale [10]. Zgură albă poate conține 15 la 70% aluminii metalic recuperabil. Zgură neagră conține de obicei un amestec de oxizi de aluminii si un conținut de aluminii recuperabilă cuprins între 12 la 18%, iar conținutul de sare mult mai mare (de obicei, mai mare de 40%), decât zgura albă. Reziduurile nemetalice generate de operațiunile de topire (namoluri de saruri, aditivi de topire) conțin 3 până la 5% aluminii metalic [10]. Având în vedere cele menționate mai sus, amestecul de zgura albă, neagră si namoluri este folosit ca materie prima in cadrul acestui brevet, pentru a reactiona cu apa si a produce hidrogen. Principala problemă asociată cu reacția dintre aluminii si apa este existența unui strat protector de oxid si hidroxid de aluminii pe suprafața particulelor de aluminii, care nu se dizolvă în apă și previn contactul dintre metal și apă, prin urmare, încetinind sau practic anuland posibilitatea ca reacția chimică dintre aluminii metalic si apa sa aiba loc spontan si la temperatura camerei[2,3]. Din acest motiv utilizarea aluminului la producerea de hidrogen prin reactia cu apa necesita ca acest strat protectiv sa fie eficient si continuu indepartat pentru a avea suprafata particulelor de aluminii curata si practic activa pentru declansarea reactiei. In literatura sunt cunoscute diferite metode pentru a activa particolele de aluminii si a creste rata de reacție dintre metal si apa, majoritatea bazandu-se pe utilizarea de soluții alcaline apoase, în principal, cu hidroxid de sodiu care au rol de activare si de catalizator, [1,4,7,8]. Aceste metode sunt eficiente dar costisitoare prin consumul de metale alcaline sau hidroxizi alcalini. In contrast cu datele din literatura, prezenta inventie inlatura acest dezavantaj, prin aceea ca foloseste o metoda de activare

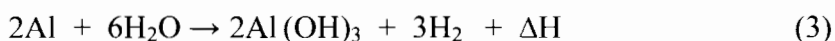
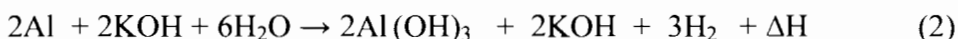
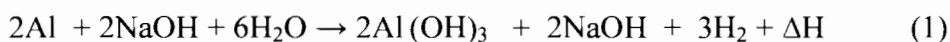


a suprafeței particulelor de aluminiu printr-un procedeu de macinare mecanică, iar mediul alcalin care favorizează reacția este asigurat de cantitatea de oxizi și săruri de sodiu, potasiu și calciu din compoziția inițială a zgurii. Prin macinare mecanică se obțin particule de aluminiu de anumite dimensiuni și se îndepărtează stratul protector de pe suprafața particulelor de aluminiu favorizând astfel declanșarea reacției. De asemenea, prezența în cantitate suficientă de săruri, în special KCl, NaCl, sau oxizi cum ar fi CaO, în amestec cu alte metale în afara de aluminiu în zgură joacă rolul de catalizatori pentru reacția între Al și apă. După ce zgura macinată intră în contact cu apă, acești compusi determină creșterea substanțială a pH-ului (de exemplu, crearea unui mediu alcalin $> 9,3$), care stimulează coroziunea particulelor de Al, cu degajarea de hidrogen. Aluminiu activat poate apoi reacționa spontan cu apă, chiar și la temperatura camerei, reacția fiind accelerată de căldura degajată din reacție care duce la creșterea temperaturii, asigurând continuarea reacției până la epuizarea totală a cantității de metal prezent, fără a mai necesita adăugarea de alte substanțe chimice cu rol de catalizatori pentru producerea de hidrogen.

Metoda și sistemul de producere a hidrogenului prin reacția aluminiului din deseuri (în particular zgură) care fac obiectul prezentei invenții sunt descrise în corelație cu figurile 1, 2 și 3. Figura 1 prezintă imagini ale deseurilor solide utilizate drept materie primă în descrierea acestei invenții. Metoda de producere a hidrogenului, conform invenției este reprezentată schematic în figura 2, se bazează pe reacția dintre aluminiu și apă și cuprinde mai multe etape. Metoda prevede utilizarea ca materie primă a zgurii metalice de aluminiu rezultată sub formă de bucăți de diferite mărimi (Figura 1 poziția a) din procesul primar și secundar de producere a aluminiului metalic pornind de la minereul natural (bauxita) sau de la resturi metalice solide recuperate din diferite sectoare de activitate precum industria de automobile, a conserve, bere, construcții, etc. Zgura metalică (1) este mărunțită prin concasare (2) și apoi transformată în pudră prin macinare (3) utilizând pentru această operație o moară cu bile. Etapa de macinare este urmată de etapa de sitare (4) pentru separare în fracția conținând particule cu mărimea $\Phi < 0,1\text{mm}$ care este stocată în rezervorul (5) sub atmosfera inertă de argon sau azot pentru menținerea suprafeței active a particulelor metalice de aluminiu. Fracția formată din particule cu dimensiunea $\Phi > 0,1\text{mm}$ este returnată în (3) pentru remacinare și resortare. Pudra din rezervorul (5) cu mărimea particulelor $\Phi < 0,1\text{mm}$ este utilizată pentru umplerea cartusului reactorului (6). Din rezervorul (7) se introduce în reactorul (6) apă (apa de robinet sau industrială). La contactul dintre apă și aluminiu din zgură, activat la suprafața prin macinare mecanică, în reactorul (6) are loc întâi fenomenul de hidroliză a sărurilor de Na, K și a oxidului de calciu prezente în



compozitia zgurii metalice, care conduce la realizarea unui mediu alcalin (valoare $\text{pH} > 9,3$) in zona de reactie, mediu ce favorizeaza declansarea reactiei dintre particolele metalice de Al activ si apa, cu obtinerea de hidrogen cu concentratie ridicata ($> 99,5\%$ vol) si degajarea de caldura conform reactiilor (1-4).



Numarul de moli de hidrogen $n\text{H}_2(t)$ obtinuti dupa o perioada de timp (t) de la inceputul reactiei poate fi calculat utilizand legea gazelor ideale. La momentul initial de incepere a reactiei $t=0$, ecuatia gazului ideal poate fi scrisa ca:

$$P_0 V_0 = n_{\text{aer}} RT \quad (5)$$

unde $P_0 = P_{\text{atm}}$ si $V_0 = (100 \pm 20)\text{ml}$ este volumul aerului in vasul de reactie, R este constanta gazelor si T este temperatura in grade Kelvin.

In timpul generarii hidrogenului ecuatia fundamentala a gazului poate fi scrisa ca :

$$P(t)V(t) = (n_{\text{aer}} + n\text{H}_2(t))RT \quad (6)$$

Unde $V(t)$ este dat de suma volumului initial de aer (V_0) si volumul de apa deslocuit de hidrogenul eliberat din reactie (v_1).

Combinand ecuatiile (5) si (6) numarul de moli de hidrogen generati poate fi estimat ca:

$$n\text{H}_2(t) = P(t)V(t)/RT - P_0 V_0/RT \quad (7)$$

Viteza de generare a hidrogenului este mai importanta in acest proces si aceasta poate fi determinata in functie de variabile ce pot fi controlate precum randamentul de hidrogen calculat cu ecuatia (8) :

$$\eta\% \text{H}_2 = (n\text{H}_2(t)/n\text{H}_2\text{O}) \times 100 \quad (8)$$

unde $n\text{H}_2\text{O}$ este numarul de moli de apa consumati in reactie si viteza reactiei este data de ecuatia (9) :

$$v(\text{H}_2) = dv(t)/dt \quad (9)$$

Viteza reactiei sau rata de productie a hidrogenului se refera la mililitri de hidrogen obtinuti pe minut si gram de aluminiu ($\text{ml}/\text{min.gr}$)

Continutul de Na, K si Ca din compozitia zgurii joaca rol de catalizatori in reactia dintre Al si apa. Hidrogenul gazos rezultat este preluat de utilizator (de exemplu o celula de combustie (10) care produce energie termica si electrica. Reziduul solid rezultat este indepartat din reactorul (6),



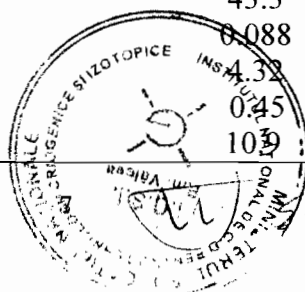
este stocat in rezervorul (8) si poate fi utilizat prin reciclare pentru obtinerea aluminei sau a materialelor ceramice refractare.

Generatorul de hidrogen conform inventiei este descris in corelatie cu figura 3, care prezinta reprezentarea schematica a acestui generator. Generatorul include recipientul (1) in care este introdus cartusul (2) format dintr-o manta de pâsla din material textil, permeabil pentru apa si gaz, care contine pudra din zgura metalica, si are rolul de a nu permite imprastierea pudrei in interiorul recipientului si de a permite apei sa vina in contact cu pudra din zgura de aluminiu si deasemenea evacuarea gazului rezultat din reactie. Cartsul (2) este sustinut in interiorul recipientului (1) de catre suportul metalic (3), realizat din otel inoxidabil si perforat pentru a permite patrunderea apei in interiorul cartusului (2) si degajarea gazului produs in urma reactiei chimice si deasemenea sustinut de tubul cu pereti dubli, vertical (7) fixat in capacul recipientului (10), realizat din otel inoxidabil, cu peretele exterior perforat pentru a permite evacuarea gazului din interiorul spatiului de reactie si colectarea lui in rezervorul (9). Apa este introdusa in generator din rezervorul (8) prin intermediul robinetului (R_1) si a traseului metalic (5) prevazut la capat cu o duza de distributie. Indicatorul de nivel (6) asigura controlul cantitatii de apa introdusa in interiorul recipientului (1) si controlul cantitatii de hidrogen produs. Pentru epuizarea totala a continutului de aluminiu este necesara o cantitate de apa cel putin corespunzatoare calcului stochiometric rezultat din reactiile (1 si 2). Gazul produs este evacuat din sistem prin deschiderea robinetului (R_2) atunci cand presiunea in recipientul (1), masurata prin intermediul manometrului (M_1) are o valoare de minim 0,5 bari peste presiunea atmosferica. Debitul de evacuare al gazului este controlat prin intermediul indicatorului de debit (ID), iar presiunea in rezervorul tampon de colectare a hidrogenului este controlata prin intermediul manometrului de presiune (M_2). Din rezervorul tampon de colectare (9) hidrogenul este trimis spre utilizatori.

Se prezinta in continuare un exemplu de realizare a generatorului de hidrogen utilizand ca materii prime zgura metalica de aluminiu prezentata in figura (1) si a carei compozitie determinata este prezentata in Tabelul 1 si apa de robinet

Tabelul 1. Compozitia zgurii de aluminiu utilizata pentru producerea hidrogenului prin reactia cu apa.

Element	Concentratie (% wt.)
Al	43.3
Cr	0.088
Fe	4.32
Ca	0.45
Si	10.9



Na	0.8
K	0.21
Cu	1.17
Zn	0.9
Ni	0.87
Mg	1.85
Ti	0.27
Pb	0.053
Sn	-
Mn	0.2
B	-

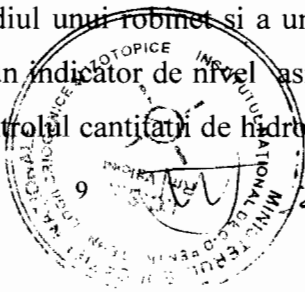
Capacitatea generatorului realizat este de 500 grame de zgura de aluminiu pudra care conform calcului efectuat pe baza compozitiei prezentata in Tabelul 1, contine 216.5 g Al. Peste aceasta cantitate de aluminiu s-au introdus 600 ml de apa de robinet la temperatura camerei. Temperatura initiala a fost de 21°C . Dupa un timp de contact de 5 minute, timp necesar dizolvarii sarurilor de sodiu si potasiu formarea mediului alcalin a inceput degajarea hidrogenului in urma reactiei intre particolele de aluminiu si apa. Generatorul a produs 8 ore continuu hidrogen, la un debit de evacuare de 0,53 l / min. Puritya hidrogenului generat a fost determinata prin analiza gaz cromatografica la valoarea de 99,5 vol%. Reactia dintre aluminiu si apa fiind exoterma temperatura in interiorul generatorului a ajuns la valoarea de 45°C , valoare ce a contribuit la accelerarea vitezei de reactie. Raportand rezultatele la timp, generarea continua a hidrogenului la o concentratie de 99,5 vol%. a fost de 8 ore, timp dupa care debitul de hidrogen a scazut brusc, dovada ca intreaga cantitate de aluminiu prezenta in zgura din cartusul generatorului a fost complet epuizata in reactia cu apa. Calculul teoretic arata ca din cantitatea initiala de aluminiu prezent in zgura ar fi rezultat 269,42 l H_2 masurat in conditii standard de presiune si temperatura (STP). Cantitatea de hidrogen generata si determinata practic a fost de 254,40 l H_2 ceea ce inseamna o eficienta de 94,42%. Datele prezentate reprezinta media obtinuta din o serie de 10 experimente.



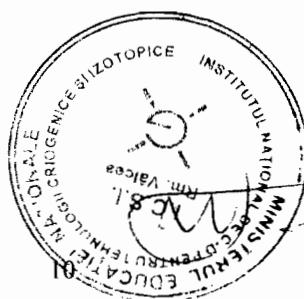
Procedeu și generator pentru obținerea hidrogenului din deșeuri metalice și apă REVENDICARI

1. Procedeu pentru obținerea hidrogenului din deșeuri metalice și apă, caracterizat prin aceea ca se bazează pe reacția dintre aluminiu și apă, include mai multe etape și utilizează ca materie primă zgura metalică de aluminiu rezultată sub formă de bucăți de diferite mărimi din procesul primar și secundar de producere a aluminiului, zgura care este mărunțită prin operația de concasare și apoi transformată în pudră prin operația de macinare, utilizând pentru această operație o moară cu bile, iar apoi este sortată prin operația de sitare pentru separarea fracției de zgura conținând particule cu mărimea $\Phi < 0.1\text{mm}$ care este stocată într-un rezervor sub atmosferă inertă de argon sau azot pentru menținerea suprafeței active a particulelor metalice de aluminiu, fracție ce este utilizată pentru umplerea cartusului unui reactor peste care se introduce apa de robinet sau industrială, și care la contactul cu apă produce mai întâi fenomenul de hidroliză a sărurilor de Na, K și a oxidului de calciu prezente în compoziția zgurii metalice, conducând la realizarea unui mediu alcalin (valoare $\text{pH} > 9,3$) în zona de reacție, mediu ce favorizează declanșarea reacției dintre particulele metalice de Al activ și apă la temperatura camerei, cu obținerea de hidrogen de concentrație ridicată ($> 99,5\%$ vol), și degajarea de căldură și a unui reziduu solid de oxizi/hidroxizi de aluminiu inofensivi pentru mediu și care reciclați pot fi transformați în oxid de aluminiu (alumina) sau în materiale ceramice refractare.

2. Generator de hidrogen caracterizat prin aceea că poate fi utilizat la producerea hidrogenului la o puritate de cel puțin 99,5 vol%. și o eficiență de minim 94 %. prin reacția dintre aluminiu și apă și utilizează ca materii prime zgura metalică de aluminiu sub formă de pudră conținând particule cu mărimea $\Phi < 0.1\text{mm}$ și apă de robinet sau industrială și include un recipient în care este introdus un cartus format dintr-o manta de pânză din material textil, permeabil pentru apă și gaz, care conține pudră din zgura metalică, și care este susținut în interiorul recipientului de către un suport metalic realizat din oțel inoxidabil și care este perforat pentru a permite patrunderea apei în interiorul cartusului și degajarea gazului produs în urma reacției chimice și de asemenea susținut de un tub cu pereți dubli, fixat vertical în capacul recipientului, realizat de asemenea din oțel inoxidabil, și care are peretele exterior perforat pentru a permite evacuarea gazului din interiorul generatorului și colectarea lui într-un rezervor, apa fiind introdusă în generator dintr-un rezervor prin intermediul unui robinet și a unui traseu metalic prevăzut la capăt cu o duză de distribuție și în care un indicator de nivel asigură controlul cantității de apă introdusă în interiorul recipientului și controlul cantității de hidrogen produs, hidrogen care este



evacuat din sistem prin deschiderea unui robinet atunci cand presiunea in recipientul generatorului , masurata prin intermediul unui manometru de presiune are o valoare de minim 0,5 bari peste presiunea atmosferica, iar debitul de evacuare al gazului produs este controlat prin intermediul unui indicator de debit iar presiunea in rezervorul tampon de colectare a hidrogenului este controlata deasemenea prin intermediul unui manometru de presiune si hidrogenul produs este trimis spre utilizatori.



[Handwritten signature]

FIGURI

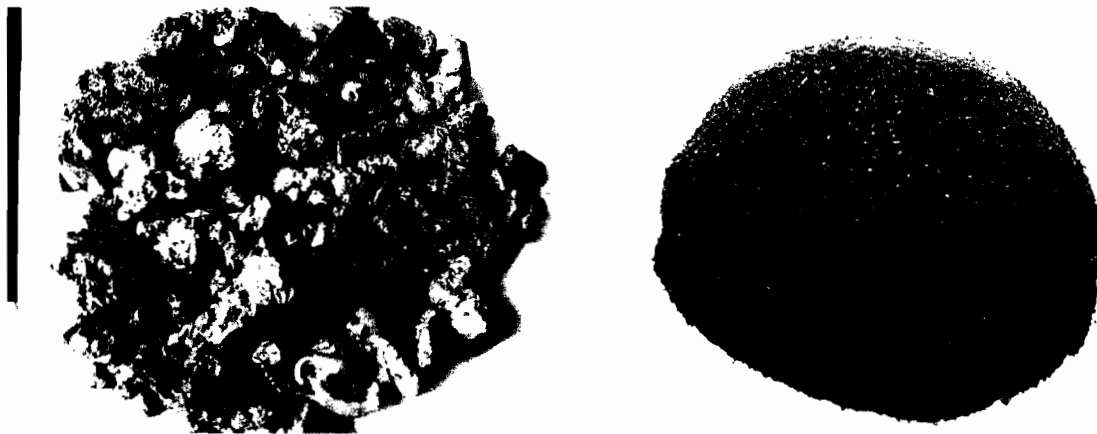


Figura 1. Imagini reprezentand deseuri solide de aluminiu

(a) -reziduu solid continand aluminiu (bucati de zgura);

(b)- pudra de zgura metalica continand aluminiu dupa etapele de concasare si macinare



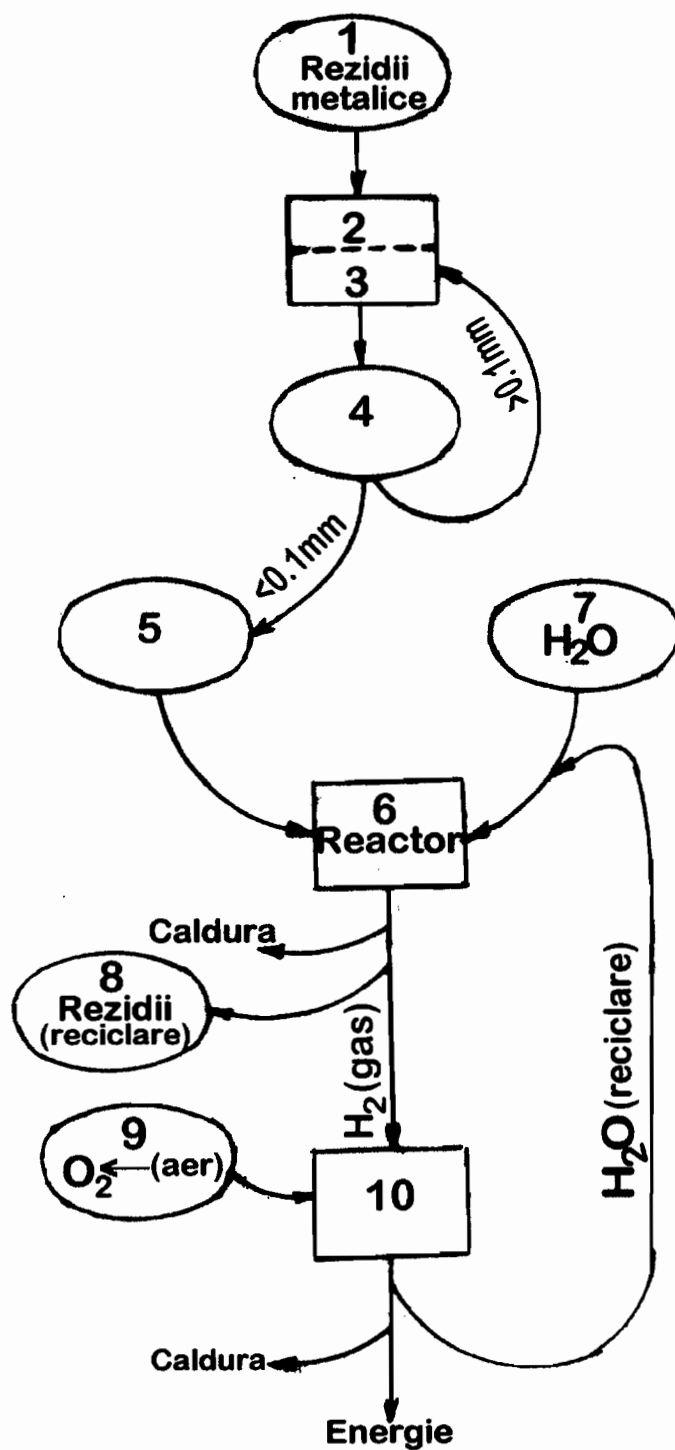
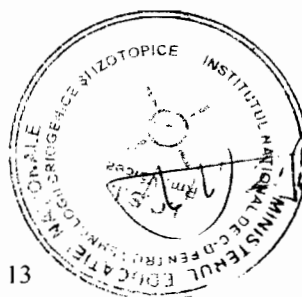


Figura 2. Reprezentarea schematica a procesului de producere a hidrogenului prin reactia dintre aluminiu metalic si apa.



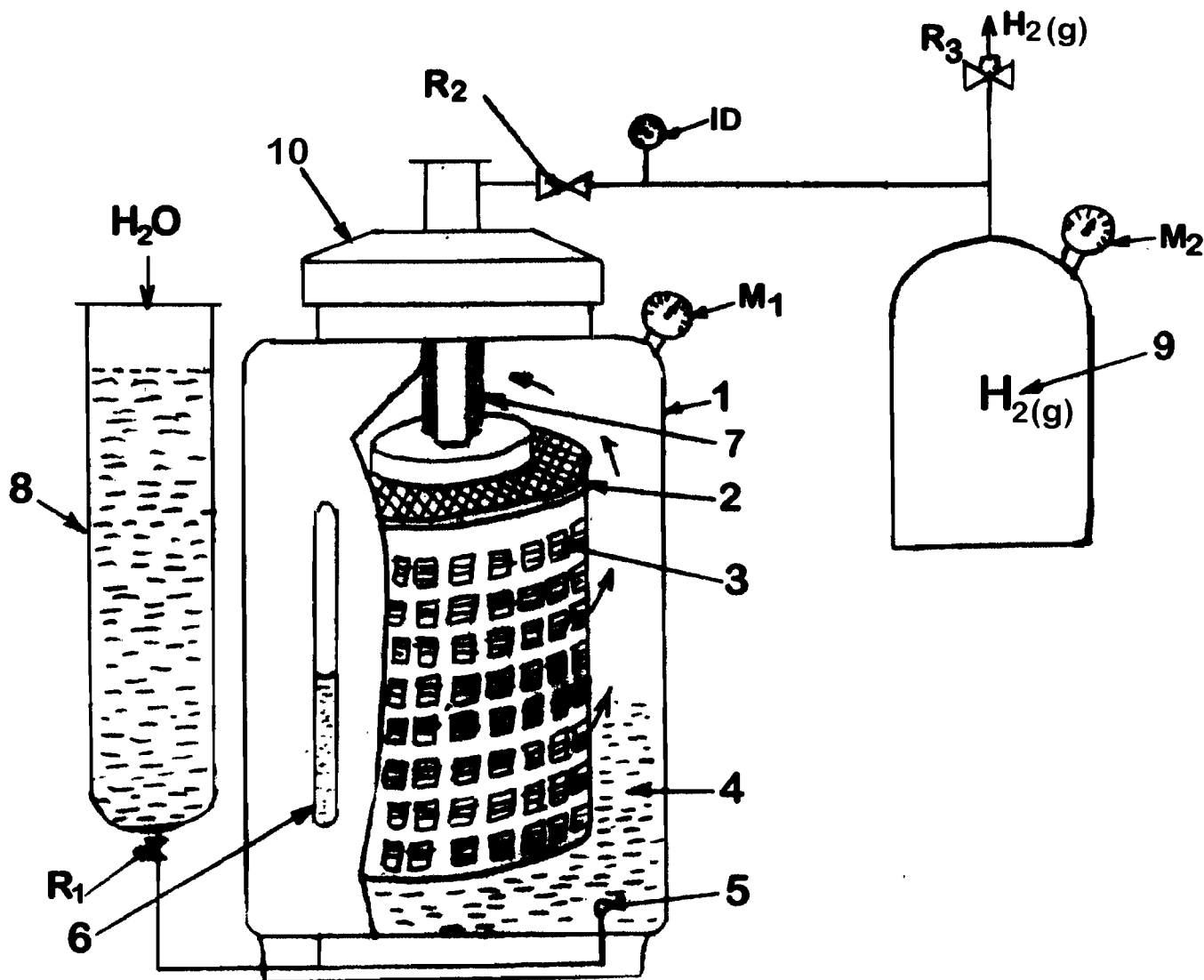


Figura 2. Reprezentarea schematica a generatorului de producere a hidrogenului prin reactia dintre aluminu metalic si apa.:

- (1) recipient;
- (2) cartus continand pudra din zgura metalica de aluminu ;
- (3) support metalic perforat pentru suportul carusului ;
- (4) apa;
- (5) traseu cu duza pentru introducerea de apa in generator ;
- (6) control nivel apa;
- (7) tub vertical perforat pentru sustinere cartus si degajarea gazului din sistem ;
- (8) rezervor cu apa;
- (9) rezervor colectare hidrogen produs ;
- (10) capac

M-manometere;

R₁, R₂ R₃-robineti;

ID – indicator debit

