



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00168**

(22) Data de depozit: **31/03/2022**

(41) Data publicării cererii:
29/09/2023 BOPI nr. **9/2023**

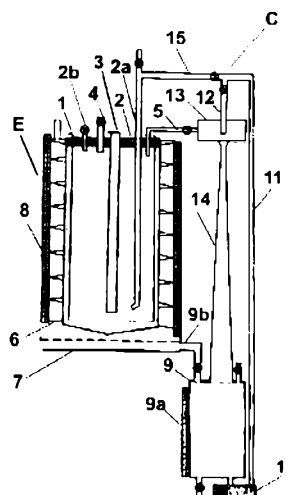
(71) Solicitant:
• **CRISTESCU ION, STR. SPIRU HARET
NR.1, ROMAN, NT, RO**

(72) Inventatori:
• **CRISTESCU ION, STR. SPIRU HARET
NR.1, ROMAN, NT, RO**

(54) **REACTOR ELECTROCHIMIC PENTRU OBȚINEREA HIDROGENULUI**

(57) Rezumat:

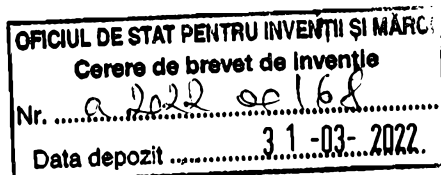
Invenția se referă la un reactor electrochimic pentru obținerea hidrogenului molecular combustibil gazos. Reactorul, conform invenției, cuprinde un modul reactor (E) constituit dintr-un corp cilindric vertical prevăzut cu un capac (1) în care se assemblează un anod (1), o conductă (2a) cu robinet pentru alimentarea cu electrolit și apă, un manometru (2b) pentru măsurarea presiunii și depresiei, un catod (3) din cupru electrolitic, o conductă (4) verticală pentru evacuarea hidrogenului molecular gazos sub presiune, o conductă (5) cu robinet pentru evacuarea vaporilor de apă și oxigen molecular gazos, o placă metalică (6) elicoidală pentru transfer termic, un arzător (7) de combustibil solid pentru generarea energiei termice necesare procesului electrochimic, și un modul compartiment (C) constituit dintr-un bazin (9) de stocare a apei, o conductă (9b) pentru evacuarea oxigenului gazos pentru intensificarea arderii în arzător, și prevăzut cu o electropompă (10) pentru pomparea lichidului, printr-o conductă (11), într-un injector (12) cilindric, o cameră de amestec lichid-vapori (13) și un ejector (14) conic, cele două module (E, C) comunicând în circuit închis printr-o conductă (15).



Revendicări: 3
Figuri: 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





36

REACTOR ELECTROCHIMIC PENTRU OBTINEREA HIDROGENULUI

Invenția se referă la un reactor electrochimic pentru obținerea hidrogenului molecular combustibil gazos, sistem modular.

Sunt cunoscute electrolizoare pentru producerea hidrogenului molecular și oxigenului molecular în stare gazoasă prin electroliza apei acidulate în curent continuu cu tensiunea de 2 V și intensitatea mai mare de 100 A. În cazul obținerii sodiului metalic prin electroliza hidroxidului de sodiu este cunoscut electrolizorul *Kastner* format din corp cilindric metalic în care catodii sunt construiți din benzi de cupru metalic și anozii din plăci de nichel. Pentru separarea anodului de topitura hidroxidului de sodiu, electrolizorul are buzunare anodice și spațiile anodice sunt separate de spațiile catodice cu ajutorul diaframelor tip sită cu ochiuri.

Temperatura de proces a masei electrolitice în electrolizorul *Kastner* este 320°C la tensiunea curentului continuu 4...5 V și intensitatea 4000....10000 A.

Principalele dezavantaje ale electrolizoarelor cunoscute:

- randament de curent 40%...50% și productivitate redusă ;
- formarea amestecurilor explozive de hidrogen molecular și oxigen molecular;
- formarea peroxidului de sodiu prin combinarea oxigenului molecular cu sodiu .

Scopul invenției este producția hidrogenului molecular gazos combustibil ecologic. Problema tehnică este dimensionarea, proiectarea, construcția reactorului electrochimic, sistem modular semicontinuu pentru producția hidrogenului la viteză mare de proces în circuit închis cu recirculare .

Reactor electrochimic, conform invenției, este format din modul reactor **E** care comunică cu modul compartiment **C** vidare-condensare prin conductă **5** cu robinet/vană iar acest compartiment **C** comunică cu modul reactor **E** prin conductă **15** cu robinet/vană în circuit închis.

Se dă un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu figura ce reprezintă o vedere în secțiune longitudinală a reactorului electrochimic pentru obținerea hidrogenului molecular combustibil gazos.

Reactor electrochimic format din modul **E** corp cilindric vertical, construit din oțel în care sunt asamblate în capacul **2** : anodul(+) **1** , conductă **2a** cilindrică verticală din oțel cu robinet/vană pentru alimentarea modului **E** cu electrolit (hidroxid de sodiu) și apă , manometru **2b** pentru măsurarea presiunii și depresiunii(vid) în modul reactor **E** , catodul (-) **3** tub cilindric vertical din cupru electrolitic , electrozi

asamblați nedemontabili în capacul **2** din teflon material dielectric-diamagnetic (rezistivitate electrică mare cu potential de străpungere 60000 V și susceptibilitate magnetică negativă) al blocului reactor **E** cu catod (-) **3** central, conducta **4** cilindrică verticală cu robinet/vană asamblată nedemontabil la partea superioară în capacul **2** pentru evacuarea hidrogenului molecular gazos la presiune, conducta **5** cilindrică cu robinet/vană asamblată nedemontabil la partea superioară a blocului reactor **E** pentru evacuarea vaporilor de apă și oxigen molecular gazos în modul compartiment **C** de vidare-condensare, o placă **6** metalică elicoidală asamblată nedemontabil pe circumferința exterioară a modulului reactor **E** pentru transfer termic și realizarea temperaturii de proces necesară electrolizei și topirii electrolitului hidroxid de sodiu, vaporizării apei, un arzător/focar **7** de combustibil solid (lemn cu putere calorică $P_c = 3500 \text{ kcal/kg} \dots 4500 \text{ kcal/kg}$) pentru generarea energiei termice (căldura) necesară la începutul procesului electrolitic, zidărie **8** cilindrică exterioară circumferențială modulului reactor **E** pentru structura de rezistență și izolație termică. În exteriorul modulului reactor **E** este constituit un circuit electric format din generator electric de curent continuu, contactori electrici, aparate de măsură (ampermetru, voltmetru, ohmmetru). Acest modul compartiment **C** de vidare-condensare vapori de apă și oxigen molecular gazos absorbiți din modul reactor **E** prin conducta **5**, este format din bazin **9** paralelipipedic metalic cu indicator **9a** gradat de nivel lichid pentru condensare vapori de apă, stocare apa lichidă și comunică cu electropompa **10** de pompare lichid motor (apa lichidă) prin conducta **11** cilindrică metalică verticală cu injector **12**, camera **13** metalică de amestec lichid-vapori, ejector **14** cilindro-conic metalic și recirculare în circuit închis pentru a realiza vid (depresiune) în modul reactor **E**. Acest injector **12** cu robinet/vană comunică prin conducta **15** metalică cilindrică cu robinet/vană în conexiune cu conducta **2a** pentru transfer masa de reacție apa în modul reactor **E** prin injectare la presiune în circuit închis. Se încarcă lichid motor apa în bazinul **9** la capacitate 200 litri, se pornește electropompa **10** pentru recircularea apei prin conducta **11**, injector **12**, camera **13** de amestec, ejectorul **14**, bazin **9** în circuit închis efectuându-se vid (depresiune) în modul reactor **E** prin deschiderea robinetului/vanei conductei **5**, conducta **15** fiind închisă. Prin deschiderea robinetului/vanei conductei **2a**, se alimentează modul reactor **E** la un grad de umplere 85%...90% cu soluție apoasă concentrată de hidroxid de sodiu (concentrație procentuală $C = 50\% \dots 60\% \text{ NaOH}$) respectiv 130 kg...160 kg soluție cu densitatea $\rho = 1565 \text{ kg/m}^3 \dots 1678 \text{ kg/m}^3$. Masa de hidroxid de sodiu [$m_{hs}(\text{kg})$] în

masa de soluție apoasă [$m_{sa}(\text{kg})$], se determină conform ecuației: $m_{hs} = (m_{sa} \cdot C)$. Masa de sodiu metalic [$m_{Na}(\text{kg})$] existentă în masa de hidroxid de sodiu, se determină conform ecuației: $m_{Na} = [(m_{hs} \cdot A_{Na}) / M_{hs}]$; A_{Na} - masa atomică molară a sodiului metalic ($A_{Na} = 23 \text{ kg/kmol}$); M_{hs} - masa molară a hidroxidului de sodiu ($M_{hs} = 40 \text{ kg/kmol}$). Masa apei [$m_a(\text{kg})$] din soluție se determină conform ecuației: $m_a = m_{sa} \cdot (1 - C)$. Se pornește arzătorul/focar 7 prin alimentare cu combustibil solid pentru încălzirea prin transfer termic a masei electrolitice la temperatura de proces (350°C) în modulul reactor E, are loc vaporizarea rapidă a apei în vid și topirea hidroxidului de sodiu (p.t. $323^\circ\text{C} \dots 325^\circ\text{C}$), vaporii de apă sunt eliminați rapid prin conducta 5 și condensați în bazinul 9 al modulului compartiment C. Debitul caloric [$D_c(\text{kcal/oră})$] transferat masei de reacție de la gazele de combustie se determină conform ecuației dimensionale: $D_c = [(\lambda/\delta) \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot \Delta T]$; λ - conductivitatea termică a oțelului ($\lambda = 40 \text{ kcal/m.ora.}^\circ\text{C}$); δ - grosimea peretelui cilindric de oțel ($\delta = 0,002 \dots 0,004 \text{ m}$); D - diametrul modulului reactor cilindric E (m); H - înălțimea modulului reactor cilindric E (m); ΔT - diferența de temperatură între temperatura gazelor de combustie și temperatura masei de reacție ($\Delta T = 25 \dots 30^\circ\text{C}$). Cantitatea de căldură [$Q(\text{Kcal})$] necesară vaporizării apei la temperatura de fierbere la depresiune [$T_f = 90^\circ\text{C} \dots 95^\circ\text{C}$] și de topire a hidroxidului de sodiu la temperatura de topire [$T_t = 325^\circ\text{C}$], se determină conform ecuației dimensionale: $Q = (m_a \cdot C_{pa} \cdot T_f) + (m_{hs} \cdot C_{phs} \cdot T_t)$; C_{pa} - căldura specifică a apei la presiune constantă ($C_{pa} = 1 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$); C_{phs} - căldura specifică la presiune constantă a hidroxidului de sodiu ($C_{phs} = 0,76 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$). Durata procesului [$t(\text{ore})$] pentru vaporizarea apei și topirea hidroxidului de sodiu, se determină conform ecuației dimensionale: $t = (Q/D_c)$. Datele dimensionale ale modulului reactor E, sunt specificate conform tabel:

Înălțime reactor E H(m):	Diametru reactor E D(m):	Volum reactor E [$V_E(\text{m}^3)$]:	$(\pi \cdot D \cdot H)(\text{m}^2)$:
1	0,4	0,128	1,256

Variabilele de proces ale modulului reactor E pentru soluția apoasă cu 50% hidroxid de sodiu, sunt specificate conform tabel:

$m_a(\text{kg})$:	$m_{hs}(\text{kg})$:	$D_c(\text{kcal/oră})$:	$Q(\text{kcal})$:	$t(\text{ore})$:
80	80	314000	27760	0,1....0,2

Masa de lemn [$m_l(\text{kg})$] cu puterea calorică inferioară $P_c = 3500 \text{ kcal/kg}$ consumată la vaporizarea apei și topirea hidroxidului de sodiu, se determină conform ecuației

Antun

dimensionale : $m_L = [(D_c/P_c).t] = 9 \text{ kg}$. Prin cuplarea electrozilor anod(+),catod(-) la generatorul de curent continuu cu tensiunea 4 V,intensitatea 5000 A....10000 A are loc electroliza în topitură a NaOH,eliminandu-se continuu vaporii de apă formați și oxigenul molecular gazos prin conducta 5,vaporii condensați în bazinul 9 și oxigenul este eliminat prin conducta 9b de la partea superioară a bazinului 9 și utilizat la intensificarea arderii combustibilului solid în arzător 7 .Ecuatiile potențialelor electrice.Anod cilindric: $\phi_A = -[(\sigma_A.r_A)/\epsilon]$; catod tub cilindric: $\phi_K = -[(\sigma_K.r_K)/\epsilon]$; ϕ_A, ϕ_K – potențiale electrice pentru anod respectiv catod(V) ; σ_A, σ_K – densități ale sarcinilor electrice pe suprafața electrozilor cilindrici(C/m²); r_A, r_K – raze corespunzătoare anod respectiv catod(m); ϵ – permitivitatea electrica a electrolitului din modul reactor E(C/V.m).Tensiunea reală [U(V)] de descărcare a ionilor pozitivi de sodiu Na⁺ pe catod(-),a ionilor negativi hidroxid HO⁻ pe anod(+),se determină conform ecuației dimensionale: $U = (\phi_A - \phi_K) = (1/\epsilon).[(\sigma_K.r_K) - (\sigma_A.r_A)]$.Mișcarea particulelor încărcate cu sarcini electrice(cationi Na⁺, anioni HO⁻) constituie curent electric de convecție și densitățile curenților[j(A/m²)] sunt determinate conform ecuațiilor: $j_A = \rho_A.v_A$; $j_K = \rho_K.v_K$; v_A, v_K - viteze corespunzătoare mobilităților anionilor respectiv cationilor(m/s). ρ_A, ρ_K – densități de volum ale ionilor la anod respectiv catod(C/m³).Intensitățile curenților de convecție [I(A)] la anod și catod,se determină conform ecuațiilor dimensionale: $I_A = (j_A.S_A)$; $I_K = (j_K.S_K)$; S_A, S_K – suprafețe orientate ale anodului și catodului(m²). Datele dimensionale și variabilele de proces pentru înălțimea h = 0,5 m a anodului și catodului în contact cu topitura hidroxidului de sodiu la intensitatea câmpului electric,sunt specificate conform tabel:

Diametru catod [d _k (m)]:	S _k (m ²):	Diametru anod [d _A (m)]:	S _A (m ²):	I(A):	j _k (A/m ²):	j _A (A/m ²):
0,1	0,157	0,4	0,628	5000	31848	7962
0,1	0,157	0,4	0,628	6000	38216	9554
0,1	0,157	0,4	0,628	7000	44586	11146
0,1	0,157	0,4	0,628	8000	50956	12738
0,1	0,157	0,4	0,628	9000	57324	14332
0,1	0,157	0,4	0,628	10000	63694	15924

Ecuatiile proceselor electrochimice în modul reactor E. – disocierea electrolitică în topitură a hidroxidului de sodiu la 325°C: $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+_{[\text{cation sodiu}]} + \text{HO}^-_{[\text{anion hidroxid}]}$
 - catod(-): $\text{Na}^+ + 1 e^- \rightarrow \text{Na}$ (sodiu metalic lichid topit(p.t.90°C))(reacție de reducere)

Antun

– anod(+): $4 \text{HO}^- - 4\text{e}^- \rightarrow 4 \text{HO} \cdot \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{[\text{apa vapori}]} + \text{O}_2_{[\text{oxigen molecular gazos}]}$ (reacție de oxidare). Ecuația reacției globale: $4\text{Na}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{Na}$; $4\text{HO}^- - 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $4\text{NaOH} \rightarrow 4\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Masa de sodiu[m(kg)] generată prin electroliză, se determină conform ecuației dimensionale: $m_{\text{Na}} = [(A_{\text{Na}}/M_{\text{hs}}) \cdot m_{\text{hs}}] = 46 \text{ kg}$; Masa apei[m_{H₂O}(kg)] generată prin electroliză, se determină conform ecuației dimensionale: $m_{\text{H}_2\text{O}} = \{[(2 \cdot M_{\text{H}_2\text{O}})/(4 \cdot M_{\text{hs}})] \cdot m_{\text{hs}}\} = 18 \text{ kg}$; $M_{\text{H}_2\text{O}}$ – masa molară a apei ($M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ kg/kmol}$); Masa oxigenului molecular gazos [m_{O₂}(kg)] generat prin electroliză, se determină conform ecuației dimensionale: $m_{\text{O}_2} = \{[M_{\text{O}_2}/(4 \cdot M_{\text{hs}})] \cdot m_{\text{hs}}\} = 16 \text{ kg}$ (11,205 m³ în condiții normale); M_{O_2} – masa molară a oxigenului molecular ($M_{\text{O}_2} = 32 \text{ kg/kmol}$). Vaporii de apă și oxigenul molecular gazos sunt evacuați datorită depresiei (vid) prin conducta 5 în bazinul 9 vaporii condensați în fază lichidă iar oxigenul molecular gazos este evacuat prin conducta 9b și utilizat la intensificarea arderii combustibilului solid lemn în arzător 7. Potențiale standard: $\text{Na} - 1\text{e}^- \rightarrow \text{Na}^+$ potențial standard de oxidare $\epsilon_{\text{ox}} = +2,71 \text{ V}$; $4\text{HO}^- - 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ potențial standard de reducere $\epsilon_{\text{red}} = +0,40 \text{ V}$ (PH=14). Tensiunea electromotoare[E°(V)] standard de electrod: $E^\circ = (\epsilon_{\text{ox}} + \epsilon_{\text{red}}) = +3,11 \text{ V}$. Ecuația Nernst a potențialului[E(V)] corespunzător procesului redox: $E = E^\circ + [(R \cdot T)/(z \cdot F)] \cdot \ln\{[\text{Ox}]/[\text{Red}]\} = +3,126 \text{ V}$; [Ox] – concentrația oxidantului – substanța care se reduce în proces(kg/m³) și se determină conform ecuației dimensionale: $[\text{Ox}] = [(A_{\text{Na}} \cdot \rho_{\text{hs}})/M_{\text{hs}}] = 1224,75 \text{ kg/m}^3$; A_{Na} – masa atomică molară a sodiului ($A_{\text{Na}} = 23 \text{ kg/kmol}$); ρ_{hs} – densitatea hidroxidului de sodiu ($\rho_{\text{hs}} = 2130 \text{ kg/m}^3$); M_{hs} – masa molară a hidroxidului de sodiu ($M_{\text{hs}} = 40 \text{ kg/kmol}$); [Red] – concentrația reducătorului – substanța care se oxidează în proces(kg/m³) și se determină conform ecuației dimensionale: $[\text{Red}] = \{[1 - (A_{\text{Na}}/M_{\text{hs}})] \cdot \rho_{\text{hs}}\} = 905,25 \text{ kg/m}^3$; ln – funcția logaritmic natural; R – constanta universală a gazelor perfecte ($R = 8,3145 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$); T – temperatura absolută a procesului ($T = 623^\circ\text{K}$); z – număr de electroni transferați în procesul redox ($z = 1 \text{ e}^-$); F – constanta Faraday ($F = 96500 \text{ C/mol}$). Ecuațiile dimensionale ale legilor Faraday în cazul sodiului metalic: $m_{\text{Na}} = (K \cdot I \cdot t) = \{[A_{\text{Na}}/(z \cdot F)] \cdot I \cdot t\} = \{[A_{\text{Na}}/(z \cdot F)] \cdot Q\} = (K \cdot Q)$; m_{Na} – masa de sodiu metalic depusă la catod(-)(kg); K – constanta electrochimică(kg/C) $\{K = [A_{\text{Na}}/(z \cdot F)] = 2,3834 \cdot 10^{-4} \text{ grame/C}\}$; t – timp de reacție(s); Q – sarcina electrică aplicată la electrozi(anod/catod) (C). Număr moli de sodiu: $n = (m_{\text{Na}}/A_{\text{Na}}) = [(I \cdot t)/(z \cdot F)] \rightarrow Q = (n \cdot z \cdot F) = (I \cdot t)$; I – intensitatea curentului electric continuu de conducție(A). Puterea electrică [P_E(W)] a modului reactor E, se determină conform ecuației dimensionale: $P_E = (U \cdot I)$; U – tensiunea curentului

continuu(V). Debitul de masa a sodiului metalic produs [D_{Na} (grame/s)], se determină conform ecuației dimensionale: $D_{Na} = (m_{Na}/t) = (K \cdot I)$. Durata procesului [t(s)] de electroliză în topitură a hidroxidului de sodiu, se determină conform ecuației dimensionale: $t = [(m_{Na}/(K \cdot I))]$. Consumul specific real de energie electrică a curentului continuu [CS(kWh/kg Na)], se determină conform ecuației dimensionale: $CS = [P_E/(D_{Na} \cdot R)] = [E/(K \cdot R)] = 8 \text{ kWh/kg Na electrolizat}$; R – randamentul de curent ($R = 60\%$). Variabilele de proces pentru $m_{Na} = 46000$ grame Na metalic și tensiunea reală de electroliză $U = 4$ V, sunt specificate conform tabel:

Puterea electrică [P_E (W)]:	Intensitatea [(A)]:	Timp de electroliză [t(ore)]:
20000	5000	11
24000	6000	9
28000	7000	8
32000	8000	7
36000	9000	6
40000	10000	5

Viteza procesului electrochimic [V_{pK} (moli/m².s)] la catod, se determină conform ecuației dimensionale: $V_{pK} = [j_K / (z \cdot F)]$; j_K – densitatea de curent electric continuu la catod (A/m²). Pentru $m_{Na} = 46$ kg sodiu metalic respectiv 2000 moli, variabilele de proces sunt specificate conform tabel:

I(A):	D_{Na} (grame/s) :	j_K (A/m ²):	V_{pK} (moli/m ² .s):
5000	1,192	31848	0,330
6000	1,430	38216	0,396
7000	1,668	44586	0,462
8000	1,907	50956	0,528
9000	2,145	57324	0,594
10000	2,383	63694	0,660

Se întrerupe(deschide) circuitul electric continuu la electrozi, se închid robinetele/vanele aferente conductei 5 și injectorului 12, se deschide robinetul/vana conductei 15 conducta 2a fiind închisă, se injectează sub presiune masa de reactant apa lichidă în volum/cantitate măsurată de indicatorul gradat 9a și introdusă în masa de sodiu lichid topit din modul reactor E, are loc reacția chimică exotermă și spontană conform ecuației chimice: $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2 + \Delta H_f$; ΔH_f – variația entalpie formare a hidroxidului de sodiu(NaOH)

$\Delta H_f = -101,99$ kcal/mol. Efectul termic [Q(kcal/kg)] respectiv căldura de reacție generată [Q = 2550 Kcal/kg] determină existența hidroxidului de sodiu în stare topită. La degajarea rapidă a hidrogenului molecular gaz în spațiul vidat al modulului reactor **E** are loc creșterea presiunii gazului măsurată de manometru **2b** și se deschide robinetul/vana conductei **4** hidrogenul fiind evacuat în exteriorul modulului reactor **E** captat, răcit și comprimat în tuburi de oțel. Puterea calorică a hidrogenului molecular gazos: 119620 kJ/kg H_2 [28572 kcal/kg H_2 . Masa de apă reactant [m_{H_2O} (kg)] consumată în reacția chimică, se determină conform ecuației dimensionale: $m_{H_2O} = [(M_{H_2O}/A_{Na}) \cdot m_{Na}]$; Masa de hidroxid de sodiu [m_{hs} (kg)] produs de reacție generat, se determină conform ecuației dimensionale: $m_{hs} = [(M_{hs}/A_{Na}) \cdot m_{Na}]$; Masa de hidrogen molecular gazos [m_{H_2} (kg)] generat, se determină conform ecuației dimensionale: $m_{H_2} = [(M_{H_2}/A_{Na}) \cdot m_{Na}]$; M_{H_2} – masa molară a hidrogenului molecular ($M_{H_2} = 2$ kg/kmol). Consumul specific stoechiometric de reactant apa pentru producerea hidrogenului [CS_a (kg/kg)], se determină conform ecuației dimensionale: $CS_a = [(2 \cdot M_{H_2O})/M_{H_2}] = 18$ kg H_2O /kg H_2 . Pentru masa de sodiu [m_{Na} (kg)], datele dimensionale ale bilanțului material pe reacția chimică, sunt specificate conform tabel:

m_{Na} (kg):	m_{H_2O} (kg):	m_{hs} (kg):	m_{H_2} (kg):	Volum H_2 (condiții normale)[V(m^3)]:
46	36	80	2	22,41

La terminarea reacției și presiune constantă, se închid robinetele/vanele conductelor **2a, 4, 15**, se deschid robinetele/vanele aferente conductei **5** și injectorului **12**, se efectuează depresiune (vid) în modul reactor **E** și se introduc periodic 18 kg apă distilată în bazinul **9**. Se închide circuitul electric al curentului continuu prin electrozii catod/anod pentru electroliza hidroxidului de sodiu topit și tot procesul electrochimic se repetă periodic. Variația de presiune dinamică [ΔP (Pascali)] în modul compartiment **C** în relație funcțională cu variația de înălțime [ΔH (m)] a ejectorului **14**, se determină conform ecuației dimensionale: $\Delta P = [(\rho/2) \cdot (w_1^2 - w_2^2)] + (\rho \cdot g \cdot \Delta H)$; ρ – densitatea lichidului motor apa recirculată ($\rho = 980 \dots 1000$ kg/ m^3); w_1 – viteza de injectare a lichidului motor apa din injectorul **12** în ejectorul **14** (m/s); w_2 – viteza de ejectare a lichidului motor apa din ejectorul **14** în bazinul **9** (m/s); g – accelerația gravitațională ($g = 9,81$ m/ s^2). Patratele vitezelor w_1 și w_2 variază invers proporțional cu puterea a patra a diametrelor D_1 (m) și D_2 (m) ale ejectorului cilindro-conic **14** și în condiția tehnică în care $D_2 > 5 \cdot D_1 \rightarrow w_2^2 \ll w_1^2$ și diferența de patrute ale vitezelor este aproximativ

egală cu w_1^2 , variația de presiune dinamică devine: $\Delta P = (P_o - P) = [(\rho \cdot w_1^2)/2] + (\rho \cdot g \cdot \Delta H)$; P_o – presiunea atmosferică (101350 Pascali); P – depresiunea creată în modul reactor **E** (Pascali) [$P = (P_o - \Delta P)$]. Lungimea ejectorului cilindro-conic **14** [ΔH (m)], se determină conform ecuației dimensionale: $\Delta H = [(D_2 - D_1)/(2 \cdot \tan \alpha)]$; α – unghi de evazare al ejectorului cilindro-conic **14**; $\tan$ – funcția tangenta. Datele dimensionale sunt specificate conform tabel:

D_1 (m):	D_2 (m):	w_1 (m/s):	ρ (kg/m ³):	ΔH (m):	ΔP (Pascali):	P_E (Pascali/atm):
0,02	0,12	1	1000	2	20120	81230/0,8

Prin aplicarea invenției, se obțin următoarele avantaje:

- Reactorul electrochimic realizează o productivitate a hidrogenului combustibil ecologic mai mare cu cel puțin 20% în comparație cu sistemele cunoscute;
- Reactorul electrochimic are viteză mare de proces datorită densității mari de curent la catod;
- Reactorul electrochimic elimină separat gazele moleculare (H_2, O_2) determinând eliminarea pericolului de formare a unui amestec gazos detonant, realizarea securității reactorului, personalului operator și a mediului;
- Reactorul electrochimic prezintă avantajul unui amplasament redus în condiții concurențiale și poate fi complet automatizat.

Bibliografie:

C. Firoiu. Tehnologia proceselor electrochimice. Editura Didactică și pedagogică. București 1983. Pag: 170....173.

Altu

REVENDICĂRI:

1. Reactor electrochimic pentru obținerea hidrogenului, **caracterizat prin aceea că**, este format din modul reactor (E) corp cilindric vertical pentru electroliza hidroxidului de sodiu și producerea hidrogenului molecular gazos prin reacția sodiului metalic cu apa și comunică cu modul compartiment (C) vidare-condensare prin conductă (5) cu robinet/vană iar acest compartiment (C) comunică cu modul reactor (E) prin conductă (15) cu robinet/vană în circuit închis.
2. Reactor electrochimic pentru obținerea hidrogenului, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, în capacul (2) din material dielectric-diamagnetic al modulului (E) sunt asamblate nedemontabil, electrozii din cupru anodul(-) (1) cilindric vertical, catodul (+) (3) tub cilindric central vertical, conductă (2a) cilindrică verticală cu robinet/vană pentru alimentarea modulului (E) cu electrolit hidroxid de sodiu și apă, manometru (2b) pentru măsurarea presiunii/depresiunii în modul (E), conductă (4) cilindrică verticală cu robinet/vană pentru evacuarea hidrogenului molecular gazos la presiune și în continuare acest modul (E) are conductă (5) cilindrică cu robinet/vană asamblată nedemontabil la partea superioară pentru evacuarea vaporilor de apă și oxigen molecular gazos în modul (C), o placă (6) metalică elicoidală asamblată nedemontabil pe circumferința exterioară pentru transfer termic și realizarea temperaturii de proces necesară electrolizei și topirii hidroxidului de sodiu vaporizării apei, un arzător/focar (7) de combustibil solid pentru generarea energiei termice necesară procesului electrochimic, zidărie (8) cilindrică exterioară circumferențială pentru structura de rezistență și izolație termică iar în exteriorul modulului (E) este constituit un circuit electric generator de curent continuu cu componente și aparate de măsură.
3. Reactor electrochimic pentru obținerea hidrogenului, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, acest modul compartiment (C) metalic de vidare-condensare vapori de apă absorbiți din modul reactor (E) prin



conducta (5) împreună cu oxigen molecular gazos, este format din bazin (9) paralelipipedic pentru stocare apă și indicator (9a) gradat pentru nivel lichid apă și conductă (9b) la partea superioară pentru evacuare oxigen gazos în arzător/focar (7) la intensificarea arderii combustibilului solid, bazin (9) comunică cu electropompa (10) de pompare lichid motor apă prin conductă (11) cilindrică verticală în injector (12) cilindric, camera (13) paralelipipedică de amestec lichid-vapori, ejector (14) cilindro-conic și recirculare în circuit închis pentru a realiza depresiune (vid) în modul (E) iar acest injector (12) cu robinet/vană comunică prin conductă (15) cilindrică cu robinet/vană în conexiune cu conductă (2a) pentru transfer masa de reacție apă în modul reactor (E) și realizarea reacției chimice cu sodiu metalic electrolizat pentru producerea hidrogenului molecular.

Wm

