



Politechnika Wroclawska

Zakład Kotłów, Spalania i Procesów Energetycznych

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

ELEKTROLIZA WODY ZA POMOCĄ ELEKTROLIZERA TYPU PEM

Dr inż. Monika Tkaczuk-Serafin

CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyki prądowo- napięciowej elektrolizera typu PEM,

A także określenie wydajności tego urządzenia, zarówno pod względem jeśli ilości produkowanego wodoru, jak i zużytej do tego procesu energii elektrycznej.

WSTĘP

Elektroliza wody jest prostym procesem elektrochemicznym, który nie wymaga skomplikowanej aparatury. Jednym z głównych produktów jest bardzo czysty wodór (>99,99%). Produkowany w ten sposób wodór jest doskonałym paliwem wykorzystywanym w ogniwach paliwowych.

Największą wadą procesu elektrolizy jest zapotrzebowanie na energię elektryczną. Idealnym rozwiązaniem jest wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych.

Elektroliza jest praktycznym sposobem zamiany nadwyżki energii elektrycznej w energię chemiczną do wykorzystania, gdy zaistnieje na to potrzeba.

Układ, w którym prowadzi się elektrolizę, nosi nazwę elektrolizera. Elektrode połączone z dodatnim biegunem źródła prądu nazywa się anodą, a elektrodę ujemną- katodą. Na anodzie zachodzi proces utleniania a na katodzie – redukcji. Aby mógł zachodzić proces elektrolizy, napięcie zewnętrznego źródła prądu musi być wyższe od SEM ogniwa, w którym zachodzi reakcja, będąca odwróceniem reakcji w elektrolizerze.

Czynnikami decydującymi o tym, jakie reakcje zajdą na elektrodach podczas przepływu prądu przez elektrolizer, są przede wszystkim skład roztworu i materiał elektrod, ale znaczący wpływ mają także napięcie elektrolizy oraz temperatura.

Na dodatniej elektrodzie elektrolizera, czyli na anodzie, zachodzą procesy utleniania, natomiast na katodzie – redukcji. W reakcji anodowej mogą uczestniczyć tylko drobiny mogące oddać elektrony, a w katodowej te, które mogą elektrony pobrać. O tym, które drobiny będą się utleniać lub redukować łatwiej od innych, decyduje przede wszystkim potencjał danej reakcji elektrodowej, czyli jej położenie w szeregu napięciowym. Proces katodowy będzie zachodzić tym łatwiej, im wyższy jest jego potencjał, a proces anodowy - odwrotnie. Na katodzie w pierwszej kolejności rozładują się kationy metali ciężkich, czyli metali położonych w szeregu napięciowym na prawo od glinu. Jeśli roztwór elektrolitu nie zawiera jonów metali ciężkich, na katodzie wydziela się wodór pochodzący z rozładowania kationów H^+ lub z redukcji cząsteczek wody. W przypadku zakwaszonego roztworu soli metalu ciężkiego wydzielenie metalu i wodoru może zachodzić równocześnie.

Na anodzie w pierwszej kolejności rozładują się aniony kwasów beztlenowych. Jeśli są one nieobecne w roztworze, na anodzie wydziela się tlen pochodzący z rozładowania jonów OH^- lub utleniania cząsteczek wody.

Typy elektrolizerów

Elektrolizery, w zależności od stanu skupienia elektrolitu, można podzielić na alkaliczne i wykorzystujące polimerową membranę wymiany protonów (PEM).

Elektrolizer alkaliczny pracuje w układzie z ciekłym elektrolitem, natomiast elektrolizer PEM wykorzystuje elektrolit polimerowy. Na elektrodzie posiadającej ładunek ujemny protony są usuwane z elektrolitu, a elektrony są dostarczane przez zewnętrzne źródło zasilania.

Elektrolit w elektrolizerze typu PEM pozwala na selektywny transport protonów H^+ z anody poprzez membranę do katody, co zapobiega mieszanemu się wodoru i tlenu. Najczęściej używana jest membrana Nafion, francuskiej firmy DuPont. Elektrody pokryte są katalizatorem (Pt) umieszczone są po obu stronach membrany polimerowej w celu efektywnego rozdziału wody na wodór i tlen.

Elektroliza jest praktycznym sposobem zamiany nadwyżki energii elektrycznej w energię chemiczną do wykorzystania, gdy zaistnieje na to potrzeba. Jednym ze sposobów jest wykorzystanie wysokotemperaturowej elektrolizy pary wodnej (powyżej $100^{\circ}C$).

Technologia elektrolizerów typu PEM i HTPEM jest często przedstawiana w literaturze jako bardzo obiecująca alternatywa do bardziej konwencjonalnej technologii elektrolizerów alkalicznych. Technologia ta posiada szereg zalet względem starszych technologii takich jak: większa sprawność elektrolizerów (56-73%) oraz możliwość uzyskania ultraczystego wodoru (klasa czystości ≥ 5.0 czyli $\geq 99,999\%$), a także bardziej kompaktowa budowa.

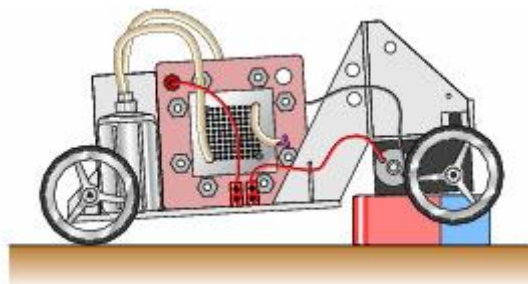
Ta metoda produkcji wodoru jest przewidziana dla przyszłych pokoleń, gdy wodór stanowiący nośnik energii będzie włączony w „idealny cykl energetyczny”. W cyklu tym, energia elektryczna uzyskiwana z odnawialnych źródeł energii jest wykorzystywana do rozszczepiania wody na czysty wodór i tlen.

STANOWISKO BADAWCZE

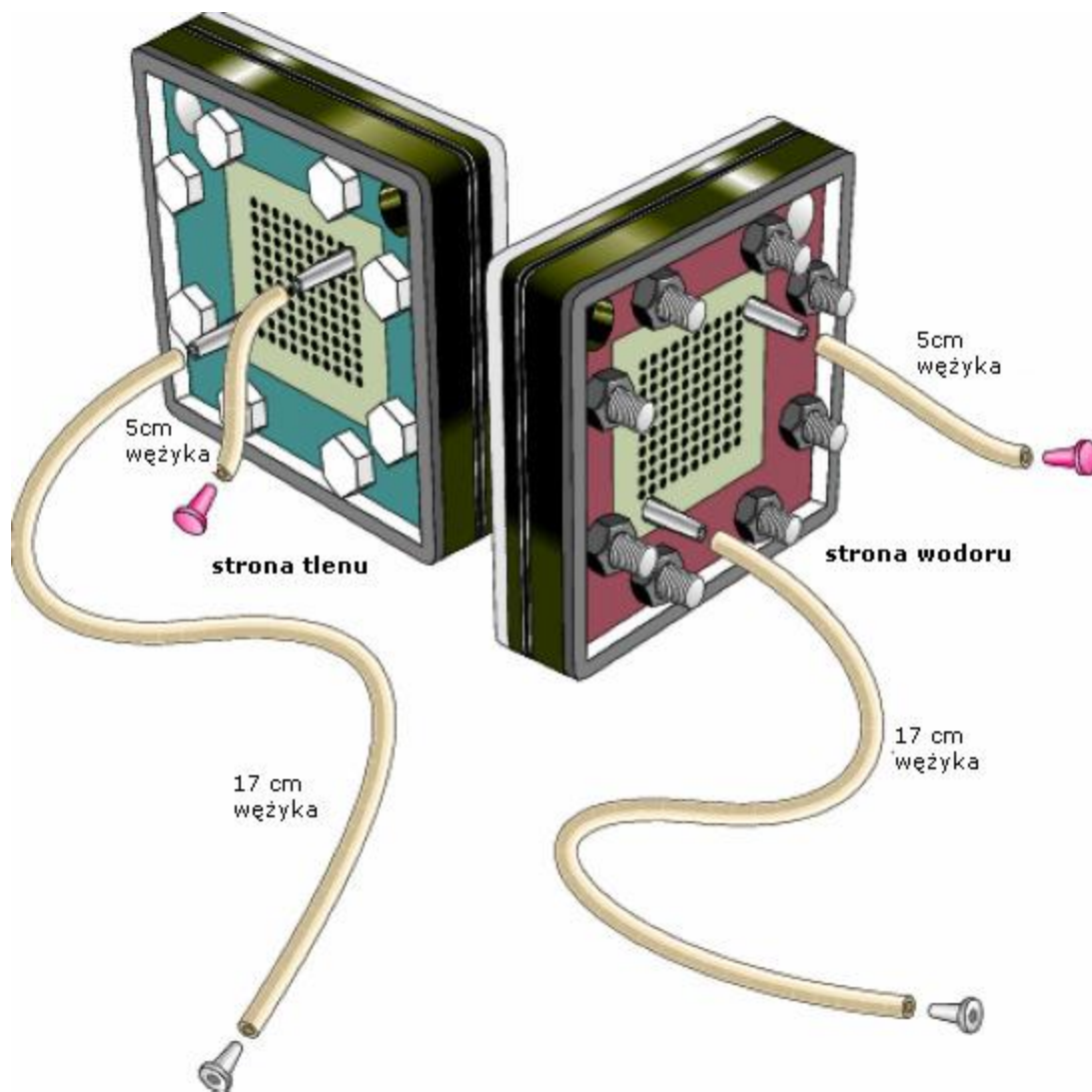
Przebieg ćwiczenia

Na początku należy odpowiednio przygotować stanowisko, którego podstawowy element stanowi mini-pojazd zawierający 2 zbiorniczki (o objętości 10 i 20 cm^3). Zbiorniczki napełnia się wodą destylowaną. Po napełnieniu odpowiednich elementów zestawu, należy zwilżyć ogniwo wodą destylowaną przy użyciu strzykawki.

(rys.2)



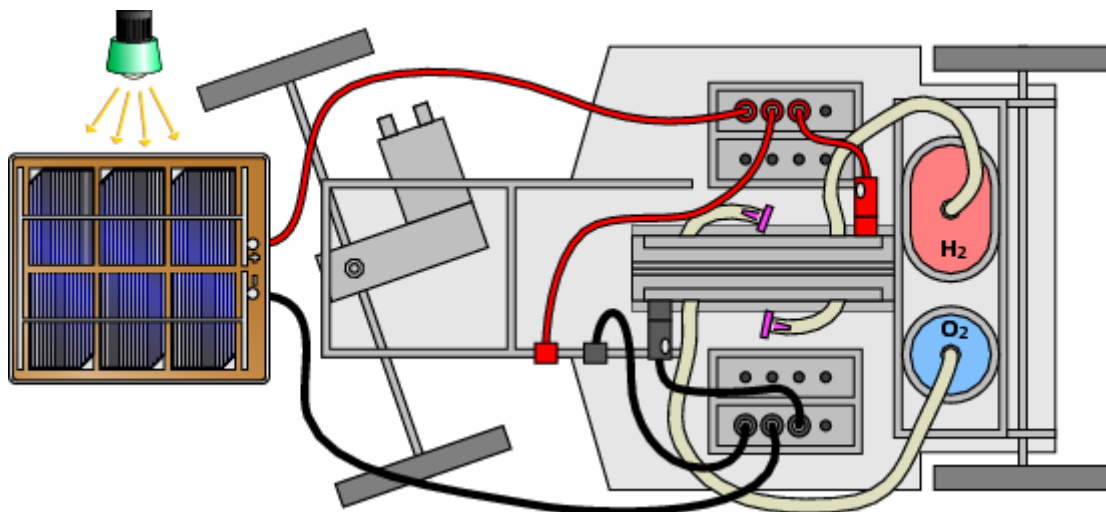
Rys.2. Schemat mini- pojazdu



Rys.3. Elektrody w ogniwie PEM

Po przygotowaniu zestawu i podłączeniu mini-pojazdu do zasilacza, należy :

1. Wykonać charakterystykę prądowo- napięciową i na podstawie wykresu zależności $I = f(U)$ wyznaczyć U_z (napięcie rozkładowe).
2. Wyprodukować 10ml H_2 przy U_1 i U_2 . Obliczyć wydajność prądową i energetyczną procesu produkcji wodoru w elektrolizerze PEM.



Rys.4. Stanowisko badawcze- mini-pojazd, zasilacz, mierniki napięcia i natężenia.

Wzory

Wydajność prądowa

Na podstawie prawa Faradaya można obliczyć teoretyczną masę substancji wydzielonej na elektrodzie przy przepłynięciu przez elektrolit określonego ładunku:

$$m_t = Q \cdot a = I \cdot t \cdot a = \frac{I \cdot t \cdot M}{F \cdot n}$$

gdzie: Q – ładunek [A·h, A·s],

I – natężenie prądu [A],

t – czas trwania elektrolizy [h, s],

a – masa substancji wydzielona przez jednostkowy ładunek równy 1 A·h lub 1 A·s, na podstawie praw Faradaya:

$$a = \frac{M}{F \cdot n}$$

[g/A·s, kg/A·h],

M – masa molowa substancji reagującej na elektrodzie [g/mol]

n – ilość elektronów wymienianych na elektrodzie,

F – stała Faradaya, $F = 96500 \text{ A} \cdot \text{s/mol} = 26,8 \text{ A} \cdot \text{h/mol}$,
a – wynosi: dla chloru $1,323 \text{ g/A} \cdot \text{h}$, dla wodorotlenku sodu $1,492 \text{ g/A} \cdot \text{h}$,
dla wodoru $0,0376 \text{ g/A} \cdot \text{h}$.

Wyrażony w procentach stosunek masy danej substancji otrzymanej z pomiarów m_p do masy wyliczonej teoretycznie m_t nazywamy wydajnością prądową elektrolizy W_p

$$W_p = \frac{m_p}{m_t} \cdot 100\%$$

W procesie elektrolizy wodnych roztworów zasad otrzymuje się, jak wiadomo, wodór i tlen. Wydajność prądową elektrolizy można liczyć w odniesieniu do każdego z tych produktów.

Wydajność energetyczna

Stożenie wykorzystania energii elektrycznej w procesach elektrolizy wyraża się jako wydajność energetyczną elektrolizy η_E :

$$\eta_E = \frac{E_{H_2,gen}}{E_{el}} \cdot 100\%$$

$E_{H_2,gen} = v_{H_2} \cdot Q_i$ $E_{H_2,gen}$ - energia wodoru wyprodukowanego w procesie elektrolizy.

Do obliczenia $E_{H_2,gen}$ potrzebna jest wartość opałowa (Q_i) wodoru:

$$Q_i = 12\,770 \frac{\text{kJ}}{\text{Nm}^3}$$

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t$$

E_{el} – energia elektryczna dostarczona do urządzenia.

LITERATURA

1. Chemia fizyczna. Andrzej Staronka, Wydawnictwa AGH, Kraków 1994
2. Elektrochemia II- Elektrodyka A. Kiszka Wyd. NT, Warszawa 2001