

O wykorzystaniu wodoru w gospodarce - Prof. Jan Szmidt, Rektor Politechniki Warszawskiej



Prof. Jan Szmidt, Rektor Politechniki Warszawskiej fot. mat. prasowe

Wodór jest najlżejszym, a zarazem najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem we Wszechświecie. W warunkach ziemskich występuje, niestety, prawie wyłącznie w postaci wody, związków organicznych i nieorganicznych, co uniemożliwia jego bezpośrednie

pozyskiwanie jako paliwa. Traktowany jako paliwo wodór cząsteczkowy ma najwyższe ze wszystkich znanych paliw masowe ciepło spalania. Co więcej przy spalaniu wodoru nie dochodzi do bezpośredniej emisji dwutlenku węgla co stanowi ważny pro-środowiskowy aspekt rozwijającej się w XXI wieku 'gospodarki wodorowej'.

Pierwsze zastosowania wodoru jako paliwa sięgają swą historią początków XIX wieku kiedy to szwajcarski konstruktor Isaac de Rivaz zbudował pierwszy pojazd kołowy napędzany silnikiem wodorowym. W 1813 zakończył on budowę pojazdu o długości sześciu metrów i masie około tony. Jako ciekawostkę można tu podać, że każdy pojedynczy ruch tłoka w cylindrze przesunął pojazd o około 5 metrów. Przez wiele lat silniki zasilane wodorem gościły głównie na kartach powieści fantastyczno-naukowych takich jak „Tajemnicza Wyspa” Juliusza Verne’a , czy „Żelazny Pirat” Maxa Pembertona, by ponad stu latach wrócić na ulice i drogi choćby w postaci takich konstrukcji jak napędzane zasilanym wodorem dwunastocylindrowym silnikiem tłokowym luksusowe BMW Hydrogen 7. Główną wadą tej jak i kilkunastu innych zbliżonych do niej konstrukcji jest ich relatywnie niewielki zasięg. W konsekwencji niskiej gęstości zasilającego silnik ciekłego wodoru jego zużycie wynosi około 50 dm³/100 km przejechanej trasy.

Zupełnie odrębną koncepcją transportu wodorowego jest „pośrednie” wykorzystanie wodoru poprzez jego przetworzenie w energię elektryczną w ogniwach paliwowych. Umożliwia to stworzenie konstrukcji napędzanych silnikami elektrycznymi w sposób zbliżony do tego jaki wykorzystywany jest w pojazdach elektrycznych zasilanych ogniwami litowo-jonowymi. Wśród współczesnych konstrukcji tego typu znaleźć można zarówno wózki widłowe zasilane ogniwami o mocy około 5 kW, jak i lokomotywy o mocach przekraczających 250 kW. Ogniwa paliwowe znajdują także zastosowanie w konstrukcjach z obszarów transportu wodnego i lotniczego. Podstawowymi problemami tak rozumianego transportu wodorowego oprócz wysokiej ceny ogniw wynikającej z zastosowania w nich drogich materiałów takich jak katalizatory platynowe są: niska dostępność sieci dystrybucji wodoru, problemy z magazynowaniem paliwa oraz wysokie wymagania co do czystości wy-

korzystywanego w ogniwach paliwowych paliwa wodorowego.

Zacytowani powyżej dwaj autorzy-wizjonerzy trafnie definiują aktualne dalej po ponad stu latach dwa podstawowe trendy w produkcji wodoru. O ile klasyczna elektroliza wody jest procesem drogim i energochłonnym wykorzystywanym w przemyśle praktycznie do produkcji wodoru ultra-czystego to jej aplikacje wykorzystujące chwilowy nadmiar energii elektrycznej pochodzącej na przykład ze źródeł odnawialnych stanowią jeden z częściej dyskutowanych sposobów magazynowania energii na poziomie krajowych sieci dystrybucyjnych. Jeśli od dodać do tego takie rozwijane obecnie warianty tego procesu jak foto-elektroliza i termo-elektroliza pozwalające na zdecydowane obniżenie potrzebnych do pozyskania wodoru nakładów energetycznych oraz wysoką czystość otrzymywanego wodoru stawia to wodór elektrochemiczny w nowej dużo bardziej korzystnej perspektywie długofalowej.

Alternatywą jest dużo tańsza produkcja wodoru metodami petro- i karbochemicznymi realizowana masowo w licznych zakładach wielkotonażowego przemysłu chemicznego wykorzystującego wodór nie jako paliwo, a jako półprodukt dla takich procesów technologicznych jak hydorafinacja, hydrokraking, czy też produkcja nawozów azotowych. Z punktu widzenia gospodarki wodorowej metody te cechują się dwoma cechami ujemnymi. Produkcja wodoru jest w nich związana z emisją dwutlenku węgla wyższą w przeliczeniu na jednostkę energii mechanicznej niż w przypadku bezpośredniego wykorzystania paliw (np. w silniku CNG, czy LNG). Drugim problemem są zawarte w tak pozyskanym wodorze stanowiące 'trucizny katalizatorowe' zanieczyszczenia (tlenek węgla i związki siarki).

Kolejna grupa problemów związana jest z przechowywaniem wodoru. Pamiętając o tym, że wodór jest najlżejszym ze wszystkich gazów, należy mieć na uwadze, że jego gęstość w każdym ze stanów skupienia jest najmniejsza w porównaniu z innymi gazami, cieciami lub ciałami stałymi. Co więcej prędkość molekuł gazowego wodoru jest najwyższa w

porównaniu z innymi gazami w każdej temperaturze, stąd wodór charakteryzuje się dużą wartością współczynnika dyfuzji. Kolejnymi utrudniającymi magazynowanie wodoru w stanie gazowym jego cechami są najwyższa ze wszystkich gazów przewodność cieplna oraz najniższa lepkość.

Sprężanie wodoru jak i innych gazów technicznych odbywa się dzięki sprężarkom tłokowym. Mała gęstość wodoru sprawia, iż nawet pod dużymi ciśnieniami (do 700 atm – dalsze podnoszenie ciśnienia nie zwiększa już praktycznie gęstości gazu) zgromadzona jest mała ilość energii użytecznej. Bardzo mały rozmiar cząsteczek wodoru sprawia, że mają one zdolność do przenikania przez materiały konstrukcyjne zwłaszcza pod zwiększonym ciśnieniem. Wymusza to stosowanie odpowiednich technologii przy konstruowaniu butli. W zbiornikach ciśnieniowych o sprężeniu 70 MPa wodór stanowi zaledwie 6 % masy całego układu.

Przechowywanie wodoru w postaci ciekłej pozwala na uzyskanie znacznie większej objętościowej gęstości energii. W jednym metrze sześciennym zbiornika można zgromadzić 70,8 kg skroplonego gazu. Jednakże duże objętości martwe zbiorników wykonanych w tej technologii (zastosowana izolacja próżniowa odpowiada swymi parametrami warstwie styropianu o grubości około 15m) prowadzą finalnie do tego, że uzyskuje się efektywną pojemność zbiornika jedynie o 75% większą w porównaniu ze zbiornikiem ciśnieniowym. Dodatkową wadą zbiornika kriogenicznego są jego straty własne wynikające z wnikania ciepła z otoczenia do przechowywanego w temperaturze około -250 oC skroplonego wodoru. W przypadku zbiornika o pojemności 150 dm³ zastosowanego z opisanym wcześniej samochodzie BMW 7h prowadzą one do całkowitej samoistnej utraty paliwa w ciągu około dwóch tygodni od jego zatankowania.

Przechowywanie wodoru w postaci wodorków jest stosunkowo nową metodą, pierwsze prototypy takich zbiorników zostały wykorzystane w przemyśle motoryzacyjnym. Gazowy wodór może być zaabsorbowany na powierzchni metali głównie stopów niklu z

domieszkom lantanu LaNi_5 oraz chromu z cyrkonem ZrCr_2 . Odpowiednie rozwinięcie powierzchni metali zwiększa pojemność zbiorników. Podczas adsorpcji wodoru wydzielą się ciepło, natomiast w celu odzyskania zaadsorbowanego gazu należy dostarczyć odpowiednią ilość ciepła. Przy obecnym stanie technologii tego typu układy do magazynowania wodoru zdolne są do zmagazynowania 5% masy zbiornika. Zbiorniki takie pracują pod ciśnieniem zbliżonym do atmosferycznego, co zapewnia ich bezpieczeństwo eksploatacyjne w razie ich awaryjnej dehermetyzacji. W przypadku takim nie dochodzi do gwałtownego uwolnienia całości zawartego w nich wodoru gdyż proces ten jest po pierwsze powolny, a po drugie wymaga systematycznego dostarczania ciepła do materiału czynnego zawartego w zbiorniku.

Na końcu powyższych rozważań należy wspomnieć o względach społecznych jakie związane są z upowszechnieniem gospodarki wodorowej, a zwłaszcza magazynowaniem wodoru. Na poziomie racjonalnym związane z tym obawy wynikają z palności wodoru i wybuchowości jego mieszanek z powietrzem znanych jako 'mieszanina piorunująca'. Obawy te są powszechne w społeczeństwie kojarzącym dowolnego praktycznie typu zbiornik wodoru i transport wodorowy z utrwalonymi w masowej pamięci filmowymi obrazami katastrof lotniczych jakie dotyczyły wypełnione wodorem sterowce okresu międzywojennego. Na poziomie nieracjonalnym gospodarka wodorowa kojarzona jest natomiast często z bronią termojądrową i energetyką przyszłości opartą o reakcję fuzji jądrowej. Przykładem mogą tu być protesty mieszkańców jednej z dzielnic Warszawy, którzy stojąc w obliczu budowy w swoim sąsiedztwie wodorowej stacji paliwowej protestowali przeciwko zamieszkiwaniu w pobliżu „bomby wodorowej”.

Jako trafne podsumowanie przedstawionego tematu można tu przywołać nadal aktualne po osiemdziesięciu latach słowa znanego konstruktora lotniczego Igora Sikorskiego: „Jeżeli rozwinięta zostałaby metoda bezpiecznej i oszczędnej produkcji i magazynowania ciekłego wodoru na paliwo, skutkowałoby to wielką zmianą, szczególnie w dziedzinie lotnictwa długodystansowego. Umożliwiłoby to lot na około równika bez konieczności uzupełniania

paliwa. Umożliwiłoby to również zwiększenie wydajności niemal każdego silnika.”

1 „Tak, moi przyjaciele, sądzę, że kiedyś woda będzie służyła za opał, że wodór i tlen, czy to każdy osobno, czy połączone razem, staną się niewyczerpalnym źródłem tak silnego ciepła i światła, jakiego nie może wydać węgiel!”, Juliusz Verne, Tajemnicza wyspa, 1874.

2 „Był to doprawdy wspaniały widok; trzy zestawy najpotężniejszych silników kiedykolwiek zainstalowanych w statku bojowym. Każdy z nich miał cztery cylindry o średnicy ośmiu cali; a każdy z nich był napędzany wodorem z ogromnych gazomierzy, które tworzyły uchwyty. Gaz był wytwarzany poprzez przepuszczanie pary ze względnie małego kotła przez złożę koksu i antracytowy piec.”, Max Pemberton, Iron