

Piotr Olszowiec

## Perspektywy rozwoju gospodarki wodorowej<sup>1)</sup>

U progu XXI wieku systematycznie wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem wodoru w wielu gałęziach gospodarki. Przy spalaniu wodoru zamienia się w najbardziej ekologiczny produkt – wodę, która wraca do naturalnego obiegu materii w przyrodzie. W porównaniu na przykład z benzyną wodor odznacza się 2,8 razy większą wartością energetyczną (28,63 Gcal/kg), przy czym do jego zapłonu wymagana jest 15-krotnie mniejsza ilość ciepła. Wprawdzie gaz ten wykazuje względem paliw węglowodorowych także pewne niedogodności, jak niska gęstość i pojemność cieplna oraz szerokie granice wybuchowości, lecz z powodzeniem kompensują je zalety ekologiczne i ekonomiczne.

Warunkiem szerszego wykorzystania wodoru do celów energetycznych jest wdrożenie tańszych technologii jego pozyskiwania. Chociaż wodor jest pierwiastkiem najpowszechniej występującym we Wszechświecie (jego ilość ocenia się na  $10^{13}$  ton), to w wolnej postaci na Ziemi jest go jednak bardzo niewiele, gdyż z łatwością reaguje z innymi pierwiastkami tworząc wodę, biomasę, paliwa organiczne i inne związki. W celu uzyskania czystego wodoru należy go wydzielić z wymienionych substancji, lecz proces ten wymaga doprowadzenia znacznej energii. Wynaleziono kilka sposobów otrzymywania wodoru, ale praktyczne znaczenie w skali przemysłowej zyskały tylko dwie metody: elektrolizy wody oraz reformingu metanu i innych paliw węglowodorowych. Elektroliza wody, czyli jej rozkład pod wpływem prądu elektrycznego na wodor i tlen została wykonana po raz pierwszy w 1839 r. przez angielskiego fizyka W. Grava'a, który także wynalazł ogniwo paliwowe. Od tej pory proces ten jest najprostszym sposobem przemysłowego otrzymywania tych gazów o bardzo wysokiej czystości. Jednak zasadniczą wadą tej metody jest jej niska sprawność (24–35%) powodująca wysokie zapotrzebowanie energii elektrycznej sięgające 50 kWh/kg wodoru. Obecnie rocznie na świecie wytwarza się ponad 500 mld m<sup>3</sup> tego gazu. Większość tej ilości pochodzi z gazu ziemnego. Proces reformingu z udziałem metanu i pary wodnej przebiega w temperaturze 1100°C w obecności katalizatora, a jego produktami są wodor i dwutlenek węgla. Te same produkty gazowe uzyskuje się także w reakcji węgla (koks) i pary wodnej. Podczas gdy reforming metanu jest najbardziej ekonomiczną ze stosowanych metod, wykazuje on jednak istotne wady:

- opłacalność wyraźnie zależy od cen gazu ziemnego,
- wyprodukowanie 1 tony wodoru wywołuje emisję 7 ton CO<sub>2</sub> do atmosfery, co w ogromnym stopniu niweczy zalety i sens wprowadzania nowego paliwa.

Najlepszym sposobem taniego i ekologicznego wytwarzania wodoru jest, zdaniem naukowców, wdrożenie tzw. wysokotemperaturowej elektrolizy parowej, będącej odmianą tradycyjnej elektrolizy wody. W nowej metodzie do rozkładu wody używa się ciepła zamiast elektryczności, co podnosi sprawność procesu do ponad 50%. Przewiduje się, że technologia ta stanie się osiągalna dzięki wykorzystaniu nadwyżki energii cieplnej z reaktorów jądrowych IV generacji działających w temperaturach rzędu 1000°C. Obecnie w Stanach Zjednoczonych trwają badania sponsorowane przez Departament Energetyki nad trzema perspektywicznymi typami reaktorów:

- reaktorami o bardzo wysokiej temperaturze,
- zaawansowanymi reaktorami chłodzonymi gazem,
- reaktorami chłodzonymi ciekłym metalem.

Wdrożenie tych nowych urządzeń pozwoli także na opanowanie technologii materiałów niezbędnych do budowy przyszłych instalacji termochemicznej elektrolizy wody. Przedstawiona koncepcja „nuklearno-wodorowej integracji” stanowi według naukowców amerykańskich jedyną realną drogę zapewnienia wielkich ilości „czystej” energii dla potrzeb wytwarzania wodoru. Tym niemniej prowadzone są badania również nad innymi metodami przyjaznego dla środowiska otrzymywania tego gazu.

Jedną z idei jest koncepcja gospodarki wodorowej z wykorzystaniem tzw. odtwarzalnych nośników energii, dzięki którym jest ona pozbawiona podstawowej wady paliw węglowodorowych, czyli nieodwracalnego zużywania ich ograniczonych zasobów. Od dawna stosowane są cykle przemian chemicznych, w których wspomniane media wielokrotnie na przemian wiążą i oddają energię nie zmieniając przy tym swoich własności. Klasycznym przykładem takiego procesu jest otrzymywanie wodoru z użyciem sodu:  $2\text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2$ .

Reakcję tę można realizować bezpośrednio w miejscu wykorzystania wodoru, dzięki czemu unika się kłopotliwego transportu tego paliwa. Natomiast sól można odzyskać z jego tlenku dostarczając określoną ilość energii. Sprawdzone i łatwo dostępnym rodzajem odtwarzalnego nośnika energii jest także krzem. Jego wykorzystanie w tej roli opisują następujące reakcje chemiczne:

- otrzymywanie krzemu z krzemionki  $\text{SiO}_2 + \text{Q} = \text{Si} + \text{O}_2$ ,
- otrzymywanie wodoru  $\text{Si} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2 + \text{Q}$  (reakcja ta przebiega w specjalnych warunkach w reaktorze w obecności katalizatorów),
- spalanie wodoru w tlenie  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Q}$ .

Pierwsze dwa etapy można realizować w instalacji zlokalizowanej w pobliżu złóż piasku, trzeci zaś w miejscu utylizacji wodoru. W ten sposób w zamkniętym cyklu przeróbki piasku można generować w ekologiczny sposób wielkie ilości wodoru wykorzystując paliwo niskiej nawet jakości (wymagane dla rozkładu krzemionki).

Inne lokalne źródło wytwarzania wodoru z jednoczesnym uwalnianiem energii cieplnej zaproponowali naukowcy rosyjscy. W przybrzeżnych wodach Morza Czarnego rozpuszczone są bogate zasoby siarkowodoru, ok. 1 mld ton. Jego energetyczna utylizacja obejmowałaby następujące reakcje:  $\text{H}_2\text{S} + \text{Q} = \text{H}_2 + \text{S}$  oraz  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 14\text{Q}$ . Najważniejszą cechą tego cyklu jest fakt, że przy spalaniu wodoru wydziela się aż 14 razy większa ilość ciepła niż jest konieczna do rozkładu siarkowodoru. Przetestowano już sposób wydobywania siarkowodoru z wody morskiej z głębokości kilkudziesięciu metrów za pomocą odpowiedniej rury. Zassany z morskiej głębi wodny roztwór H<sub>2</sub>S rozpręża się na powierzchni obficie wydzielając poszukiwany gaz. Technologia ta pozwoliłaby nie tylko wykorzystać ogromne zasoby energetyczne Morza Czarnego, lecz także obniżyć nadmierne zanieczyszczenie wód tego akwenu.

<sup>1)</sup> Na podstawie artykułu S.Price: Nuclear shows the way to a hydrogen future. *Power Engineering International* 2004, nr 4.

