



# Metoda Elementów Skończonych

Temat: **Technologia wodorowa**

Prowadzący  
dr hab. Tomasz Stręć

Wykonali  
Bartosz Wabiński  
Adam Karolewicz

# Wodór - wstęp

W dzisiejszych czasach Wodór jest powszechnie uważany za najbardziej ekologicznie i najbardziej przyjazne środowisku paliwo, gdyż w wyniku jego spalania w powietrzu lub tlenie produkowana jest wyłącznie woda.

Jednak na razie wodór nie jest wcale paliwem doskonałym. Dzieje się tak, ponieważ największe ilości taniego wodoru produkowane są w reakcji metanu lub węgla kamiennego z wodą. A w reakcji tej wydziela się dwutlenek węgla.



# Główne problemy



- Dobór optymalnej metody wytwarzania wodoru
- Sposób przewozu wodoru
- Sposób magazynowania wodoru - zbiorniki

# Proces wytwarzania

Z setek możliwych termochemicznych procesów zostało tylko kilka, które gwarantują techniczną wykonalność.

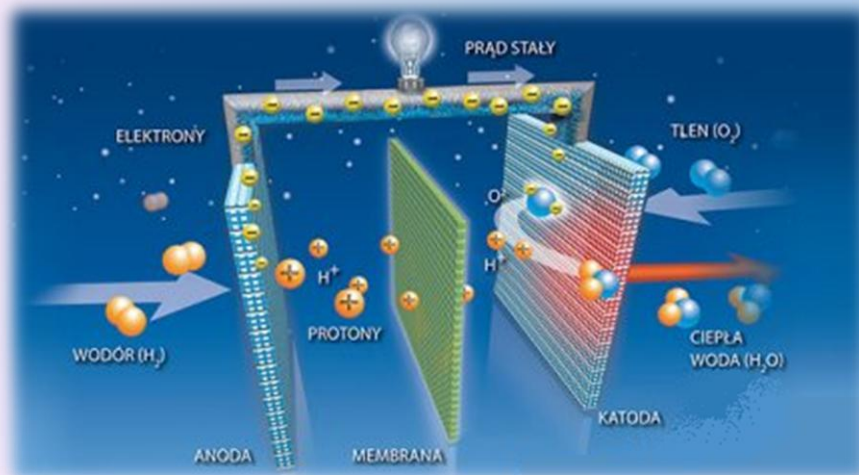
## *1. Metoda wapniowo-borowa*

Metoda wapniowo-bromowa (Ca-Br) - proces rozszczepiający wodę, materiał reaguje endotermicznie z wodą, aby utworzyć tlenek wapnia (CaO) i bromek wodorowy (HBr). Ten ostatni jest przetwarzany przez elektrolizę albo rozkład plazmy na brom i wodór. Ten proces jest szczególnie interesujący ponieważ mimo, że jest wysoce endotermiczny, prawie połowa wymaganej energii termodynamicznej na rozszczepienie wody jest dostarczona jako nuklearne ciepło.

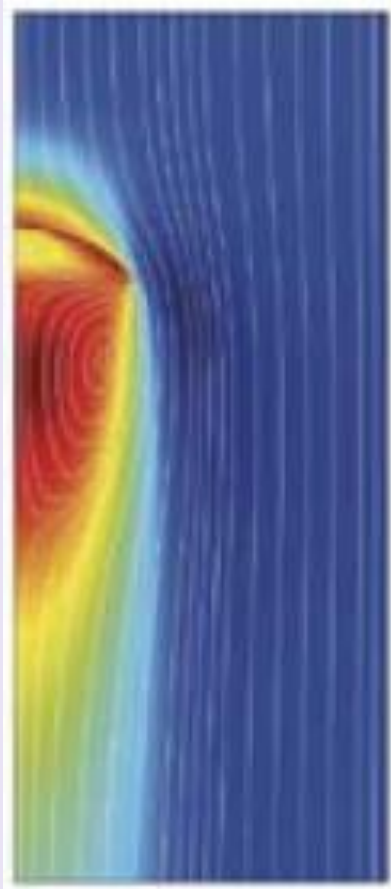
# Proces wytwarzania

## 2. Metoda hydrolizy tlenku wapniowo- borowego

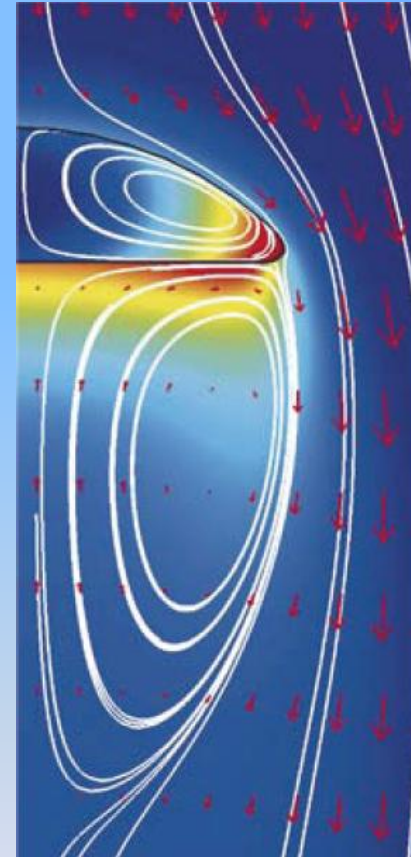
Dwie możliwości są wzięte pod uwagę jeżeli chodzi o połączenie CaBr, który ma w sobie większość ciepła potrzebnego do reakcji i pary wodnej w ciągłym procesie : albo rozpryskiwanie roztopionego CaBr w środowisko pary wodnej , albo skraplanie pęcherzyków pary wodnej do basenu pełnego roztopionego CaBr<sub>2</sub>. COMSOL Chemical Engineering Module zapewnia środowisko gdzie mogą być przeprowadzane takie próby.



# Proces wytwarzania



*Skumulowanie produktu HBr w pęcherzyku  
i CaO w roztopionym CaBr<sub>2</sub>*



Zdjęcie pokazuje prędkość  
siły w kierunku pionowym  
i wektor w pęcherzykach

# Sposób przewozu

- *Wodór można gromadzić w trzech stanach skupienia*
- *gazowym* przy wysokim, dochodzącym do 700 barów ciśnieniu, co wymaga stosowania zbiorników w postaci butli stalowych lub innych,
- *plynnym* przy ciśnieniu prawie atmosferycznym, jednak w bardzo niskich temperaturach ( $-253^{\circ}\text{C}$ ), a więc w zbiorniku o szczególnym rodzaju izolacji,
- *w postaci chemicznie związanej*, jako związki wodoru z metalami, czyli wodorki (zbiorniki są jednocześnie wymiennikami ciepła).

# Magazynowanie wodoru - zbiorniki

Borazan to nieorganiczny związek chemiczny stanowiący kompleks amoniaku i borowodoru. Materiał ten doskonale nadaje się jako magazyn wodoru dla pojazdów napędzanych ogniwem wodorowym, gdyż cząsteczka borazanu w dużej części składa się z atomów wodoru

Dotąd do uwolnienia przetrzymywanego w cząsteczce borazanu wodoru konieczne było podgrzanie materiału do temperatury przekraczającej 100 stopni Celsjusza. Tak wysoka temperatura reakcji negatywnie wpływała na inne komponenty ogniw wodorowych - niszcząc je lub znacząco obniżając wydajność reakcji.

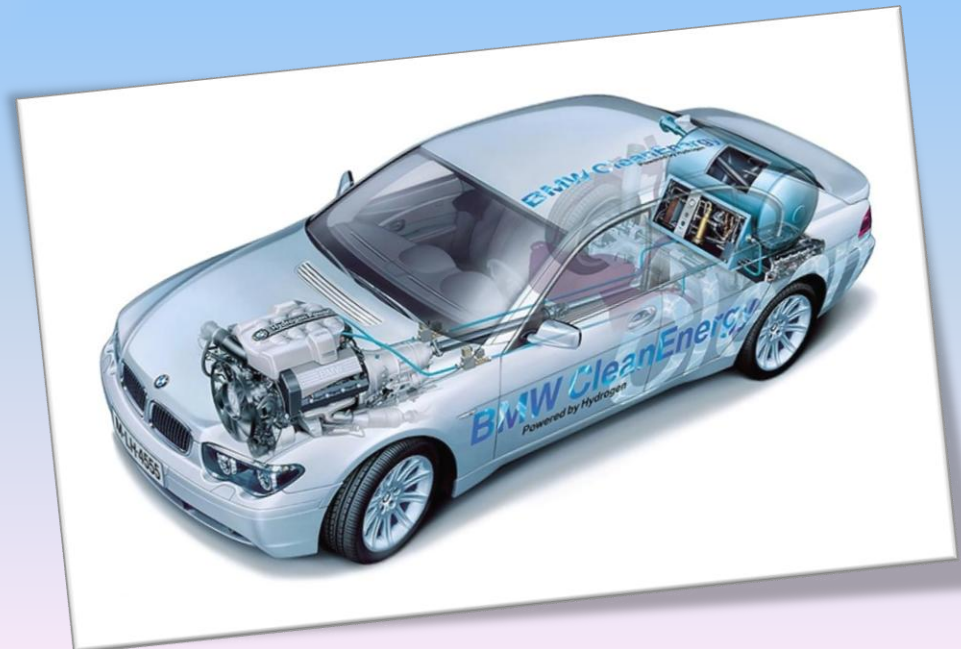
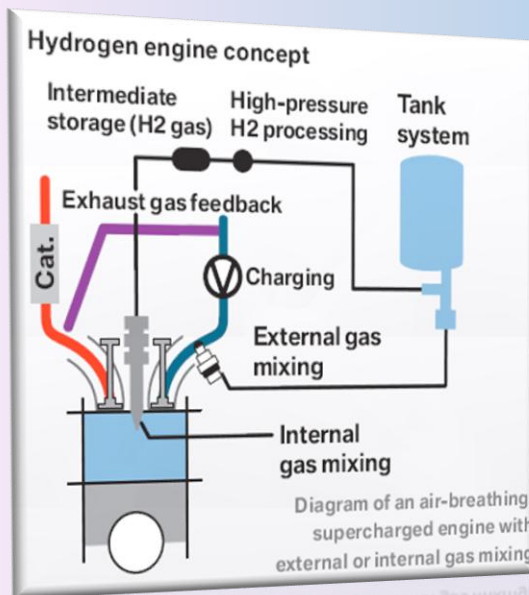
Borazan, wzbogacony nanocząstkami kobaltu i niklu uwalnia wodór w temperaturze zaledwie 59 stopni Celsjusza.

borazan doskonale wypełnia zbiorniki paliwa pojazdów napędzanych ogniwami wodorowymi.



# Nowa technologia

W samochodzie BMW serii 7 jest zainstalowany silnik spalinowy, ale jako paliwo wykorzystywany jest benzyna i właśnie wodór. Silnik ten ma dobre osiągi, mniejszą masę i jest prostszy w obsłudze w porównaniu do benzynowego odpowiednika. Natomiast siła silnika i moment obrotowy nie zmieniają się.



# Wady i zalety

## Zalety

- duży współczynnik dyfuzji  $H_2$  w powietrzu, dzięki czemu łatwo można tworzyć jednorodną mieszankę,
- duża zdolność do zapłonu ze względu na małą energię potrzebną do zapłonu,
- duża szybkość spalania mieszanki wodorowej,
- szerokie granice palności mieszanki ( $0,14 \leq \lambda \leq 9,9$ ), dzięki czemu można regulować obciążenie silnika przez zmianę składu mieszanki, czyli stosować regulację jakościową (jak w silnikach ZS).

## Wady

- dużą skłonność do spalania stukowego ze względu na małą liczbę oktanową ma,
- wykazuje silne oddziaływanie chemiczne na metale, szczególnie w podwyższonych temperaturach,
- ma zdolność do rozkładu chemicznego olejów smarujących, przez co tworzą się agresywne związki oddziałujące negatywnie na elementy silnika,
- ma małą gęstość energetyczną nawet w stanie skroplonym,
- stwarza duże trudności z przechowywaniem.

Dziękujemy za uwagę