

## Popularnonaukowe streszczenie projektu

Ogniwo paliwowe to urządzenie do bezpośredniej konwersji energii chemicznej wodoru w energię elektryczną. Siła ogniwa tkwi właśnie w słowie bezpośredni. Przy standardowym wytwarzaniu, najpierw, energia ze spalania węgla zamieniana jest na ciepło służące do podgrzania wody, podgrzana woda paruje zasilając turbinę parową a ta z kolei obraca prądnicę wytwarzając prąd elektryczny. W ogniwie paliwowym nie ma pośredników a energia chemiczna tkwiąca w paliwie zamieniana jest bezpośrednio w energię elektryczną. Oznacza to że ogniwo paliwowe ma niespotykaną do tej pory efektywność konwersji energii. Od czasów rewolucji przemysłowej po dzień dzisiejszy systemy energetyczne podążają równolegle za dwoma głównymi trendami. Pierwszy, to ciągła i konsekwentna dekarbonizacja paliwa. W pierwszym używanym przez ludzkość paliwie, drewnie, stosunek atomów węgla do atomów tlenu wynosił tylko  $H/C=0.1$ . W węglu kopalnianym  $H/C=0.5$ , w ropie  $H/C=2$ , a w obecnie coraz częściej używanym metanie  $H/C=4$ . Na końcu tej ewolucji paliw nieuniknienie czeka wodór. Drugim ważnym trendem w systemach energetycznych jest ciągłe i konsekwentne zwiększanie efektywności systemów energetycznych. Tu też prym wiodą ogniwa paliwowe, zapewniając wysoką efektywność konwersji energii niezależnie od rozmiaru systemu, od małych modułów przeznaczonych dla domów jednorodzinnych po wielkogabarytowe elektrownie. W przeciwieństwie do klasycznej elektrowni, ogniwo paliwowe jest w stanie reagować w sposób dynamiczny na zapotrzebowanie w energię. Oznacza to, że ogniwo może wytwarzać energię elektryczną dokładnie o czasie i w ilości jaka jest potrzebna. Należy pamiętać, że wodór nie jest źródłem energii a jedynie jej nośnikiem. Oznacza to, że wodór nie występuje w naturze w postaci gazowej i musi być wyprodukowany. Dlatego też ogniwa paliwowe tworzą wprost idealne uzupełnienie dla innych technologii energetycznych takich jak energetyka jądrowa oraz energetyka odnawialna. Część naukowców wprost nazywa ogniwa paliwowe brakującym ogniwem energetyki odnawialnej gdyż pozwalają one na magazynowanie energii pochodzącej z paneli słonecznych lub wiatraków. W okresie przejściowym ogniwa paliwowe mogą być zasilane gazem ziemnym, gdyż pozwala to na wykorzystanie istniejącej obecnie infrastruktury. Metan po odsiarczeniu podlega reakcji częściowego utleniania, której produktem jest mieszanka wodoru i tlenku węgla. Wysoka temperatura pracy stałotlenkowego ogniwa paliwowego pozwala na utlenianie na elektrodzie zarówno tlenku węgla jak i wodoru. Ogniwa typu SOFC zasilane metanem są intensywnie testowane w Europie, Japonii i USA. **Jednym z najbardziej interesujących zagadnień podstawowych związanych z ogniwami paliwowymi jest to w jak zmienia się mikrostruktura ogniwa podczas długotrwałej pracy. Zagadnienie jest jeszcze bardziej skomplikowane dla ogniwa zasilanego metanem gdzie reakcje endotermiczne przeplatają się z egzotermicznymi reakcjami elektrochemicznymi. Powoduje to kompleksowe problemy o charakterze interdyscyplinarnym na pograniczu inżynierii materiałowej, mechaniki płynów, transportu masy i ciepła, elektrochemii oraz modelowania matematycznego.**

W proponowanym projekcie planuje sprawdzić jak zmienia się mikrostruktura ogniwa paliwowego zasilanego tak wodorem a jak zasilanego metanem. Podejście takie pozwala odseparować przypadek gdzie występują tylko reakcje elektrochemiczne od tego gdzie reakcje elektrochemiczne zachodzą równolegle z chemicznymi. Badania mikrostruktury zostaną przeprowadzone za pomocą najnowszej techniki jaką jest połączenie skaningowej mikroskopii jonowej z elektronową mikroskopią skaningową oraz trójwymiarową rekonstrukcją danych. W badaniach tych skaningowy mikroskop jonowy (z ang. tzw. FIB) tnie fragment badanej próbki na 200-300 plasterków, które są kolejno skanowane za pomocą mikroskopu skaningowego (z ang. tzw. SEM). Zebrane zdjęcia SEM są następnie używane do opracowania w pełni trójwymiarowej rekonstrukcji mikrostruktury. Technologia użyta do badań SOFC po raz pierwszy w 2006 roku, przyniosła nieznane dotąd możliwości poznawcze w dziedzinie badań ogniwa oraz materiałów. Do dziś tylko kilka ośrodków na świecie potrafi prawidłowo wyznaczyć parametry mikrostruktury materiału porowatego używając technologii trójwymiarowej rekonstrukcji mikrostruktury. Na podstawie zebranych wyników pomiarów elektrochemicznych oraz badań mikrostruktury zostanie zaproponowany model matematyczny zjawiska. Prawidłowy matematyczny opis zjawiska w skali mikrostrukturalnej pozwoli na lepsze zrozumienie procesów zachodzących w ogniwie oraz pozwoli sprawdzić czy proponowany teoretyczny model ogniwa odpowiada rzeczywistości. Jednym z podstawowych pytań na które trzeba znaleźć odpowiedź to czy zmiany mikrostruktury podczas długotrwałej pracy ogniwa mogą powodować wzrost osiągnięć ogniwa? Wielu naukowców pracujących z tlenkowymi ogniwami paliwowymi zauważyło, iż przy długotrwałej pracy ogniwa moc ogniwa wzrasta stopniowo nawet o kilka procent. Ten korzystny trend może trwać nawet do roku po czym ogniwo zaczyna stopniowo ulegać degeneracji. Niestety w literaturze nie ma odpowiedzi na to pytanie. Tak więc, czy wymuszona przepływem prądu, reakcjami elektrochemicznymi ewolucja mikrostruktury powoduje optymalizację mikrostruktury? Proponowany projekt pozwoli odpowiedzieć na te i inne pytania.