

Streszczenie rozprawy doktorskiej

autor: **Karolina Kordek-Khalil**

tytuł rozprawy: „Modyfikowane włókna węglowe jako wysokosprawne beżnośnikowe elektrody do elektrokatalitycznego rozkładu wody”

Wykorzystanie technologii elektrolizy wody na szeroką skalę jest obecnie ograniczone wysoką ceną metali szlachetnych, znajdujących się w składzie najlepszych elektrokatalizatorów zarówno reakcji wydzielania wodoru (*ang. hydrogen evolution reaction – HER*), jak i reakcji wydzielania tlenu (*ang. oxygen evolution reaction – OER*). Poszukiwania ich tańszych zamienników skierowały badania ku związkom metali nieszlachetnych, materiałom węglowym, a także kompozytom tych dwóch grup materiałów. Elektrokatalizatory te otrzymywane są najczęściej w formie proszkowej za pomocą stosunkowo skomplikowanych i wieloetapowych metod. Aby takie proszki mogły zostać zastosowane jak elektrokatalizatory, muszą zostać naniesione na powierzchnię elektrod, najczęściej z wykorzystaniem spoiw polimerowych, które mogą blokować miejsca aktywne katalitycznie, jak również zwiększać opór elektryczny materiałów.

W niniejszej pracy doktorskiej, poprzez bezpośrednią modyfikację powierzchni dwóch rodzajów komercyjnych tkanin z włókna węglowego, otrzymano różne materiały elektrokatalityczne, które nie zawierają w składzie metali szlachetnych. Uzyskano w ten sposób beżnośnikowe elektrody, możliwe do bezpośredniego zastosowania w układach elektrochemicznych. Zastosowano oraz zoptymalizowano różne metody modyfikacji tkanin z włókna węglowego, opracowując w ten sposób elektrokatalizatory HER i OER o wysokiej aktywności. Otrzymane serie różnych elektrod zostały scharakteryzowane pod kątem właściwości fizykochemicznych i elektrochemicznych, umożliwiając zbadanie charakterystyk tych materiałów, które mają największy wpływ na ich aktywność elektrokatalityczną w HER i/lub OER w środowisku zasadowym. Obejmują one całkowicie niemetaliczne giętkie elektrody, otrzymane przez zoptymalizowaną technikę łagodnego utleniania tkaniny z włókna węglowego, jak również elektrody kompozytowe złożone ze zmodyfikowanej tkaniny węglowej oraz powłoki na bazie jednego lub więcej metali nieszlachetnych. Zastosowano dwie metody osadzania powłok elektrokatalitycznych: elektroosadzanie oraz osadzanie laserem impulsowym. Obie techniki wykorzystano do otrzymania powłok na bazie kobaltu, a metoda elektroosadzania była wykorzystana również do otrzymania bimetalicznych powłok na bazie kobaltu i niklu.

Wskutek optymalizacji procesu jednoetapowego elektroosadzania, opracowano metodę otrzymywania kompozytowej elektrody z powłoką na bazie kobaltu i niklu. Na otrzymaną elektrodę składają się trzy fazy: węglowa, metaliczna oraz mieszanego wodorotlenku Co,Ni(OH)_2 . Charakteryzuje się niskim nadpotencjałem reakcji wydzielania wodoru wynoszącym 150 mV (przy gęstości prądu 10 mA cm^{-2}) oraz wysoką stabilnością pracy. Zarówno aktywność jak i stabilność materiału są wyraźnie wyższe niż w otrzymanych w ten sam sposób elektrodach zawierających w powłoce tylko jeden z metali.

Opracowano również metodę dwuetapowego utleniania tkaniny z włókna węglowego, która pozwala otrzymać dwufunkcyjne elektrokatalizatory o wysokiej aktywności w reakcjach wydzielania oraz redukcji tlenu. Te całkowicie niemetaliczne elektrody zbudowane są wyłącznie z atomów: węgla, tlenu i wodoru. Wyjątkowo niski nadpotencjał OER, wynoszący 360 mV (przy gęstości prądu 10 mA cm^{-2}) został osiągnięty dzięki łagodnemu utlenieniu tkaniny z włókien węglowych, które spowodowało wprowadzenie do powierzchni włókien grup tlenowych oraz defektów strukturalnych, nie zmniejszając przy tym ich wysokiego przewodnictwa elektrycznego. W pracy wykazano, że wyłącznie połączenie dwóch zoptymalizowanych etapów utleniania pozwala na otrzymanie elektrody o tak wysokiej aktywności.

Została również przedstawiona metoda łatwego w wykonaniu i szybkiego elektrochemicznego utleniania tkaniny z włókna węglowego. Pokazano, że jego zastosowanie przed naniesieniem powłoki na bazie kobaltu zwiększa wyraźnie aktywność elektrokatalityczną otrzymanych w ten sposób elektrod kompozytowych, niezależnie od zastosowanej metody osadzenia powłoki.

Wyniki zaprezentowane w tej pracy wskazują nowe ścieżki preparatyki beznośnikowych elektrod o wysokiej aktywności elektrokatalitycznej oraz wnoszą wkład do zrozumienia właściwości, które warunkują tę aktywność w materiałach niemetalicznych oraz kompozytowych.