

## Praca dyplomowa inżynierska

Wytwarzanie katalizatorów na bazie  $\text{MoS}_2$  i nanomateriałów węglowych do reakcji wydzielania wodoru**Autor: Jakub Zabrzycy**

Nr albumu: 298095

Promotor: dr inż. Marta Mazurkiewicz-Pawlicka  
Opiekun pomocniczy: mgr inż. Zuzanna Bojarska

Rok akademicki: 2021/2022

**Wprowadzenie**

Z perspektywy przemysłu chemicznego bardzo ważną substancją jest wodór. W związku z tym istnieje ciągła potrzeba opracowywania i doskonalenia metod jego otrzymywania. Jedną z nich jest reakcja wydzielania wodoru (HER), czyli reakcja zachodząca na katodzie podczas elektrolizy wody. Reakcja ta może zostać usprawniona dzięki zastosowaniu katalizatorów, których wykorzystanie przyczynia się do zmniejszenia ilości energii niezbędnej do otrzymania określonej ilości wodoru.

**Cel i zakres pracy**

Celem pracy jest opracowanie nowych metod otrzymywania katalizatorów HER na bazie siarczku molibdenu (IV) ( $\text{MoS}_2$ ) i nanomateriałów węglowych na drodze mieszania, a także określenie ich właściwości strukturalnych oraz aktywności katalitycznej. Przeprowadzenie analizy umożliwia wyznaczenie najlepszej spośród zbadanych metody wytwarzania katalizatorów. Zakres pracy obejmuje:

- przybliżenie wiadomości teoretycznych związanych z tematyką pracy;
- otrzymanie katalizatorów na bazie  $\text{MoS}_2$  i nanomateriałów węglowych na drodze mieszania oraz zbadanie ich właściwości strukturalnych, chemicznych i katalitycznych;
- szczegółową analizę uzyskanych wyników i sformułowanie wniosków końcowych.

**Opis części doświadczalnej**

W ramach pracy katalizatory otrzymywano metodami mieszania w jednym z trzech urządzeń mieszających: homogenizatorze ultradźwiękowym (US), młynie kulowym oraz homogenizatorze wysokociśnieniowym (HPH), przy wykorzystaniu jednego z trzech nanomateriałów węglowych: nanorurek węglowych (CNT), tlenku grafenu (GO) i zredukowanego tlenku grafenu (rGO). Siarczek molibdenu (IV) mieszano z wymienionymi materiałami w trzech różnych stosunkach masowych: 1:5, 5:1 i 50:1. Skład i strukturę katalizatorów zbadano wykorzystując analizę termogravimetryczną (TGA), spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR) oraz skaningowy mikroskop elektronowy (SEM). Z kolei aktywność katalityczną zbadano przy wykorzystaniu woltamperometrii z liniowo zmieniającym się potencjałem (LSV) i woltamperometrii cyklicznej (CV).

**Wyniki**

Analiza termogravimetryczna oraz spektroskopia w podczerwieni wykazały, że podczas mieszania nie dochodzi do reakcji chemicznych między siarczkiem i nanomateriałami węglowymi. Z kolei z analizy SEM wynika, że zastosowanie aparatury mieszającej przyczynia się do skutecznej dyspersji i rozdrobnienia materiałów, co sprzyja aktywności katalitycznej próbek.

**Tabela 1.** Wartości nadpotencjału dla poszczególnych próbek.

Próbka	$ \eta_{10} $ [mV]	Próbka	$ \eta_{10} $ [mV]
$\text{MoS}_2$ :CNT=1:5, US	301	$\text{MoS}_2$ :rGO=5:1, US	255
$\text{MoS}_2$ :CNT=5:1, US	210	$\text{MoS}_2$ :rGO=50:1, US	398
$\text{MoS}_2$ :CNT=50:1, US	282	$\text{MoS}_2$ :CNT=5:1, młyn	231
$\text{MoS}_2$ :GO=1:5, US	393	$\text{MoS}_2$ :rGO=5:1, młyn	312
$\text{MoS}_2$ :GO=5:1, US	307	$\text{MoS}_2$ :CNT=5:1, HPH, 1 cykl mieszania	187
$\text{MoS}_2$ :GO=50:1, US	397	$\text{MoS}_2$ :CNT=5:1, HPH, 2 cykle mieszania	195
$\text{MoS}_2$ :rGO=1:5, US	324		

Wykorzystanie technik woltamperometrycznych umożliwiło ocenę aktywności wytworzonych katalizatorów, która została zmierzona m.in. przez pomiar przyłożonego do elektrody nadpotencjału potrzebnego do wywołania przepływu prądu o gęstości  $-10 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$ . Wartości bezwzględne zmierzonych nadpotencjałów dla poszczególnych próbek zaprezentowano w tabeli 1. Wyniki pomiarów wskazują, że największą aktywnością charakteryzują się katalizatory otrzymane na bazie nanorurek węglowych w homogenizatorze wysokociśnieniowym, jako że cieszą się najmniejszymi wartościami bezwzględnymi nadpotencjału, co wskazuje na najmniejszą ilość energii, jaką trzeba dostarczyć do układu reakcyjnego w celu otrzymania określonej ilości wodoru.

**Wnioski**

Przeprowadzone badania dowodzą, że otrzymywanie katalizatorów HER metodami mieszania stanowi efektywny sposób ich wytwarzania. Najskuteczniejszą spośród przebadanych metod wytwarzania katalizatorów jest mieszanie w homogenizatorze wysokociśnieniowym, zaś najlepszym materiałem węglowym są nanorurki, przypuszczalnie ze względu na swoje właściwości przewodzące i dużą powierzchnię właściwą.