

Kataliza heterogeniczna, tzn. kataliza, w której substraty i katalizator są w innych stanach skupienia (np. substraty gazowe i katalizator w postaci ciała stałego), stanowi jedną z głównych gałęzi przemysłu chemicznego. Poprzez zastosowanie odpowiedniego katalizatora możliwe jest przeprowadzenie reakcji chemicznej pomiędzy niereagującymi ze sobą w stanie wolnym substratami gazowymi. Właściwość ta wykorzystywana jest między innymi do konwersji/neutralizacji szkodliwych dla środowiska niepełnych produktów spalania paliw (takich jak np. CO czy NO), do związków mniej szkodliwych lub nietoksycznych (np. CO₂, N₂ i O₂).

Aktywność katalityczna materiału zależy w głównej mierze od struktury i właściwości jego powierzchni, ponieważ na niej właśnie zachodzi reakcja katalityczna. W celu poznaniu dokładnego mechanizmu reakcji katalitycznych oraz optymalizacji katalizatorów pod kątem ich wydajności i "długości życia", niezbędne jest przeprowadzanie badań podstawowych na tzw. katalizatorach modelowych w wyidealizowanych warunkach laboratoryjnych, np. poprzez badanie reakcji pomiędzy pojedynczymi molekułami gazów w środowisku ultra-wysokiej próżni.

Przedstawiany projekt ma za zadanie przeprowadzenie w Centrum NanoBioMedycznym Uniwersytetu im. Adam Mickiewicza w Poznaniu badań aktywności katalitycznej modelowego katalizatora składającego się z ultracienkiej warstwy tlenku żelaza FeO(111) wytworzonej na powierzchni monokryształu rutenu Ru(0001). Modelowe badania katalizatorów heterogenicznych prowadzone w środowisku ultra-wysokiej próżni są badaniami interdyscyplinarnymi z pogranicza chemii i fizyki, co doskonale wpisuje się ideę działania Centrum. Polska może poszczycić się chlubną tradycją badań w dziedzinie katalizy, zarówno heterogenicznej jak i homogenicznej.

W kontekście przedstawianego projektu, wiodącymi ośrodkami zajmującym się badaniami nad katalizą heterogeniczną na katalizatorach modelowych są instytuty Polskiej Akademii Nauk: Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera w Krakowie i Instytut Chemii Fizycznej w Warszawie. W kontekście szeroko pojętej katalizy homogenicznej i heterogenicznej nie sposób nie wspomnieć z kolei o dokonaniach ośrodków akademickich, m. in. w Warszawie, Krakowie, Gdańsku, Wrocławiu, Łodzi czy Poznaniu.

Podstawę katalitycznych badań modelowych stanowi analiza struktury powierzchni materiału katalizatora w odniesieniu do jego aktywności katalitycznej. W ostatnich latach zauważyć można wzmożoną aktywność w zakresie modelowych badań cienkich warstw tlenków jako katalizatorów reakcji utleniania substratów gazowych. Wykazano, iż ultra-cienkie warstwy tlenków metali wytworzone na powierzchniach monokrystalicznych charakteryzują się często o wiele wyższą aktywnością katalityczną niż powszechnie stosowane "czyste" katalizatory metaliczne. Wiodącym przykładem jest ultra-cienka warstwa tlenku żelaza FeO(111) wytworzona na powierzchni monokryształu Pt(111). Badania prowadzone z wykorzystaniem tego modelowego katalizatora dowiodły, iż w temperaturze ok. 450 K wykazuje on wysoką aktywność katalityczną w reakcji utleniania tlenku węgla (CO) do dwutlenku węgla (CO₂) - znacznie wyższą niż powszechnie stosowany katalizator platynowy. Jednocześnie, najnowsze doniesienia wskazują na aktywność krawędzi wysp tlenku FeO w temperaturze pokojowej i kluczową rolę podłoża, na którym rośnie tlenek, na jego strukturę i właściwości katalityczne.

W projekcie planuje się wykorzystanie faktu, iż ultracienkie warstwy i wyspy tlenku żelaza FeO mogą zostać wytworzone również na powierzchni innych podłoży monokrystalicznych, w tym na powierzchni Ru(0001). Użycie innego podłoża wpływa na strukturę i właściwości katalityczne tlenku. Zaobserwowano, iż powstające na Ru(0001) wyspy FeO(111) charakteryzują się dużą ilością defektów, które mogą stanowić centra aktywne reakcji katalitycznych, przez co układ FeO(111)/Ru(0001) charakteryzować się może wyższą aktywnością katalityczną niż FeO(111)/Pt(111). W chwili obecnej nie istnieją żadne doniesienia literaturowe na temat aktywności ultracienkich warstw lub wysp tlenku żelaza FeO(111) wytworzonego na powierzchni Ru(0001). Uzyskane w projekcie wyniki stanowią ważną wartość dodaną w dziedzinie badań heterogenicznych katalizatorów modelowych, jak również cenną wartość porównawczą dla zbadanego dość dobrze tlenku FeO na podłożu platynowym (111). Osiągnięcie założonych celów planuje się uzyskać poprzez wykorzystanie doświadczenia grupy projektowej w wytwarzaniu i badaniu struktury cienkich warstw tlenków żelaza na Pt(111) i Ru(0001), a także doświadczenia opiekuna projektu w modelowych badaniach właściwości katalitycznych tego typu układów, zdobyte w jednym z czołowych światowych ośrodków zajmujących się katalizą heterogeniczną - Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft w Berlinie.