

Przemysł chemiczny i pokrewne branże, takie jak przetwórstwo ropy naftowej i przemysł farmaceutyczny, dostarczają wiele produktów, które używamy powszechnie w życiu codziennym i są niezbędne do utrzymania współczesnego stylu życia. Branże te zależą w dużej mierze od procesów katalitycznych, w których katalizator ułatwia konwersję surowców w pożądane produkty poprzez przyspieszenie szybkości reakcji lub tłumienie niepożądanych produktów ubocznych. Procesy katalityczne są też podstawą zielonej chemii.

Jednym z najbardziej niezwykłych katalizatorów są glinokrzemiany, zwane zeolitami, posiadające jednolite mikropory, mniejsze niż 1 nm, które odkryto naturze jako krystaliczne minerały i zaczęto rozwijać syntetycznie. Początkowo ujawniły one właściwości selektywnej wymiany jonowej i sorpcji gazów, ale później odkryto, że mają wyróżniające się własności jako heterogeniczne katalizatory w przeróbce (krakingu) ropy naftowej i w selektywnej konwersji produktów petrochemicznych. Są nietoksyczne i przyjazne dla środowiska, trwałe w wysokich temperaturach, wykazując aktywność wyższą niż większość materiałów stosowanych w katalizie. Zeolity mają struktury szkieletowe złożone z tetraedrów SiO_4 i AlO_4 , tworzące sieci różniące się rozmiarami, kształtem i połączeniami porów, co determinuje ich reaktywność w stosunku do różnych związków organicznych. Ten decydujący wpływ struktury na reaktywność zeolitów w katalizie i adsorpcji, jest podstawą nieustających poszukiwań nowych struktur, syntezowanych w celu ulepszenia lub opracowania nowych zastosowań i procesów technologicznych, ostatnio szczególnie dla ochrony środowiska.

Jednym z przełomowych wydarzeń było odkrycie, że zeolity, znane wyłącznie w postaci 3-wymiarowych sieci (3D), mogą tworzyć warstwy o grubości mniejszej niż kilka nanometrów, podobne do tak zwanych materiałów 2-wymiarowych (2D). Oprócz dużego znaczenia fundamentalnego, zeolity 2D otwarły niespotykane dotąd perspektywy tworzenia nowych struktur ze względu na możliwość rozszerzania i częściowego wypełniania przestrzeni międzywarstwowych i manipulowanie warstwami, często nazywane "chemią klocków Lego", analogicznie jak dla innych, dobrze znanych materiałów warstwowych. Te ostatnie obejmują grafit, grafen, minerały ilaste (tzw. glinki), tlenki i wodorotlenki metali przejściowych, dwusiarczki i wiele innych. Warstwy zeolitowe dostarczają nowe cechy, nieobecne w dotychczasowych materiałach 2D: silne centra aktywne i pory wewnątrz lub w poprzek warstwy, które umożliwiają transport cząsteczek w trzech wymiarach. Zeolity 2D mają duże znaczenie rozwojowe, gdyż można je wykorzystać do syntezy nowych materiałów i struktur. Najbardziej uniwersalne podejście daje ich eksfoliacja, czyli rozdzielenie na pojedyncze warstwy pod wpływem odpowiedniego rozpuszczalnika z utworzeniem zawiesiny w postaci pojedynczych, niezależnych monowarstw, które można traktować jako gigantyczne, płaskie cząsteczki w roztworze. Większość znanych materiałów warstwowych pokazało spontaniczną eksfoliację, natomiast zeolity warstwowe opierały się temu procesowi przez długi czas bez wyraźnej przyczyny. Dopiero niedawno wnioskodawca i współpracownicy odkryli wysokowydajną eksfoliację jednego z ważniejszych zeolitów przemysłowych, MWW, w wyniku łagodnej reakcji chemicznej z organicznym wodorotlenkiem. Te dostępne obecnie eksfoliowane monowarstwy MWW w wodzie umożliwiają syntezę materiałów na bazie zeolitów zarówno nowymi metodami, jak i w nowych formach, które wcześniej były niemożliwe. Jest to wynikiem umożliwienia całkowitego wymieszania w fazie homogenicznej, trudnego lub niemożliwego do osiągnięcia metodami właściwymi dla ciał stałych.

Pierwszym celem projektu jest uogólnienie wypracowanej metody łagodnej chemicznej eksfoliacji na inne zeolity 2D. W badaniach wstępnych przeprowadzono taką eksfoliację dla dwóch kolejnych zeolitów: MFI i FER. MFI jest szczególnie ważnym materiałem, ponieważ posiada warstwy z prostopadłymi kanałami i jest drugim najważniejszym zeolitem przemysłowym o różnorodnych zastosowaniach. Drugim celem jest zbadanie podstawowych właściwości otrzymanych zawiesin, jak stabilność, agregacja warstw i zależność ładunku od pH. Trzeci cel, najważniejszy, to wykazanie praktycznych korzyści użycia otrzymanych zawiesin monowarstw do syntezy materiałów kompozytowych i struktur hierarchicznych, które mogą być udoskonaleniem w stosunku do istniejących, a także całkiem nowych, których nie można otrzymać z użyciem dotychczas dostępnych substancji. Planowane syntezy obejmą nanostruktury z nanocząsteczkami rozdzielającymi warstwy i posiadające odrębną aktywność katalityczną, których przykładem jest tlenek ceru (reakcje redoks), tlenek tytanu (fotokataliza), tlenki żelaza (reakcje redoks i właściwości magnetyczne), a także leki. Korzyści płynące z tworzenia materiałów posiadających centra aktywne o różnych właściwościach zlokalizowane bardzo blisko siebie, w połączeniu z obecnością dużych porów, to nowe ścieżki reakcji i procesy katalityczne, które można dopasowywać do potrzeb różnych przemian. Roztwory zawierające warstwy różnych zeolitów można mieszać, aby otrzymać podwójną aktywność lub osiągnąć efekt synergii. Innowacją będzie tworzenie hybrydów zeolitów z innymi strukturami 2D. Obydwa typy materiałów były wcześniej niemożliwe.

Eksfoliowane warstwy można również osadzać na podłożach lub wytwarzać w cienkie filmy, dotychczas niemożliwe do zrobienia. Oczekiwany korzyściami są nie tylko ilościowo ulepszone procesy katalityczne, ale także procesy jakościowo nowe ze względu na zdolność do tworzenia nowych kombinacji różnych funkcji w jednej cząstce katalizatora.