

mgr inż. Tomasz Kotkowski

Zakład Kinetyki i Termodynamiki Procesowej

Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej

Promotor: prof. dr hab. inż. Eugeniusz Molga

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Robert Cherbański, prof. uczelni

Badanie procesów sorpcji - desorpcji dla karbonizatów popirolitycznych

Streszczenie

Postęp techniczny sprzyja szybkiemu rozwojowi motoryzacji. Powoduje to wzrost liczby produkowanych opon, zwłaszcza samochodowych.

Zużyte opony samochodowe, nienadające się do ponownego użycia, stanowią niebezpieczny odpad dla środowiska. Pożary opon składowanych na wysypiskach skutkują emisją toksycznych gazów, zanieczyszczeniem gleby i wód. Naturalny proces degradacji opon trwa ponad 100 lat. Ze względu na stale rosnącą liczbę zużytych opon oraz ich niekorzystne oddziaływanie na środowisko naturalne konieczne było wprowadzenie regulacji prawnych wymuszających ich powtórne zagospodarowanie. Jedną z metod utylizacji jest proces pirolizy prowadzący do otrzymania: gazu, oleju i karbonizatu (sadzy popirolitycznej). Gaz i olej popirolityczny mogą być wykorzystane do ogrzewania reaktora pirolitycznego. Z oleju można oddestylować cenne substancje, takie jak: benzen, toluen czy ksylen. Natomiast sadza popirolityczna po odpowiedniej obróbce może być wykorzystana jako pigment w powłokach malarskich czy też lakierach. Jednak aby uzyskać z karbonizatu produkt o relatywnie dużej wartości rynkowej należy go zaktywować, czyli zwiększyć jego powierzchnię właściwą.

Celem tej pracy była ocena możliwości zastosowania karbonizatu popirolitycznego jako adsorbentu lotnych związków organicznych. Podjęte działania wpisują się w realizację zasad zrównoważonego rozwoju poprzez wykorzystanie materiału odpadowego do oczyszczania gazów odlotowych z lakierni i innych zakładów przemysłowych z niebezpiecznych dla zdrowia LZO.

W celu rozbudowy struktury karbonizatu zastosowano aktywację w atmosferze CO_2 . Proces badano w skali analitycznej (w termowadze) oraz laboratoryjnej (w reaktorze rurowym umieszczonym w piecu rurowym). Charakterystyka struktury otrzymanego produktu doprowadziła do znalezienia optymalnych warunków aktywacji z punktu widzenia maksymalizacji powierzchni właściwej BET materiału. Uzyskany materiał zastosowano do badań procesu adsorpcji jako wypełnienie kolumny adsorpcyjnej.

Do celów porównawczych przeprowadzono także proces aktywacji chemicznej karbonizatu za pomocą KOH.

Ze względu na możliwość występowania pary wodnej w strumieniu gazu określono jej wpływ na adsorpcję n-heksanu na karbonizacie.

Badano proces adsorpcji n-heksanu (reprezentant LZO) na karbonizacie (aktywowanym i nieaktywowanym) w skali laboratoryjnej (w kolumnie adsorpcyjnej).

Złoże regenerowano przy użyciu mikrofal. Badano także cykliczny proces adsorpcji - desorpcji w celu oceny zmian pojemności adsorpcyjnej złoża w kolejnych cyklach.

Uzyskane wyniki adsorpcji - desorpcji z użyciem karbonizatu (nieaktywowanego i aktywowanego) porównano z otrzymanymi rezultatami dla referencyjnego materiału – węgla aktywnego.

Sformułowano i rozwiązano model matematyczny opisujący adsorpcję n-heksanu na karbonizacie (aktywowanym i nieaktywowanym) stanowiącym wypełnienie kolumny.

Kinetykę procesu adsorpcji n-heksanu w kolumnie opisano także za pomocą modeli fenomenologicznych.

W oparciu o przeprowadzone prace potwierdzono postawioną hipotezę badawczą, zgodnie z którą karbonizat popirolityczny poddany procesowi aktywacji może być używany jako efektywny adsorbent lotnych związków organicznych (LZO).

Największa wartość powierzchni właściwej BET karbonizatu aktywowanego w atmosferze CO₂ wynosiła 256 m²/g (4-krotnie większa wartość niż dla nieaktywowanego karbonizatu). Na podstawie studium literatury wykazano, że jest to wartość większa niż dla niektórych, komercyjnych węgla aktywnych.

Pojemność adsorpcyjna aktywowanego karbonizatu względem n-heksanu była o 50% większa niż dla surowca wyjściowego (nieaktywowanego karbonizatu).

Stopień zregenerowania złoża w większości badań był na poziomie bliskim 90%. Potwierdza to, że regeneracja mikrofalowa spełnia swoją rolę, a adsorbent może być wielokrotnie użytkowany jako wypełnienie kolumny, bez ryzyka znaczącego pogorszenia jego zdolności sorpcyjnej względem n-heksanu.

Spośród zastosowanych modeli fenomenologicznych do opisu kinetyki adsorpcji najlepiej sprawdziły się modele dynamiczne.

Sformułowany w oparciu o koncepcję objętości kontrolnej model matematyczny opisywał proces adsorpcji z zadowalającą dokładnością. Najlepszą zgodność danych eksperymentalnych i obliczeniowych uzyskano, gdy symulację przeprowadzono przy użyciu izotermy Freundlicha.

Słowa kluczowe: karbonizat popirolityczny z opon samochodowych, aktywacja fizyczna za pomocą CO₂, modelowanie procesu adsorpcji w kolumnie z wypełnieniem, desorpcja mikrofalowa

Koścowski
Tomasz