

ANALIZA MIKROSTRUKTURALNA ORAZ OCENA MATERIAŁÓW WYKORZYSTANYCH DO PRODUKCJI SPRZĘTU OCZYSZCZAJĄCEGO SOUO

AFILIACJA

AUTORZY

inż. Zuzanna Niesyto¹, dr Małgorzata Okrasa¹, dr hab. Zbigniew Walczak²

(1) Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy

(2) Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki,

WSTĘP

Sprzęt ochrony układu oddechowego (SOUO), taki jak półmaski filtrujące (FFR), odgrywa kluczową rolę w ochronie pracowników przed szkodliwymi substancjami obecnymi w powietrzu, w tym przed lotnymi związkami organicznymi (VOC). Wywołują one dyskomfort, podrażnienie dróg oddechowych oraz prowadzą do chorób układu oddechowego, takich jak astma.

Nowoczesne konstrukcje półmasek filtrujących nie tylko skutecznie zatrzymują cząstki stałe, lecz również neutralizują uciążliwe zapachy dzięki zastosowaniu warstw adsorpcyjnych. Materiały kompozytowe zawierające takie warstwy, dzięki dużej powierzchni właściwej i strukturze mikroporowatej, skutecznie adsorbują cząsteczki gazów i par, wydłużając czas użytkowania filtrów oraz poprawiając jakość powietrza wdychanego przez użytkownika. Efektywność działania sprzętu może ulegać stopniowej degradacji w wyniku długotrwałego użytkowania, co wiąże się z koniecznością jego wymiany. Trwałość i skuteczność środków zależą w dużej mierze od właściwości fizycznych i mikrostrukturalnych zastosowanych materiałów.

CEL

W ramach niniejszego badania dokonano analizy mikrostrukturalnej kompozytu włókninowego oraz oceny właściwości adsorpcyjnych w kontekście zastosowania w sprzęcie oczyszczającym SOUO. Wykorzystano modele matematyczne do prognozowania czasu przebiecia materiału w warunkach niskiego stężenia adsorbatów, co odpowiada realnym warunkom środowiskowym pracy.

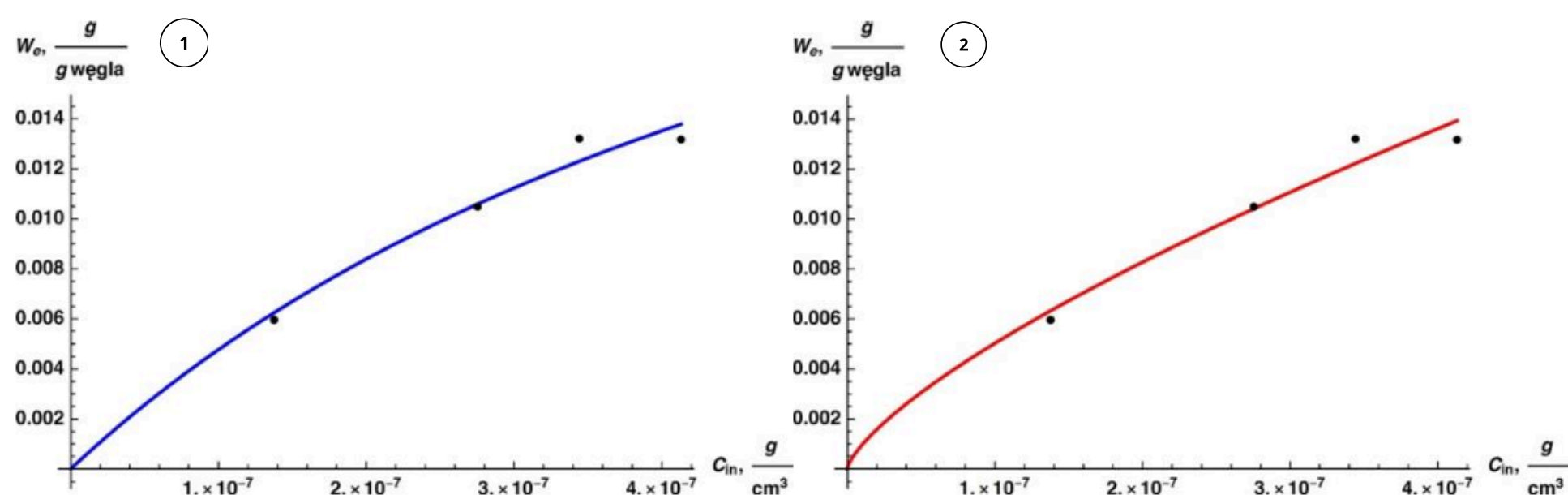
WYNIKI

W modelowaniu zastosowano równanie Wheelera pozwalające skutecznie scharakteryzować kinetykę sorpcji na złożach polimerowo-węglowych. Wysoka zgodność modelu z danymi ($R^2 > 0,999$) potwierdza jego dokładność w przewidywaniu momentu przebiecia w warunkach przepływu statycznego (tabela 1).

Tabela 1. Obliczone pojemności sorpcyjne i współczynniki szybkości adsorpcji dla badanych stężeń substancji.

Zdolność sorpcyjna W_e , g/g węgla	Współczynnik szybkości adsorpcji, 1/min
0,00596	1244,04
0,01049	1233,74
0,01321	1503,08
0,13176	1314,36

Izotermy adsorpcji cykloheksanu przedstawione na wykresie 1 i 2 można sklasyfikować jako typ I zgodnie z klasyfikacją Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej, która jest charakterystyczna dla adsorpcji węglowodorów na mikroporowatym węglu aktywnym. Zaobserwowana liniowa zależność współczynnika kv od stężenia umożliwiła wiarygodne przewidywanie jego wartości w zakresie niższych stężeń. Porównanie danych teoretycznych i eksperymentalnych wykazało jedynie nieznaczne różnice w czasie przełamania (~30 s), bez wpływu na ocenę skuteczności materiału (wykres 3).



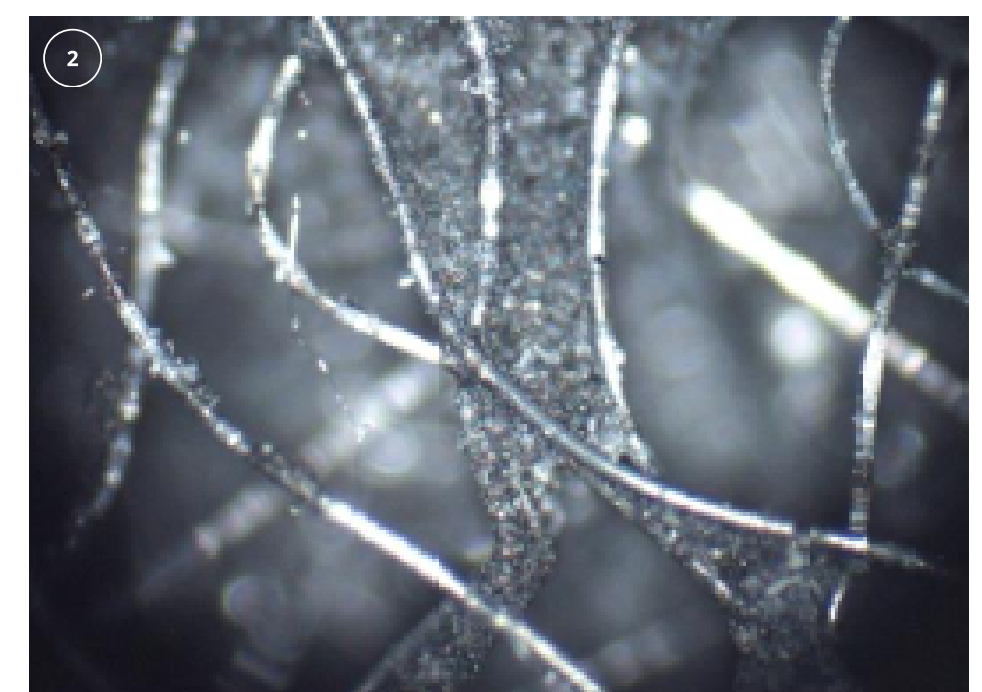
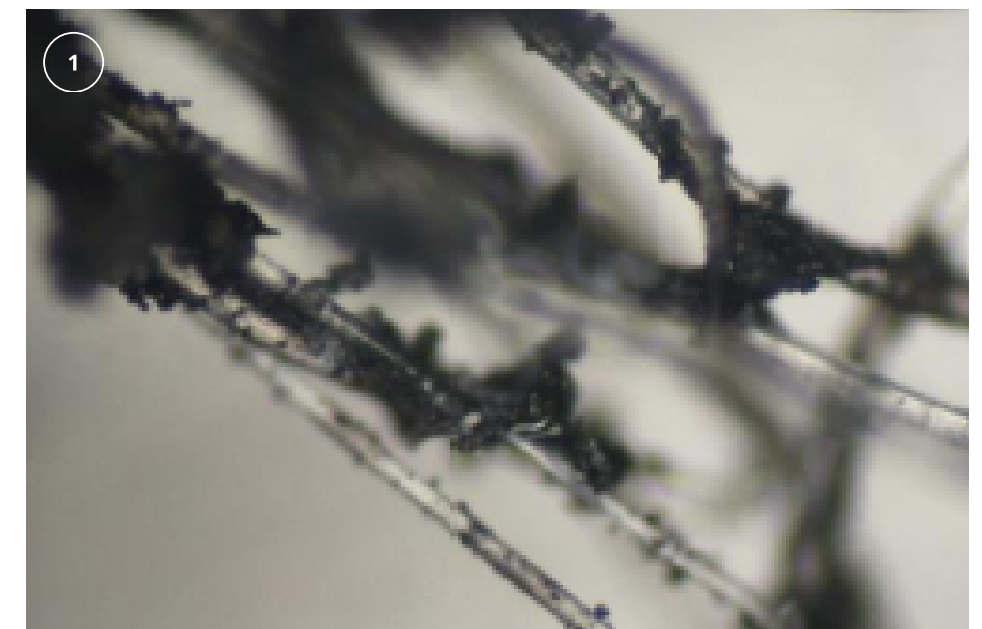
Wykresy 1,2. Wyniki dopasowania (1) izotermy Langmuira i (2) izotermy Freundlicha do eksperymentalnie wyznaczonych pojemności sorpcyjnych przy użyciu metody regresji nieliniowej.

MATERIAŁY

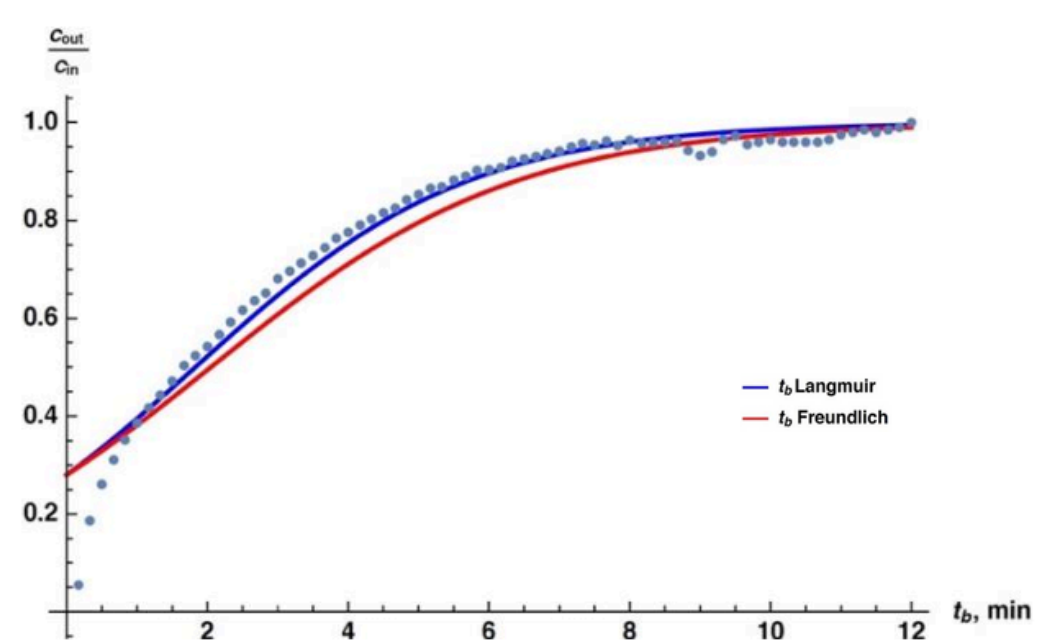
Do badań wykorzystano materiał kompozytowy AC-NW, wytworzony z włókien poliestrowych (PET) z domieszką węgla aktywnego. Przy pomocy mikroskopii optycznej przeprowadzono analizę morfologiczną identyfikującą strukturę materiału. Ponadto wykonano badania czasu przebiecia dla niskich stężeń VOC w zakresie 40-120 ppm.

METODYKA

Pierwszy etap koncentrował się na eksperymentalnym wyznaczeniu krzywych przebiecia dla określonych stężeń badanej substancji i obliczeniach numerycznych w celu wyznaczenia pojemności sorpcyjnych (W_e) i współczynników szybkości adsorpcji (kv) przy badanych stężeniach. Wykorzystano obliczone pojemności sorpcyjne i współczynniki szybkości adsorpcji dla stężeń w zakresie 40-120 ppm w celu przybliżenia tych parametrów w warunkach niskiego stężenia (20 ppm). Aby oszacować współczynnik szybkości adsorpcji dla niskich stężeń testowanych substancji, zastosowano liniową zależność między tym współczynnikiem a stężeniem substancji testowanej. W końcowym etapie wyznaczono krzywą przebiecia dla niższych stężeń badanej substancji.



Rysunek 1,2 Obrazy z mikroskopu optycznego przedstawiające morfologię włókniny AC-NW podkreślając dyspersję cząstek węgla aktywnego w matrycy polimerowej oraz strukturę sieci włókien wraz z rozmieszczeniem cząstek węgla.



Wykres 3. Walidacja prognoz modelu dla stężenia 20 ppm.

WNIOSKI

Równanie Wheelera dokładnie opisuje czasy przebiecia w warunkach statycznych, potwierdzając swoją przydatność w modelowaniu kinetyki adsorpcji. Izotermy Langmuira i Freundlicha dobrze odwzorowują dane eksperymentalne – model Freundlicha lepiej opisuje powierzchnie niejednorodne. Liniowa zależność kv od stężenia VOC umożliwia trafne prognozy w niskich stężeniach. Kompozyty polimerowo-węglowe sprawdzają się w sprzęcie ochrony układu oddechowego a przeprowadzone eksperymenty modelowe pozwalają przewidywać jego żywotność w warunkach symulujących rzeczywiste użytkowanie.