

JOANNA KARCZ
MAREK OSÓCH

Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

Biofiltracja gazów odlotowych w kolumnie ze złożem naturalnym

Wprowadzenie

Biofiltracja gazów jest metodą biologicznego usuwania par zanieczyszczeń z gazów odlotowych przez mikroorganizmy zasiedlające porowate wypełnienie. Proces ten jest prowadzony w biofiltrach. Wypełnienie biofiltra stanowi kluczowy element, w dużym stopniu decydujący o wydajności procesu, gdyż jego parametry przesądzają o właściwym wzroście pożądanym mikroorganizmów. Wysoka sprawność biofiltracji gazów zależy od wielu czynników, między innymi od rodzaju wypełnienia, jego zdolności do zatrzymania wilgoci, wilgotności i rodzaju doprowadzanego gazu, odczynu podłoża (które muszą być utrzymywane w ściśle określonych granicach w danym układzie), obciążenia masowego zanieczyszczeniami i innych [1–4].

Badania przedstawione w tej pracy miały na celu zbadanie procesu biologicznego rozkładu par metyloizobutyloketonu w strumieniu powietrza i wpływu tego procesu na lokalne i globalne działanie biofiltra wraz z krótko- i długookresowymi zmianami w biofiltrze. W trakcie tych badań określono przydatność w procesie biofiltracji trzech różnych wypełnień naturalnych, takich jak: szyszki olchy, kora sosnowa oraz mieszanina kory sosnowej i kompostu w stosunku objętościowym 2 : 1.

Część eksperymentalna

Badania doświadczalne zostały przeprowadzone w trzech kolumnach o średnicach wewnętrznych $D = 0,19$ m oraz $D = 0,38$ m i wysokościach wypełnienia $H = 1,12$ m, $H = 0,685$ m i $H = 0,655$ m (Rys. 1). Ze względu na wielkość wykorzystywanych biofiltrów instalację pomiarową można zakwalifikować do grupy aparatów o objętości większej niż skala laboratoryjna, a mniejszej niż skala ćwierćtechniczna. Badania doświadczalne obejmowały jedenaście serii pomiarowych, w trakcie których rejestrowano zmiany stężenia metyloizobutyloketonu (MIBK) wzdłuż wysokości wypełnienia, opory przepływu oraz zmianę masy wypełnienia. Charakterystyka testowanych wypełnień została podana w tablicach 1 oraz 2.

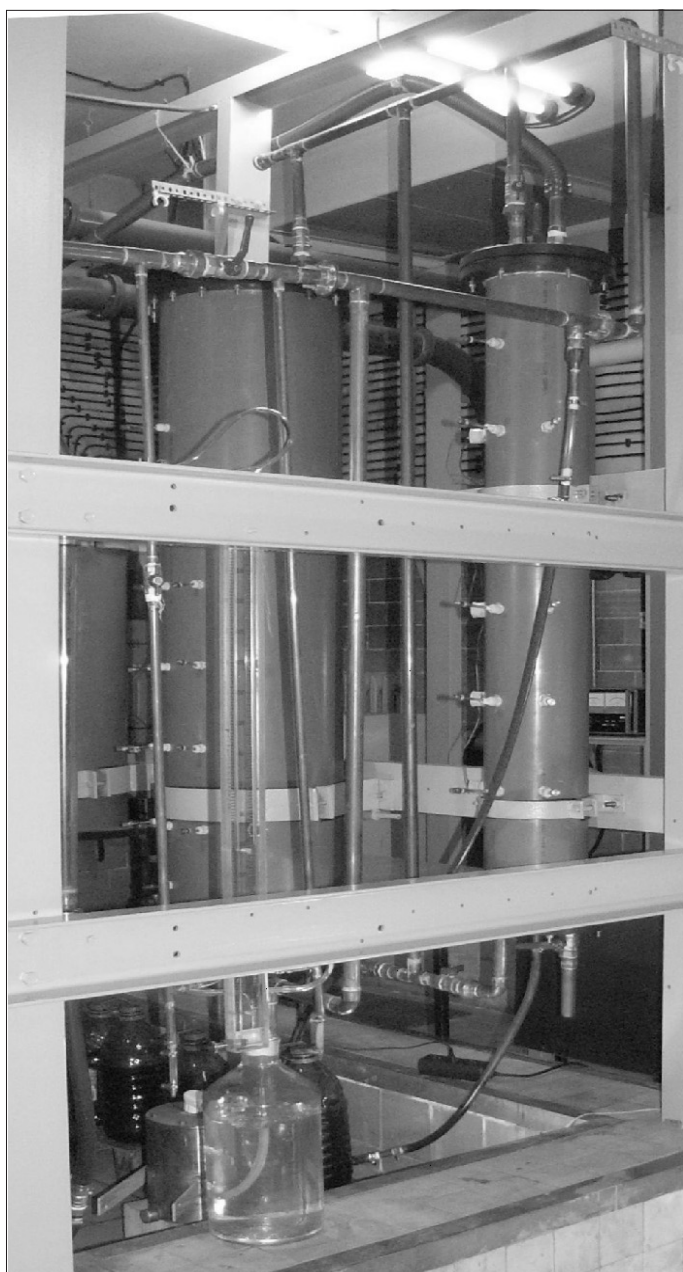
Wyniki badań

Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych stwierdzono przydatność wszystkich zastosowanych wypełnień z różnym efektem końcowym. Na wszystkich wypełnieniach uzyskano degradację zanieczyszczenia, lecz tylko na wypełnieniu mieszaniny kory sosnowej z kompostem uzyskano jego całkowite usunięcie ze strumienia gazu.

Tablica 1

Charakterystyka wypełnień wykorzystywanych w badaniach

Rodzaj materiału	Szyszki olchy	Kora sosnowa	Przepracowany kompost z odpadów komunalnych (około 2–3 lat)
Charakterystyka uziarnienia	Elementy o wymiarach 8÷25 mm	Elementy o wymiarze liniowym 20÷100 mm	Elementy o wymiarze liniowym do 10 mm
Zdolność zatrzymywania wody	Dla suchych i mało wilgotnych niska Przy znacznej wilgotności wysoka	Dla suchej i mało wilgotnej niska Przy znacznej wilgotności wysoka	Wysoka
Powierzchnia właściwa, α_s , m^2/m^3	3370 (suche) 1500 (nawilżone)	3358 (sucha) [2] 2486 (nawilżona) [2]	8856 (suchy) [2] 6824 (nawilżony) [2]
Opory przepływu gazu	Niskie	Średnie	Wysokie
Gęstość nasypowa, ρ_n , kg/m^3	142 (suche) 422 (nawilżone)	143 (sucha) 367 (nawilżona)	820 (suchy) 1007 (nawilżony)
Gęstość, ρ , kg/m^3	620 (suche) 1100 (nawilżone)	570 (sucha) 941 (nawilżona)	1615 (suchy) 1465 (nawilżony)
Porowatość, ε , m^3/m^3	0,83 (suche wypełnienie) 0,62 (nawilżone)	0,75 (suche) 0,61 (nawilżone)	0,49 (suche) 0,31 (nawilżone)



Rys. 1. Widok aparatury doświadczalnej

Tablica 2

Charakterystyka wypełnienia składającego się z kory sosnowej i kompostu z odpadów komunalnych (w stosunku objętościowym 2 : 1)

Charakterystyka uziarnienia	Elementy o wymiarach charakterystycznych dla danego komponentu
Zdolność zatrzymywania wody	Umiarkowana
Opory przepływu gazu	Wysokie
Gęstość nasypowa	Suche $\rho_n = 566 \text{ kg/m}^3$ nawilżone $\rho_n = 707 \text{ kg/m}^3$
Gęstość właściwa	Suche $\rho = 1130 \text{ kg/m}^3$ nawilżone $\rho = 1080 \text{ kg/m}^3$
Porowatość wypełnienia	Suche $\varepsilon = 0,50 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Nawilżone $\varepsilon = 0,35 \text{ m}^3/\text{m}^3$

Najwyższą zdolność usuwania ZU zanieczyszczenia uzyskano na wypełnieniu składającym się z mieszaniny kory sosnowej i kompostu w stosunku objętościowym 2 : 1. Otrzymano maksymalną wartość ZU równą $186,4 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ oraz krótki czas adaptacji mikroorganizmów. Najwyższą (powyżej 99%) sprawność osiągnięto dla stężenia $C_{we} = 189 \text{ mg MIBK}/\text{m}^3$. Wypełnienie złożone wyłącznie z kory sosnowej charakteryzowało się maksymalną wartością ZU = $31,3 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ oraz długim czasem adaptacji. Najwyższą (około 95%) sprawność odpowiadała stężeniu $C_{Awe} = 130 \text{ mg MIBK}/\text{m}^3$. Dla szyszek olchy uzyskano maksymalną wartość zdolności usuwania na poziomie $26,8 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$, a także stwierdzono, że czas adaptacji złoża jest długi. Najwyższą (około 80%) sprawność otrzymano dla stężenia $C_{Awe} = 34 \text{ mg MIBK}/\text{m}^3$.

Na wypełnieniu z mieszaniny kory sosnowej z kompostem wystąpiły najwyższe opory przepływu z tendencją wzrostową w miarę upływu czasu procesu. W przypadku kory sosnowej opory przepływu były niskie, a na wypełnieniu z szyszek olchy uzyskano najniższe spadki ciśnienia. Opory przepływu są powiązane ze wzrostem masy wypełnienia, to znaczy rosną one ze wzrostem biomasy na wypełnieniu.

Wzrost stężenia w gazie wejściowym powodował wzrost obciążenia biofiltra i obniżenie sprawności oczyszczania. Wpływ obciążenia na sprawność procesu biofiltracji w danym układzie określa rzeczywiste zdolności degradacyjne układu.

Badania wykazały, że wraz ze wzrostem obciążenia obniżała się sprawność procesu, ale jednocześnie rosła zdolność usuwania zanieczyszczenia.

Sprawność biodegradacji silnie zależy od zadanego obciążenia, czasu kontaktu oraz rodzaju wypełnienia, z czym bezpośrednio jest związany czas jego adaptacji do danego rodzaju zanieczyszczenia. Wraz ze wzrostem dostępności substancji odżywczych na wypełnieniu okres ten ulega skróceniu. W przypadku wysokich obciążeń w biofiltrze następuje przesuwanie strefy wysokiej redukcji w kierunku dalszych sekcji biofiltra, przy czym występuje zmniejszenie oporów przepływu w sekcji poprzedniej. Zmniejszenie wilgotności złoża wpływa na rozwój grzybów, a towarzyszy temu wzrost odcieków wilgoci z wypełnienia. Z upływem czasu w tej części złoża spada sprawność.

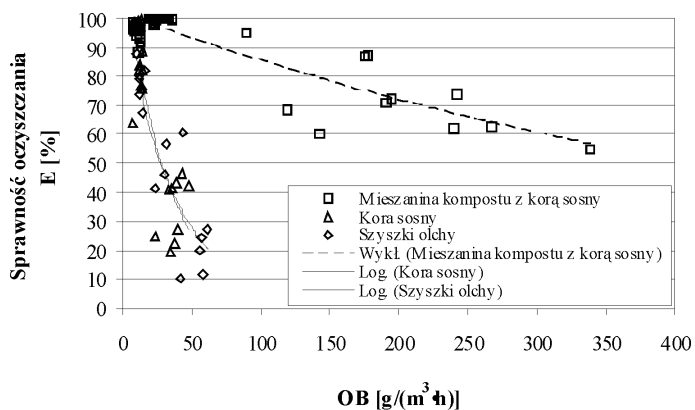
Na ubogim wypełnieniu złożonym z szyszek olchy osiągnięto wysokie sprawności oczyszczania powyżej 80% tylko dla stężeń metyloizobutyloketonu w gazie poniżej $0,03 \text{ g/m}^3$ i obciążenia $13 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$, co prawdopodobnie jest spowodowane niewystarczającą ilością składników odżywczych w podłożu. Za najlepsze z badanych wypełnień można uznać mieszaninę kory z kompostem ze względu na najkorzystniejszą zdolność usuwania metyloizobutyloketonu. Jednak w tym przypadku opory przepływu gazu są wysokie.

Tablica 3

Równania opisujące degradację metyloizobutyloketonu na różnych wypełnieniach

Wypełnienie	Równanie	Nr równania	$\pm \Delta$ %
Szyszki olchy	$E = -36,3 \ln(OB) + 170$	(1)	22
Kora sosnowa	$E = -43,16 \ln(OB) + 194,14$	(2)	20
Mieszanina kompostu z korą sosny	$E = 101,54 \exp[-1,7 \cdot 10^{-3} \cdot OB]$	(3)	10

Z badań wynika, że kora sosnowa jako indywidualne wypełnienie nie spełnia wszystkich wymagań dobrego złoża biofiltracyjnego, ale znakomicie nadaje się do zastosowania w połączeniu z innymi materiałami bogatymi w substancje odżywcze. Ze względu na jej dostępność w dużych ilościach i łatwość w pozyskiwaniu jest znacznie bardziej konkurencyjnym materiałem niż szyszki olchy. Kolejnym argumentem sprzyjającym zastosowaniu kory sosnowej jako materiału wypełnienia jest jej stosunkowo niski koszt.



Rys. 2. Porównanie sprawności oczyszczania E od obciążenia OB biofiltra dla różnych wypełnień

Sprawność oczyszczania E od obciążenia OB biofiltra dla różnych badanych wypełnień naturalnych porównano na rys. 2. Zależności $E = f(OB)$ dla tych wypełnień opisano równaniami (1) – (3), zestawionymi w tablicy 3.

Wnioski

W zakresie przeprowadzonych pomiarów i obliczeń, spośród trzech testowanych wypełnień naturalnych, najwyższe sprawności oczyszczania strumienia powietrza z zanieczyszczenia w funkcji obciążenia biofiltra charakteryzują wypełnienie składające się z mieszaniny kory sosnowej i kompostu w stosunku 2 : 1 (Rys. 1, Tabl. 3). Ze wzrostem obciążenia OB sprawność oczyszczania spada, zwłaszcza w przypadku wypełnień składających się w 100% z szyszek olchy lub kory sosnowej. Te wypełnienia znoszą stosunkowo niewielkie obciążenia OB . Na przykład dla założonej sprawności oczyszczania około 70% jest ona około dziesięciokrotnie mniejsza niż w aparacie z wypełnieniem składającym się z mieszaniny kory sosnowej i kompostu.

LITERATURA

1. J. Warych: Oczyszczanie gazów – procesy i aparatura, Warszawa, WNT, 1998.
2. M. Palica, K. Chmiel: Inż. Ap. Chem., **39**, nr 3s, 102 (2000).
3. M. Osóch: Praca doktorska, Politechnika Szczecińska, Szczecin (2008).
4. A.B. Neal, R.C. Lehr: Waste Management, **20**, 59, (2000).

Redakcja czasopisma naukowo-technicznego

INŻYNIERIA I APARATURA CHEMICZNA

uprzejmie informuje, że może sprzedać zainteresowanym różne

NUMERY ARCHIWALNE

Zamówienia pisemne (faksem lub pocztą) można składać pod adresem

Redakcja „Inżynierii i Aparatury Chemicznej”

44-100 Gliwice, ul. Górnych Wałów 25

skr. poczt. ☒ 4a fax (32) 231 94 39