

Anna Musialik-Piotrowska, Agnieszka Koyer-Gołkowska

Porównanie aktywności katalizatorów perowskitowego i palladowego w utlenianiu organicznych zanieczyszczeń powietrza

W ostatnich latach znacząca część badań i opracowań w zakresie oczyszczania powietrza atmosferycznego dotyczy usuwania lotnych związków organicznych z przemysłowych gazów odlotowych. Z danych dotyczących emisji tych zanieczyszczeń wynika, że około 40% tej emisji stanowią różnego rodzaju związki pochodzące z zakładów spożywczych (wędzarnie, wytwórnie żywności i aromatów spożywczych), chemicznych (produkcja farb, lakierów, barwników drukarskich, klejów, nawozów fosforowych, wiskozy, preparatów grzybobójczych i bakteriobójczych), wytwórni płyt wiórowych i paździerzowych, odlewni oraz zakładów lakierniczych. Ze względu na powszechność tych procesów technologicznych emisja lotnych związków organicznych do atmosfery stanowi coraz większy problem. Ocenia się, że np. we Francji emitowanych jest rocznie 2+3 mln ton tego typu związków [1]. Jeżeli z różnych względów technologicznych lub ekonomicznych nie jest możliwe ograniczenie zużycia związków organicznych w produkcji, to odzyskuje się je z gazów odlotowych metodami fizycznymi i chemicznymi, takimi jak adsorpcja, absorpcja, kondensacja, wymrażanie lub też eliminuje na drodze biofiltracji bądź spalania. Wybór spośród możliwych technologii jest uwarunkowany zakresem stężeń zanieczyszczeń, ilością oczyszczanego powietrza, możliwością odzysku substancji organicznych, a przede wszystkim kosztami procesu. Obecnie coraz szersze zastosowanie w oczyszczaniu gazów odlotowych z zanieczyszczeń organicznych zyskuje metoda ich katalitycznego dopalania. Najczęściej wykorzystuje się do tego katalizatory heterogeniczne, których czynnik aktywny stanowią drogie metale szlachetne. W ostatnich latach wyraźnie nasila się zainteresowanie preparatyką i zastosowaniem katalizatorów tlenkowych do dopalania organicznych zanieczyszczeń powietrza. Wynika to przede wszystkim z tańszego surowca do wytwarzania czynnika aktywnego.

Liczne badania wykazały, że katalizatory tlenkowe wytworzone na bazie tlenków m.in. miedzi, chromu, kobaltu i żelaza wykazują wysoką aktywność w procesie utleniania węglowodorów i ich tlenopochodnych [2–5], przy czym szczególne właściwości katalityczne mają tlenki o strukturze perowskitów [6–8]. Przegląd literatury dotyczącej katalitycznego utleniania organicznych zanieczyszczeń powietrza dowodzi, że badania w większości prowadzi się nad utlenianiem pojedynczych związków, co nie daje możliwości pełnej oceny aktywności katalizatorów i selektywności reakcji, zwłaszcza gdy utleniane są mieszaniny zanieczyszczeń organicznych.

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy było określenie i porównanie wpływu składu mieszaniny par wybranych związków organicznych na aktywność katalizatorów różniących się rodzajem czynnika aktywnego – tlenkowego perowskitowego oraz palladowego – w utlenianiu poszczególnych jej składników. Wcześniejsze prace prowadzone przez autorki wykazały, że zarówno rodzaj czynnika aktywnego jak i skład mieszaniny mają wpływ nie tylko na skuteczność przereagowania poszczególnych związków, ale również na rodzaj i ilość produktów reakcji, a w szczególności produktów niepełnego spalania zanieczyszczeń organicznych [9,10].

Metodyka badań

Do badań wytypowano dwa katalizatory monolityczne, jeden na bazie perowskitu lantanowo-manganowego z dodatkiem srebra na nośniku kordierytowym (PER-Ag) oraz drugi – katalizator palladowy na nośniku metalicznym (M-2). Oba katalizatory wytworzono w warunkach laboratoryjnych. Warstwę pośrednią katalizatora perowskitowego stanowił La_2O_3 , naniesiony w ilości 3,6%. Na tak przygotowany nośnik naniesiono dwukrotnie czynnik aktywny, tj. $\text{La}_{0,5}\text{Ag}_{0,5}\text{MnO}_3$. Po wysuszeniu i kalcynacji masa czynnika aktywnego wynosiła 12% masy katalizatora. Warstwę pośrednią katalizatora palladowego stanowił $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ w ilości 2,7%. Czynnik aktywny naniesiono z roztworu chlorku palladu i po wysuszeniu oraz wyprażeniu jego ilość wynosiła 0,15%. Parametry geometryczne obu katalizatorów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka katalizatorów

Parametr, jednostka	PER-Ag	M-2
Kształt komórek, –	kwadrat	trójkąt
Gęstość komórek, 1/cm	32	270
Wymiary boku komórki, mm	1,45	0,9
Grubość ścianki, mm	0,3	0,05
Wolny przekrój, %	67	80
Wymiar kształtki, mm	$h=73, \phi=21$	$h=71, \phi=21$

Katalizator umieszczony był wewnątrz szklanego reaktora ogrzewanego elektrycznie. Temperaturę reakcji podczas badań mierzono termoparą umieszczoną wewnątrz bloku katalizatora podłączoną do rejestratora. Pary utlenianych związków wytwarzano w dozownikach szklanych, do których tłoczono powietrze. Powstałe pary kierowano do mieszalnika, gdzie mieszano je z czystym powietrzem dożądanego stężenia $1,0 \text{ g/m}^3$. Strumień powietrza podawanego do mieszalnika

regulowano zaworem i mierzono przy pomocy rotametu tak, aby obciążenie katalizatora było stałe i wynosiło 10000 1/h.

Stężenia testowanych związków, jak i ewentualnie powstających produktów ich niepełnego spalania, analizowano przy pomocy chromatografu gazowego firmy Perkin-Elmer z integratorem, detektorem płomieniowo-jonizacyjnym i kolumną stalową pakowaną o długości 1,8 m, wypełnioną 1% PEG 200 na Chromosorbie W. Temperatura kolumny wynosiła 73 °C, a detektora i dozownika 100 °C.

Do badań wytypowano dwa węglowodory, tj. toluen i n-heksan oraz trzy związki tlenopochodne, tj. etanol, octan etylu i aceton. Testy aktywności katalizatorów przeprowadzono w następującej kolejności:

– utlenianie indywidualne każdego z wytypowanych związków,

– utlenianie mieszanin dwuskładnikowych połączeń tlenopochodnych z każdym z węglowodorów.

Aktywność katalizatorów oceniono jako skuteczność przereagowania spalanego związku (η), z porównania jego stężeń przed (C_w) i za (C_z) katalizatorem:

$$\eta = \frac{C_w - C_z}{C_w} 100\% \quad (1)$$

Selektywność reakcji (S) w stosunku do określonego produktu pośredniego zdefiniowano jako liczbę moli każdego z możliwych produktów reakcji (n_{pi}) odniesioną do liczby moli przereagowanego substratu (n_s):

$$S = \frac{n_{pi}}{n_s} 100\% \quad (2)$$

Wśród spodziewanych produktów pośrednich należy wymienić przede wszystkim aldehyd octowy, jako typowy produkt niepełnego spalania głównie związków tlenopochodnych, węglowodory lekkie od C_1 do C_4 , mogące stanowić produkt niepełnego spalania różnych grup związków organicznych oraz benzen, tj. tworzący się produkt pośredni w utlenianiu toluenu na mniej aktywnych katalizatorach. Wcześniejsze badania wykazały dość skomplikowany przebieg utleniania octanu etylu na katalizatorach tlenkowych, gdyż w gazach poreakcyjnych wykryto alkohol etylowy i aldehyd octowy. Przypuszczalnie w pierwszym etapie nastąpiła hydroлиза z wytworzeniem kwasu octowego i etanolu, który następnie utlenił się, częściowo poprzez aldehyd octowy, do dwutlenku węgla i wody [10,11]. Należy podkreślić, że aldehyd octowy ma silnie drażniące działanie na organizmy żywe i jego dopuszczalne stężenie w powietrzu jest określone bardziej rygorystycznie, niż w wypadku większości typowych par rozpuszczalników. I tak, maksymalne stężenie aldehydu octowego w powietrzu wynosi 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, podczas gdy dla acetonu i octanu etylu wartości te wynoszą odpowiednio 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [12].

Utlenianie pojedynczych związków

W tabeli 2 zestawiono temperatury niezbędne do 50% i 90% przereagowania wszystkich związków spalanych indywidualnie, wraz ze stężeniami wykrytych produktów ich niepełnego spalania.

Katalizator palladowy wykazał bardzo wysoką aktywność w utlenianiu toluenu, gdyż jego 50% i 90% skuteczności przereagowania uzyskano odpowiednio w 230 °C i 265 °C. Katalizatory tlenkowe były ogólnie znacznie mniej aktywne

w utlenianiu węglowodorów aromatycznych, niż katalizatory wytworzone na bazie metali szlachetnych. 90% skuteczność spalania toluenu na katalizatorze perowskitowym uzyskano dopiero w 380 °C. W utlenianiu n-heksanu, reprezentanta alkanów, nieco wyższą skuteczność wykazał katalizator perowskitowy. 90% skuteczność jego spalania uzyskano odpowiednio w temperaturach 380 °C (PER-Ag) i 400 °C (M-2). Węglowodory utleniały się do CO_2 i wody i w żadnych warunkach prowadzenia procesu nie wykryto w gazach poreakcyjnych pośrednich produktów reakcji. Obydwa testowane katalizatory wykazały również zbliżoną aktywność w spalaniu etanolu. Już w najniższej testowanej temperaturze 200 °C uzyskano około 52% przereagowania etanolu, a w temperaturze 290 °C wynosiło ono 90%. W gazach poreakcyjnych podczas utleniania etanolu wykryto typowy produkt pośredni reakcji, tj. aldehyd octowy. Przy temperaturze reakcji 200 °C jego stężenie wynosiło około 0,5 g/m^3 , niezależnie od rodzaju użytego katalizatora. Selektywność reakcji do aldehydu octowego wynosiła niemal 100% dla katalizatora palladowego i 92% dla katalizatora perowskitowego. W obecności katalizatora palladowego jeszcze w temperaturze 290 °C stężenie aldehydu octowego było znaczne (0,45 g/m^3) i jego udział w produktach reakcji wynosił 55%. W obecności katalizatora PER-Ag stężenie aldehydu octowego w tej temperaturze było znacznie niższe, wynosiło zaledwie 0,06 g/m^3 , a selektywność reakcji zmalała do 8%. Dopiero powyżej 350 °C w wypadku obu katalizatorów etanol utlenił się do dwutlenku węgla i wody.

Katalizator perowskitowy wykazał znacznie wyższą aktywność niż palladowy w utlenianiu pozostałych dwóch połączeń tlenopochodnych, tj. octanu etylu i acetonu. Przereagowanie obu związków na poziomie 50% na katalizatorze PER-Ag uzyskano już w temperaturze 240 °C, podczas gdy do takiego samego stopnia przereagowania octanu etylu i acetonu na katalizatorze M-2 niezbędne były temperatury odpowiednio 275 °C i 310 °C. Przereagowanie octanu etylu na poziomie 90% uzyskano w temperaturze 280 °C na katalizatorze PER-Ag i w temperaturze 335 °C na katalizatorze M-2, a acetonu odpowiednio w temperaturach 260 °C i 350 °C. Utlenianie octanu etylu i acetonu na katalizatorze palladowym przebiegało bezpośrednio do produktów końcowych reakcji i w żadnych warunkach jej prowadzenia nie wykryto produktów pośrednich. W wypadku katalizatora perowskitowego w gazach poreakcyjnych wykryto aldehyd octowy podczas spalania acetonu oraz aldehyd octowy i etanol, gdy spalany był octan etylu. Stężenia tych produktów były znacznie niższe niż stężenie aldehydu octowego w wypadku utleniania etanolu. I tak, w reakcji utleniania octanu etylu i acetonu w temperaturze 240 °C, stężenia aldehydu octowego wynosiły odpowiednio 0,025 g/m^3 i 0,020 g/m^3 , co stanowiło 20% i 5% ich udziału w produktach reakcji.

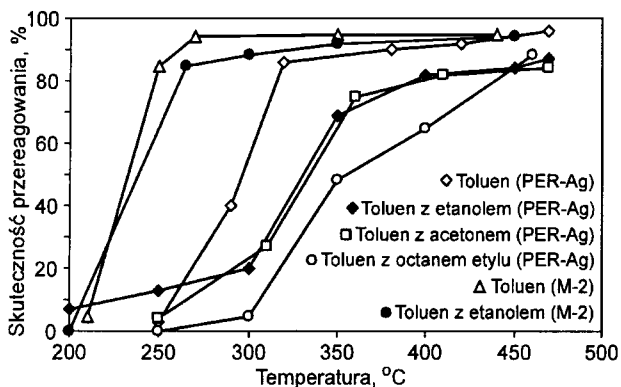
Utlenianie mieszanin dwuskładnikowych

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono skuteczność utleniania obu wytypowanych węglowodorów spalanych indywidualnie i w mieszaninach z połączeniami tlenopochodnymi.

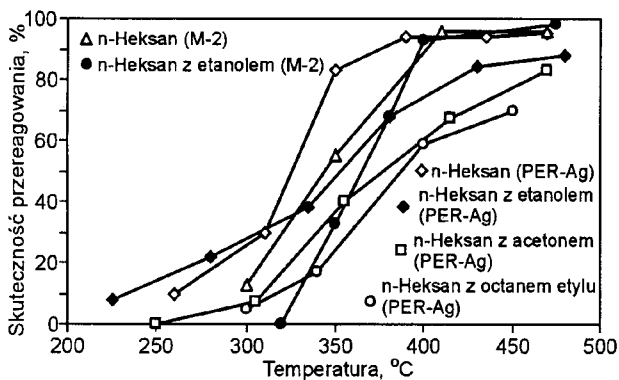
Stwierdzono, że dodatki praktycznie nie miały wpływu na skuteczność spalania toluenu na katalizatorze palladowym, przy czym skuteczność jego spalania w badanym zakresie temperatur była podobna, niezależnie czy spalany był jako pojedynczy związek, czy wraz z dodatkami. Na katalizatorze perowskitowym wszystkie dodatki pogorszyły przebieg

Tabela 2. Temperatury niezbędne do uzyskania 50% i 90% skuteczności przereagowania węglowodorów spalanych indywidualnie oraz stężenia produktów ich niepełnego spalania

Związek	Katalizator PER-Ag						Katalizator M-2			
	50%			90%			50%		90%	
	Temperatura °C	Aldehyd octowy g/m ³	Etanol g/m ³	Temperatura °C	Aldehyd octowy g/m ³	Etanol g/m ³	Temperatura °C	Aldehyd octowy g/m ³	Temperatura °C	Aldehyd octowy g/m ³
Toluen	295	–	–	380	–	–	230	–	265	–
n-Heksan	325	–	–	380	–	–	335	–	400	–
Etanol	<200	0,480	0,000	290	0,060	0,000	<200	0,520	290	0,450
Octan etylu	240	0,025	0,050	280	0,000	0,020	275	0,000	335	0,000
Aceton	240	0,020	0,000	260	0,003	0,000	310	0,000	350	0,000



Rys. 1. Skuteczność utleniania toluenu samego i w mieszaninach dwuskładnikowych



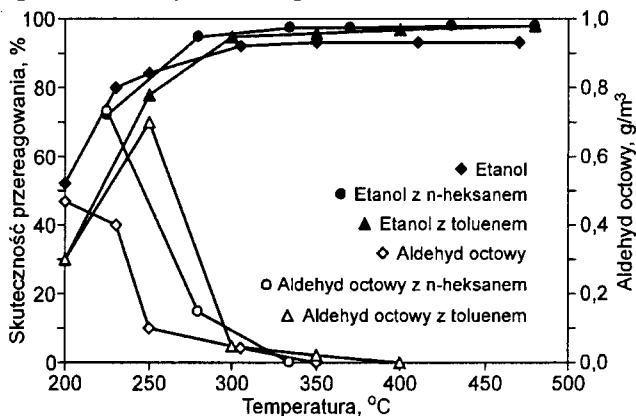
Rys. 2. Skuteczność utleniania n-heksanu samego i w mieszaninach dwuskładnikowych

reakcji utleniania toluenu i temperatura niezbędna do jego spalania z 50% skutecznością wzrosła z 295 °C, gdy utleniany był sam, do 335 °C w obecności etanolu i acetonu oraz do 350 °C w obecności octanu etylu. Nawet w najwyższych testowanych temperaturach około 470 °C nie uzyskano 90% spalania toluenu w mieszaninach.

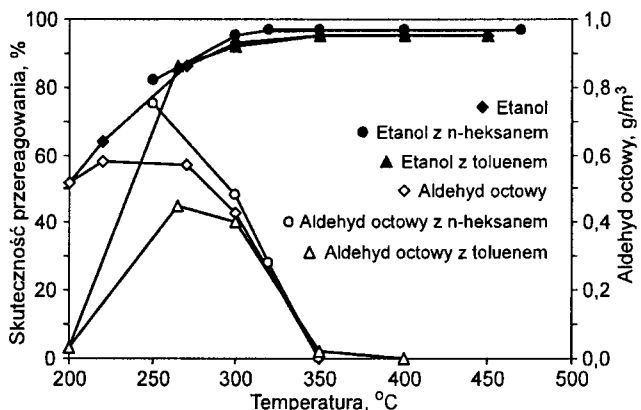
Dla obu katalizatorów zaobserwowano wyraźny wpływ dodatków na utlenianie n-heksanu. W obecności katalizatora M-2 dodatki hamowały reakcję utleniania n-heksanu jedynie w niższych temperaturach i do uzyskania 50% jego spalania należało podnieść temperaturę z 330 °C do 365 °C. Temperatura niezbędna do uzyskania 90% skuteczności utleniania n-heksanu była taka sama, niezależnie od tego czy spalany był sam, czy w mieszaninie. W obecności katalizatora PER-Ag reakcja spalania n-heksanu była wyraźnie hamowana w obecności połączeń tlenowych. Temperaturę do uzyskania 50% spalania n-heksanu (325 °C) należało podnieść do 350 °C,

375 °C i 385 °C, odpowiednio gdy spalany był wraz z etanolem, acetonem i octanem etylu. Podobnie jak w wypadku toluenu, nie uzyskano 90% przereagowania heksanu nawet w temperaturach 470+480 °C.

Obecność węglowodorów w znacznie mniejszym stopniu wpłynęła na reakcje utleniania połączeń tlenowych (rys.3+9). Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono skuteczność utleniania etanolu wraz ze stężeniami wykrytego produktu niepełnego spalania – aldehydu octowego.



Rys. 3. Skuteczność utleniania etanolu samego i w mieszaninach na katalizatorze perowskitowym oraz stężenie tworzącego się aldehydu octowego

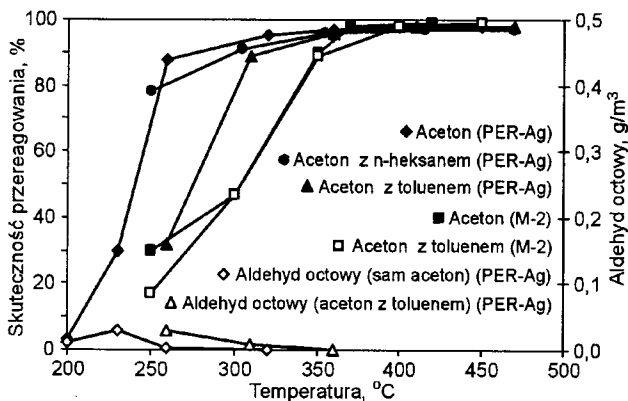


Rys. 4. Skuteczność utleniania etanolu samego i w mieszaninach na katalizatorze palladowym oraz stężenie tworzącego się aldehydu octowego

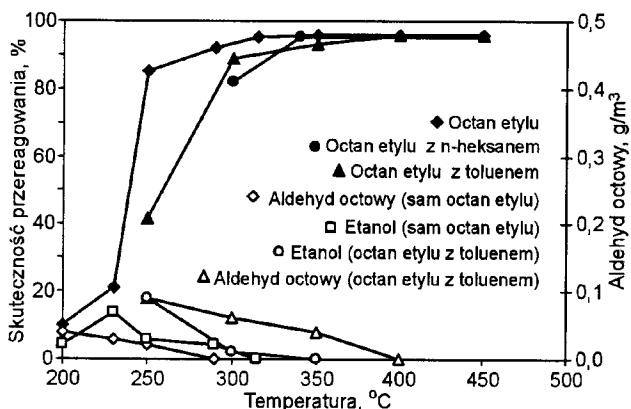
W wypadku obu katalizatorów obecność zarówno toluenu jak i n-heksanu nie miała większego wpływu na skuteczność przereagowania etanolu. W istotny sposób natomiast wpłynęła na stężenie aldehydu octowego, szczególnie poniżej temperatury 300 °C. W obecności katalizatora PER-Ag najwyższe stężenie aldehydu octowego (0,7 g/m³) stwierdzono

w temperaturach 225 °C i 250 °C, gdy etanol był spalany odpowiednio z n-heksanem i toluenem. Udział aldehydu octowego w produktach reakcji stanowił wówczas 100% i 96% (rys.8). Gdy etanol utleniany był sam, najwyższe stężenie aldehydu octowego stwierdzono w najniższej testowanej temperaturze 200 °C i wynosiło ono 0,48 g/m³.

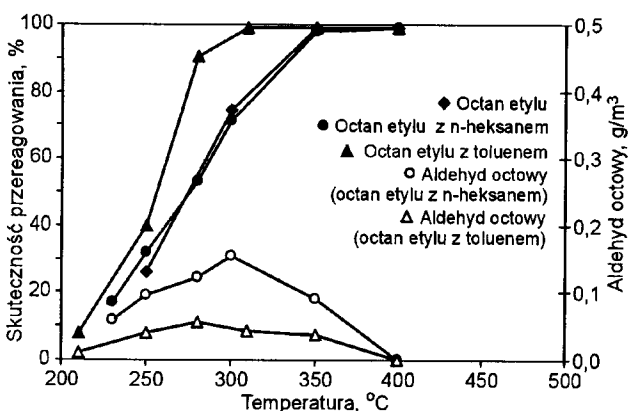
Odmienne wpływy węglowodorów na reakcje utleniania stwierdzono w wypadku katalizatora palladowego. Obecność n-heksanu w mieszaninie reakcyjnej spowodowała wzrost stężenia aldehydu octowego do 0,75 g/m³, natomiast obecność toluenu przeciwnie – obniżenie jego stężenia, przy czym najwyższe stężenie aldehydu octowego nie przekroczyło 0,35 g/m³. Podczas spalania samego etanolu najwyższe stężenie aldehydu nie przekroczyło 0,6 g/m³. Niezależnie od



Rys. 5. Skuteczność utleniania acetonu samego i w mieszaninach oraz stężenie tworzącego się aldehydu octowego



Rys. 6. Skuteczność utleniania octanu etylu samego i w mieszaninach na katalizatorze perowskitowym oraz stężenie tworzących się produktów pośrednich



Rys. 7. Skuteczność utleniania octanu etylu samego i w mieszaninach na katalizatorze palladowym oraz stężenie tworzącego się aldehydu octowego

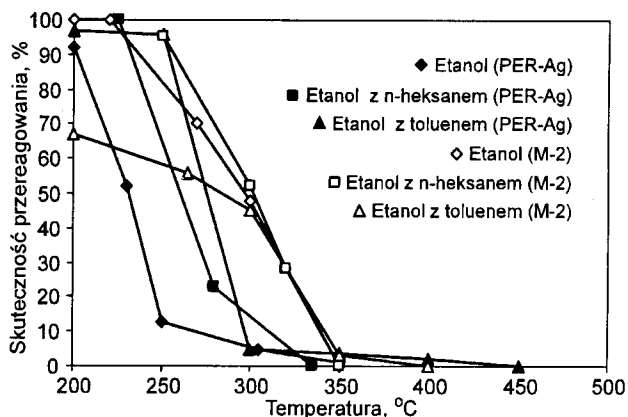
składu mieszaniny reakcyjnej najwyższe stężenia aldehydu wykryto w temperaturze około 250 °C. Powyżej temperatury 300 °C nie stwierdzono większych różnic w stężeniu aldehydu, niezależnie od składu mieszaniny reakcyjnej.

Wyniki utleniania acetonu i octanu etylu na obu katalizatorach przedstawiono na rysunkach 5+7.

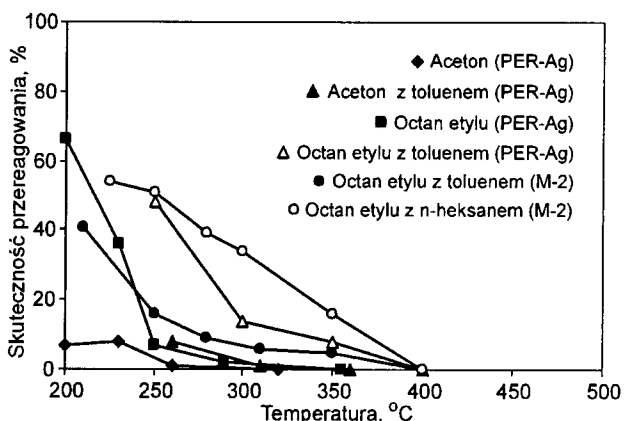
Obecność każdego z obu wytypowanych węglowodorów praktycznie nie miała wpływu na przebieg reakcji utleniania acetonu na katalizatorze palladowym (rys.5), nie wpłynęła również na skład produktów reakcji. Niezależnie od tego, czy aceton spalany był sam czy w mieszaninie, nie wykryto w gazach poreakcyjnych aldehydu octowego, natomiast obecność toluenu ułatwiła spalanie octanu etylu. Podobny wpływ toluenu na spalanie octanu etylu stwierdzono we wcześniejszych badaniach również dla katalizatorów platynowych [9].

Obydwa węglowodory wpłynęły na mechanizm reakcji utleniania octanu etylu. W gazach poreakcyjnych stwierdzono obecność aldehydu octowego, który nie był wykrywany wówczas, gdy octan etylu był spalany sam. Wyższe stężenia aldehydu octowego, dochodzące do 0,15 g/m³ w temperaturze 300 °C, stwierdzono w obecności n-heksanu. Również w mieszaninie octanu etylu z toluenem najwyższe stężenia aldehydu octowego wykryto w temperaturach 290+300 °C, jednak nie przekroczyło ono 0,05 g/m³ (rys.7).

Selektywność reakcji utleniania węglowodorów do aldehydu octowego była znacznie wyższa w procesie utleniania octanu etylu z n-heksanem, przekroczyła 50% poniżej temperatury 250 °C, i wraz z jej wzrostem systematycznie malała (rys.9).



Rys. 8. Selektowność utleniania etanolu do aldehydu octowego



Rys. 9. Selektowność utleniania pozostałych połączeń tlenowych do aldehydu octowego

Obecność węglowodorów hamowała reakcję utleniania acetonu i octanu etylu na katalizatorze PER-Ag jedynie w niższych temperaturach (rys. 5 i 6). W temperaturze 300 °C stwierdzono o około 10% niższe przereagowanie zarówno acetonu jak i octanu etylu w mieszaninach, w porównaniu do ich przereagowania, gdy spalane były indywidualnie. Podobnie jak we wcześniejszych badaniach katalizatorów perowskitowych [10], obecność toluenu przyczyniła się do wzrostu stężeń pośrednich produktów reakcji, a ponadto produkty te wykryto jeszcze w temperaturze 350 °C, a więc w wyższej, niż gdy aceton i octan etylu były spalane pojedynczo. W temperaturze 250 °C udział aldehydu octowego w produktach reakcji utleniania octanu etylu osiągnął aż 50%, natomiast gdy octan etylu utleniany był sam udział ten stanowił jedynie 8% (rys.9). Również i w tych badaniach nie stwierdzono produktów pośrednich reakcji utleniania acetonu i octanu etylu, gdy były spalane z dodatkiem n-heksanu.

Wnioski

◆ Katalizator na bazie perowskitu La-Mn z dodatkiem srebra naniesiony na monolityczny nośnik kordierytowy nie ustępował aktywności typowemu katalizatorowi na bazie palladu na monolitycznym nośniku metalicznym do utleniania organicznych zanieczyszczeń powietrza.

◆ Katalizator palladowy wykazał bardzo wysoką aktywność w utlenianiu toluenu, znacznie wyższą niż katalizator perowskitowy. Oba katalizatory wykazały podobną aktywność w utlenianiu n-heksanu i etanolu, natomiast katalizator perowskitowy był aktywniejszy w utlenianiu pozostałych połączeń tlenowych, tj. octanu etylu i acetonu. Na obu katalizatorach węglowodory utleniały się do dwutlenku węgla i wody i w żadnych warunkach prowadzenia procesu nie stwierdzono produktów ich niepełnego spalania.

◆ Połączenia tlenowe utleniały się poprzez produkty pośrednie. W obecności katalizatora perowskitowego wykryto aldehyd octowy w gazach poreakcyjnych w procesie utleniania wszystkich połączeń tlenowych, tj. acetonu, octanu etylu i etanolu, a także aldehyd octowy i etanol w utlenianiu octanu etylu. Na katalizatorze palladowym aldehyd octowy wykryto jedynie podczas spalania etanolu.

◆ Obecność połączeń tlenowych praktycznie nie miała wpływu na przebieg procesu utleniania toluenu oraz n-heksanu powyżej temperatury 380 °C na katalizatorze M-2, natomiast wyraźnie hamowała utlenianie węglowodorów na katalizatorze PER-Ag.

◆ Obecność toluenu w mieszaninach reakcyjnych w wypadku katalizatora perowskitowego powodowała obniżenie skuteczności przereagowania octanu etylu i acetonu, natomiast wzrost skuteczności przereagowania etanolu. W wypadku katalizatora palladowego toluen przyczynił się do wzrostu skuteczności przereagowania octanu etylu, nie miał natomiast wpływu na aktywność katalizatora w utlenianiu etanolu i acetonu. Obecność toluenu miała istotny wpływ na selektywność reakcji utleniania wszystkich tlenopochodnych. Dla katalizatora perowskitowego stwierdzono wyższe stężenia produktów pośrednich w utlenianiu wszystkich połączeń tlenowych, natomiast w obecności katalizatora palladowego aldehyd wy-

kryto również w gazach poreakcyjnych procesu utleniania octanu etylu z toluenem. Jedynie aceton na katalizatorze palladowym utleniał się do dwutlenku węgla i wody, niezależnie od tego czy spalany był sam, czy z węglowodorami.

◆ n-Heksan miał niewielki wpływ na skuteczność przereagowania połączeń tlenowych na katalizatorze perowskitowym, a ponadto w jego obecności nie wykryto produktów niepełnego spalania octanu etylu i acetonu. Zaobserwowano natomiast wzrost stężenia aldehydu octowego w gazach poreakcyjnych podczas spalania etanolu na obu katalizatorach, a także na katalizatorze palladowym, gdy spalany był octan etylu.

◆ Przeprowadzone badania nad wpływem składu emitowanych organicznych zanieczyszczeń powietrza na aktywność katalizatorów i selektywność reakcji w kierunku produktów pośrednich w procesie utleniania poszczególnych składników mieszanin potwierdzają konieczność precyzyjnego doboru katalizatora i parametrów jego pracy w dopalaniu organicznych zanieczyszczeń powietrza o konkretnym składzie.

LITERATURA

1. J. RYNKOWSKI, T. PARYCZAK: Kataliza w ochronie środowiska. Przemysł Chemiczny, 1998, nr 8, ss. 253–257.
2. J. STRASZKO, B. KALISIAK, B. SKRZYNECKA: Niskotemperaturowe katalizatory procesu spalania domieszek palnych. Ochrona Powietrza, 1993, nr 3, ss. 69–72.
3. B. NOWICKI, J. WRÓBEL, Z. MACIEJEWSKI: Katalityczne oczyszczanie gazów odlotowych od par kwasu octowego i formaldehydu. Ochrona Powietrza, 1997, nr 2, ss. 49–52.
4. H. G. LINTZ, K. WITTSTOCK: Catalytic combustion of solvent containing air on base metal catalysts. Catal. Today, Vol. 29, pp. 457–461.
5. N. WATANABE, H. YAMASHITA, H. MIYADERA, S. TOMINAGA: Removal of unpleasant odor gases using Ag-Mn catalyst. Applied Catal. B: Environ., 1996, Vol. 8, pp. 405–415.
6. S. LARS, T. ANDERSSON: Catalytic oxidation of toluene over Y-Ba-Cu perovskites. Journal Chem. Soc. Faraday Trans., 1992, Vol. 88, pp. 83–90.
7. G. SINQUIN, C. PETIT, S. LIBS, J. P. HINDERMANN, A. KIEN-NEMANN: Catalytic destruction of chlorinated C₂ compounds on a LaMnO₃⁺ perovskite catalyst. Applied Catal. B: Environ., 2001, Vol. 32, pp. 37–47.
8. R. SCHNEIDER, D. KIESSLING, G. WENDT: Cordierite monolith supported perovskite-type oxide catalysts for the total oxidation of chlorinated hydrocarbons. Applied Catal. B: Environ., 2000, Vol. 28, pp. 187–195.
9. A. MUSIALIK-PIOTROWSKA, K. SYCZEWSKA: Destruction of volatile organic mixtures by catalytic combustion. Environ. Prot. Engineering, 1989, Vol. 15, No. 1–2, pp. 117–126.
10. A. MUSIALIK-PIOTROWSKA, K. SYCZEWSKA: Combustion of volatile organic compounds in two-component mixtures over monolithic perovskite catalysts. Catal. Today, 2000, Vol. 59, No. 3–4, pp. 269–278.
11. A. MUSIALIK-PIOTROWSKA, K. SYCZEWSKA, E. SCHUBERT: Oxidation of VOCs over monolithic perovskite catalysts. Environ. Prot. Engineering, 2000, Vol. 26, No. 1–2, pp. 119–130.
12. Dziennik Ustaw nr 55 z 28 kwietnia 1998 r., poz. 355.

Activities of perovskite and palladium catalysts in the oxidation of organic air pollutants

One of the advantageous methods for the control of VOC emission is their catalytic oxidation. In the study reported in this paper, hydrocarbons of choice and oxygen compounds were combusted alone or in mixtures over two monolithic catalysts – a perovskite catalyst (PER-Ag) and a palladium catalyst (M-2). It was only in the oxidation of toluene vapours that M-2 showed a noticeably higher activity than did PER-Ag. There was no difference in the activity between the two catalysts in the oxidation of ethanol and n-hexane, but PER-Ag performed much better in the oxidation of ethyl acetate and acetone. Although the presence of oxygen compounds practically did not affect the performance of M-2 in the combustion of toluene and n-hexane

at temperatures higher than 380° C there was a distinct inhibiting effect when the hydrocarbons were combusted over PER-Ag. The presence of hydrocarbons did not very much influence the conversion of oxy-derivatives over M-2 or PER-Ag (over the latter only above 300 °C). Toluene had an influence on the selectivity of the reaction to acetaldehyde when the oxy-derivatives were oxidized – over both catalysts the concentrations were higher than when the oxy-derivative compounds were combusted alone. In the presence of n-hexane, no intermediate products of ethyl acetate and acetone oxidation were yielded over PER-Ag.