

Kontrola stężenia NO_x w procesie spalania gazu ziemnego

Anna POSKART, Monika ZAJEMSKA – Wydział Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej, Politechnika Częstochowska, Częstochowa

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2013, 67, 10, 848–855

Wprowadzenie

Wzrost uprzemysłowienia oraz związane z tym wytwarzanie i użytkowanie energii spowodowało duże zainteresowanie stanem czystości powietrza. Na obecnym etapie rozwoju techniki i technologii, energia chemiczna paliw pokrywa 90–95% zapotrzebowania na energię elektryczną, ciepłą i mechaniczną na świecie. Spalanie paliw jest główną przyczyną antropogenicznego zanieczyszczenia środowiska. Podczas tych procesów powstaje bowiem i jest emitowane ponad 100 rodzajów różnych szkodliwych substancji, w tym ok. 70% emisji NO_x i SO_2 , ok. 60% emisji CO, ok. 55% emisji pyłów i 98% emisji CO_2 . Najmniej problemów stwarza spalanie gazu ziemnego. Odczuwalnym zagrożeniem ze strony tego procesu jest praktycznie emisja tlenków azotu. Mniej korzystne dla otoczenia jest spalanie paliw płynnych, zwłaszcza gdy odbywa się ono w płomieniach dyfuzyjnych. Oprócz tlenków azotu są wówczas emitowane: tlenek węgla, niespalone węglowodory i cząsteczki stałe. Najbardziej „brudną” technologią jest spalanie węgla, a w Polsce 97% energii pierwotnej uzyskuje się właśnie z jego spalania [2, 5, 8, 9, 28].

Utlenianie azotu towarzyszące procesowi spalania prowadzi do emisji zanieczyszczeń, które stwarzają zagrożenie dla środowiska naturalnego. Produkty tego procesu występują w atmosferze głównie w postaci NO , NO_2 , N_2O . Ich emisje są podawane jako suma NO i NO_2 , i określone wspólną nazwą NO_x . Od 150. lat emisje te systematycznie rosną i stanowią istotny problem w ochronie środowiska powietrznego. Gdy w połowie XX w. stwierdzono jednoznacznie, że NO_x uczestniczy w łańcuchu reakcji zaburzających równowagę ozonową w atmosferze, sprzyja powstawaniu smogu fotochemicznego, a ponadto NO_2 oraz N_2O są gazami cieplarnianymi, wprowadzono odpowiednie przepisy w sprawie zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń, zwane potocznie *Dyrektywą IPPC* [4, 6]. W Polsce od 2001 r. obowiązuje *Prawo ochrony środowiska*, które jednoznacznie określa wymagania emisyjne oraz wprowadza obowiązek ograniczenia emisji NO_x dla wytwórców [6].

Badania nad powstawaniem tlenków azotu (NO_x) podczas spalania paliw mają już ponad 50-letnią historię. Ich głównym zadaniem jest zahamowanie ciągłego wzrostu emisji NO_x do atmosfery. Należy jednak podkreślić, że najtrudniejszym elementem jej ograniczenia jest precyzyjne określenie mechanizmów powstawania NO_x .

Udział NO_x w spalinach zależy przede wszystkim od [9, 12, 15, 32]: udziału azotu paliwowego w samym paliwie; temperatury spalania; nadmiaru powietrza i czasu przebywania w strefie reakcji.

Udział NO_x w spalinach podczas energetycznego spalania gazu ziemnego z zastosowaniem konwencjonalnych palników gazowych o mocy kilkudziesięciu megawatów sięga 300 mg/m^3 . W przypadku stosowania konwencjonalnych palników agregatowych w urządzeniach grzewczych, udział NO_x w spalinach jest w zakresie $35\text{--}140 \text{ mg/m}^3$. Jeżeli natomiast powietrze do spalania jest podgrzewane, to udział NO_x w spalinach może przekroczyć 2000 mg/m^3 [11, 20, 22÷26, 30].

Temat niniejszej pracy ma swoje źródło w licznych publikacjach w zakresie rozszerzonego mechanizmu termicznego NO , w których podkreślano znaczącą rolę podtlenku azotu N_2O . Reakcje formowania NO za pośrednictwem podtlenku azotu N_2O nie są jeszcze dobrze rozpoznane, a wiele z propozycji wyjaśnienia przebiegu reakcji

ma charakter hipotez naukowych. Pomiar emisji gazów stanowi jeden z najistotniejszych elementów ochrony powietrza atmosferycznego. Tylko na tej drodze można uzyskać najbardziej obiektywne informacje o stopniu zagrożenia atmosfery. Ponadto, wyniki emisji dają bezpośrednią ocenę stopnia odpowiedzialności poszczególnych zakładów za stan zanieczyszczenia powietrza [2, 7, 14, 29].

Pierwsze dokładne metody oznaczania zawartości NO_x zostały opracowane w latach 40. XX w. Obecnie do wykrywania i oznaczania tlenków azotu w powietrzu i w gazach odlotowych można stosować klasyczne i instrumentalne metody analizy chemicznej [3].

Najstarszymi metodami pomiaru zawartości NO_x są metody kulometryczne, do których należy zaliczyć m.in.: metody oparte na reakcji Griessa-Ilosvay'a, Jacobsa, Salzmanna wraz z późniejszymi modyfikacjami oraz metodę Sawickiego, Johnsona i Stanley'a. Wszystkie te metody polegają na obróbce chemicznej oczyszczonego gazu przez zmieszanie go z różnymi związkami chemicznymi. Powstała substancja absorbuje światło o określonej długości, a stopień absorpcji jest miarą zawartości tlenków azotu. Metody te są obecnie rzadko stosowane ze względu na złożoność przeprowadzenia obróbki chemicznej, długiego czasu pomiaru (dochodzącego nawet do kilku godzin) oraz braku automatyzacji [19].

Analiza literatury dowiodła, że do oznaczania tlenków azotu NO_x najczęściej stosowane są metody [3, 19, 27, 31]: kulometryczne, chemiluminescencyjne, chromatografii gazowej, spektroskopii w podczerwieni i chromatografii gazowej sprzężone z metodami spektroskopowymi.

Zależnie od metody, tlenki azotu NO_x oznacza się bezpośrednio w fazie gazowej w postaci niezmienionej lub przetwarza się je w trakcie pomiaru w inne związki chemiczne zawarte w fazie gazowej lub w roztworze [3, 5, 19, 27, 31].

Wśród wymienionych metod, tylko chromatografia gazowa i metoda spektrofotometrii w podczerwieni pozwala na analizę N_2O w gazach spalinowych. Pozostałe metody dokonują pomiaru stężenia NO , NO_2 lub też podają zmierzone wartości w postaci NO_x [3, 31].

Obok metod pomiarowych tlenków azotu na uwagę zasługują profesjonalne programy komputerowe, takie jak: CHEMKIN, CHEMCAD, KIVA i inne [1, 13, 16, 17, 21], za pomocą których można przewidywać skład chemiczny produktów spalania paliw.

W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych i modelowych potwierdzające wpływ wybranych parametrów procesu spalania na ilość formowanych tlenków azotu w spalinach.

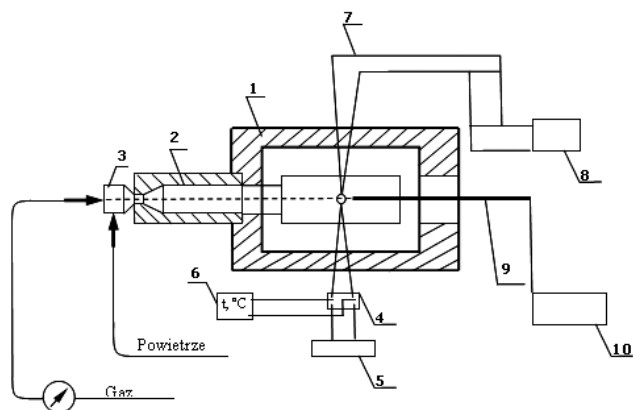
Materiał i metody

Przedmiotem badań opisanych w niniejszym artykule była kontrola stężenia tlenków azotu w piecu laboratoryjnym elektryczno-gazowym KS520 dla różnych parametrów procesu spalania gazu ziemnego (GZ-50), a mianowicie dla:

- trzech zakresów temperatury pieca, tj. 600, 800 i 1100°C
- różnych wartości stosunku nadmiaru powietrza λ , tj. od 0,9–1,3.

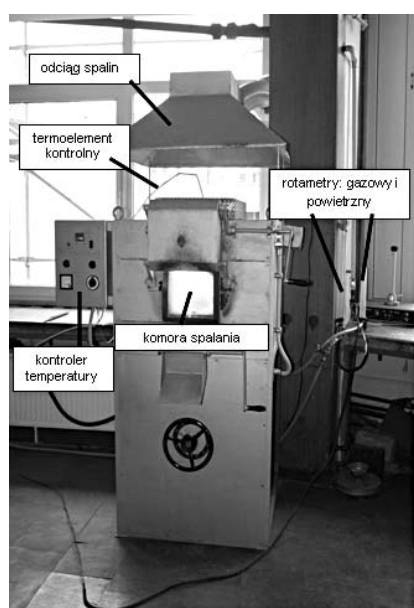
W ramach badań przeprowadzono eksperyment laboratoryjny oraz obliczenia numeryczne z wykorzystaniem oprogramowania CHEMKIN.

Badania doświadczalne przeprowadzono na stanowisku eksperymentalnym (Rys. 1).



Rys. 1. Schemat stanowiska eksperymentalnego, gdzie: 1 – piec; 2 – komora spalania; 3 – palnik; 4 – puszka kompensacyjna, 5 – wskaźnik temperatury EMT-302; 6 – termopara regulacyjna PtRh-Pt; 7 – programowany regulator temperatury; 8 – sonda analizatora spalin; 9 – analizator spalin TESTO 350

Widok ogólny stanowiska pokazano na Rysunku 2.



Rys. 2. Widok ogólny stanowiska eksperymentalnego

Zasadniczym elementem stanowiska badawczego był piec elektryczny z dobudowaną komorą spalania wraz z palnikiem gazowym, w którym regulowano wartość stosunku nadmiaru powietrza, a tym samym, również skład chemiczny spalin. Pozostałą moc cieplną pieca doprowadzano w formie energii elektrycznej, co dało możliwość dokładnej regulacji temperatury w dowolnym miejscu komory grzewczej pieca. Do pomiaru stężenia tlenków azotu użyto analizatora spalin TESTO 350. Sonda analizatora była umieszczona w centralnym punkcie komory pieca. Pomiary przeprowadzono w temperaturze pieca 1100°C, która była ustawiana i utrzymywana za pomocą regulatora TROL-9090, natomiast mierzona za pomocą termopary regulacyjnej PtRh-Pt i dodatkowych trzech termopar pomiarowych NiCr-Ni, umieszczonych w odległościach: 11, 16 i 40 cm od palnika. Wartość stosunku nadmiaru powietrza była ustawiana poprzez ciągły pomiar natężenia przepływu gazu dostarczanego do palnika przy stałym natężeniu przepływu powietrza. Strumienie gazu i powietrza mierzono za pomocą rotametrów. Pomiary polegały na pomiarze stężenia NO_x przy różnych wartościach stosunku nadmiaru powietrza, który zmieniano w zakresie od 0,90 do 1,30 co 0,5.

Obliczenia numeryczne przeprowadzono przy użyciu programu CHEMKIN-PRO. W obliczeniach zastosowano rozszerzony mechanizm spalania metanu oparty na mechanizmie Millera-Bowmana, obejmujący 132 reakcje chemiczne oraz 36 związków i pierwiastków

chemicznych [18]. W celu sformułowania warunków brzegowych w procedurze modelowania wyznaczono niezbędne dane, takie jak: strumień powietrza, strumień gazu, temperatura i prędkość spalin.

Dane niezbędne do przeprowadzenia badań modelowych zebrano w Tabelcy 1. Strumienie podawanych mediów, tj. powietrza i gazu, przeliczono na strumienie masowe wyrażone w kg/s, wykorzystując gęstości reagentów. Do obliczeń przyjęto następujące gęstości (w temp. 20°C):

- powietrze – 1,29 kg/m³
- azot – 1,25 kg/m³
- metan 0,71 kg/m³
- etan – 1,32 kg/m³
- dwutlenek węgla 1,96 kg/m³
- Gęstość gazu wyniosła 0,724 kg/m³.

Tabelca 1

Wybrane parametry przepływowe mediów

Stosunek nadmiaru powietrza, λ	Strumień powietrza [m ³ /s] × 10 ³	Strumień gazu [m ³ /s] × 10 ³	Strumień masowy gazu [kg/s] × 10 ³	Strumień masowy powietrza [kg/s] × 10 ³	Strumień masowy reagentów pow. + gaz [kg/s] × 10 ³
0,90	1,39	0,1658	0,120	1,7915	1,9115
0,95	1,39	0,1569	0,113	1,7915	1,905
1,00	1,39	0,1491	0,108	1,7915	1,8994
1,05	1,39	0,1422	0,103	1,7915	1,8944
1,10	1,39	0,1355	0,098	1,7915	1,8896
1,15	1,39	0,1297	0,094	1,7915	1,8854
1,20	1,39	0,1244	0,090	1,7915	1,8815
1,25	1,39	0,1194	0,085	1,7915	1,8779
1,30	1,39	0,1147	0,083	1,7915	1,8745

Paliwo i utleniacz (tj. powietrze) wprowadzano do komory spalania w postaci mieszanki paliwowo-powietrznej, której skład wyrażono w udziałach molowych (Tab. 2).

Tabelca 2

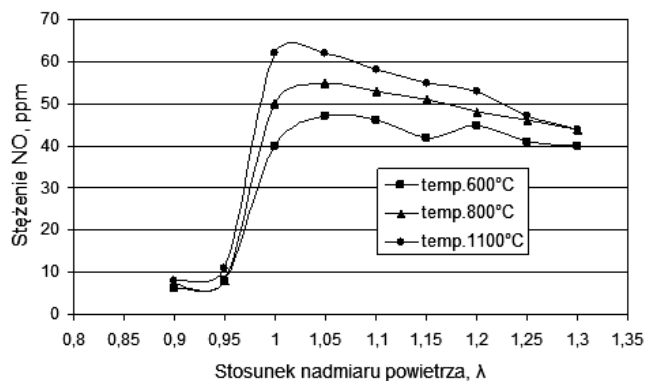
Skład mieszanki paliwowo – powietrznej wyrażony w udziałach molowych

λ	CH ₄	C ₂ H ₆	CO ₂	O ₂	N ₂
0,90	0,1033	0,0006408	0,0001068	0,18764	0,70814
0,95	0,0983	0,0006102	0,0001017	0,18868	0,71196
1,00	0,0937	0,0005814	0,0000969	0,18973	0,71579
1,05	0,0897	0,0005568	0,0000928	0,19056	0,71885
1,10	0,0891	0,0005340	0,0000890	0,19139	0,72191
1,15	0,0828	0,0005136	0,0000856	0,19202	0,72420
1,20	0,0795	0,0004932	0,0000822	0,19286	0,72727
1,25	0,0765	0,0004746	0,0000791	0,19349	0,72957
1,30	0,0739	0,0004584	0,0000764	0,19391	0,73108

Do obliczeń przyjęto stałą temperaturę podawanych mediów równą 20°C. Temperaturę spalania ustalono na podstawie pomiaru temperatury przy kształce palnikowej, dla temperatury pieca 1100°C.

Wyniki badań eksperymentalnych i modelowych

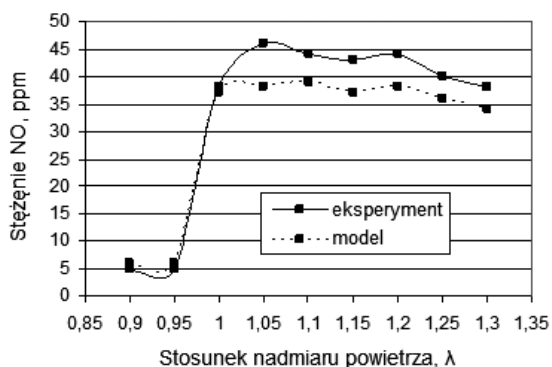
Wyniki pomiarów eksperymentalnych stężenia tlenków azotu na wylocie z komory, w zależności od stosunku nadmiaru powietrza, dla trzech temperatur pieca, a mianowicie 600, 800 i 1100°C przedstawiono na Rysunku 3. Natomiast na Rysunkach 4÷6 przedstawiono porównanie wyników badań eksperymentalnych i modelowych wpływu stosunku nadmiaru powietrza na stężenie tlenków azotu.



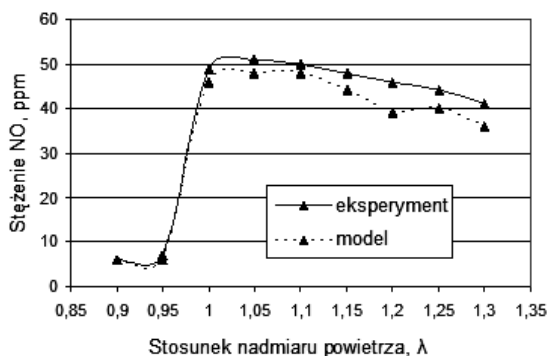
Rys. 3. Zależność stężenia NO od stosunku nadmiaru powietrza

Z przedstawionych (Rys. 3) krzywych wynika, że zarówno stosunek nadmiaru powietrza jak i temperatura, mają istotny wpływ na formowanie tlenków azotu. Przy stosunku nadmiaru powietrza λ mniejszym od jedności, tj. 0,9 i 0,95, stężenie tlenków azotu nie przekracza 10 ppm. Natomiast przy $\lambda = 1,0$ obserwuje się już gwałtowny wzrost stężenia NO_x do poziomu 40 ppm w temp. 600°C i 62 ppm w temp. 1100°C. Spalanie przy wyższych wartościach stosunku nadmiaru powietrza ($\lambda = 1,05$) powoduje nieznaczny wzrost udziału tlenków azotu w spalinach dla dwóch analizowanych temperatur, tj. 600 i 800°C, a następnie spadek do wartości 40 ppm w temp. 600°C. Obniżenie stężenia tlenków azotu w obszarze stosunku nadmiaru powietrza od 1,05–1,35 jest tym większe, im wyższa jest temperatura pieca. Warto w tym miejscu dodać, że z punktu widzenia ograniczania tlenków azotu korzystne jest prowadzenie procesu spalania przy stosunku nadmiaru powietrza mniejszym od jedności. Niestety wówczas w spalinach, obok CO_2 i H_2O , wystąpi również CO i H_2 .

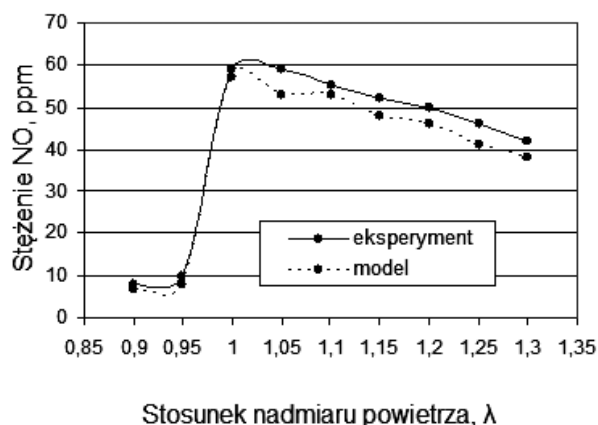
W celu bardziej szczegółowej analizy procesu formowania tlenków azotu, a tym samym ich lepszej kontroli, przeprowadzono obliczenia numeryczne. Wyniki symulacji porównano z wynikami eksperymentów (Rys. 4÷6).



Rys. 4. Porównanie wyników badań eksperymentalnych i modelowych zmiany stężenia NO w zależności od stosunku nadmiaru powietrza dla temperatury pieca 600°C



Rys. 5. Porównanie wyników badań eksperymentalnych i modelowych zmiany stężenia NO w zależności od stosunku nadmiaru powietrza dla temperatury pieca 800°C



Rys. 6. Porównanie wyników badań eksperymentalnych i modelowych zmiany stężenia NO w zależności od stosunku nadmiaru powietrza dla temperatury pieca 1100°C

Przeprowadzona analiza porównawcza wyników badań modelowych i eksperymentalnych wykazała dużą zbieżność uzyskanych wyników. Można jednak zauważyć, że w ramach obliczeń numerycznych uzyskano nieznacznie niższe wartości stężenia tlenków azotu dla wszystkich analizowanych przypadków, aniżeli podczas eksperymentu. Jest to związane z lepszym wymieszaniem reagentów w komorze spalania dzięki zastosowaniu do obliczeń reaktora idealnego wymieszania.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że zarówno temperatura jak i stosunek nadmiaru powietrza, mają znaczący wpływ na powstawanie tlenków azotu. Szczególnie istotną rolę w obniżeniu stężenia NO_x odgrywa spalanie z niedomiarem powietrza ($\lambda < 1$), które prowadzi do redukcji tlenków azotu do poziomu kilku ppm. W przedziale λ od 0,95 do 1,00 można zaobserwować charakterystyczny pik, w którym następuje gwałtowny wzrost stężenia NO_x , od kilku do kilkudziesięciu ppm. Maksymalne stężenie tlenków azotu występuje przy stosunku nadmiaru powietrza równym 1,05, przy którym osiąga wartość ok. 60 ppm w temp. 1100°C. Dalsze zwiększanie stosunku nadmiaru powietrza ($\lambda > 1,05$) powoduje stopniowy spadek udziału NO_x w spalinach. Prowadzenie procesu spalania przy stosunku nadmiaru powietrza mniejszym od jedności, znacząco obniża koncentrację tlenków azotu w spalinach, ale jednocześnie prowadzi do powstawania CO (0,78%) i H_2 (0,38%). Porównanie wyników badań modelowych i eksperymentalnych dowiodło poprawności przeprowadzonych obliczeń numerycznych, o czym świadczy duża zgodność wyników otrzymanych w przyjętym do obliczeń modelu, opartym na mechanizmie Millera-Bowmana. Charakter otrzymanych w wyniku badań modelowych krzywych był podobny do przebiegu uzyskanego podczas eksperymentu. Wyższe wartości stężenia NO_x uzyskano dla badań eksperymentalnych, natomiast niewiele niższe dla przeprowadzonych obliczeń, co jest wynikiem założenia warunku idealnego mieszania reagentów w palniku.

Literatura

- Adamczuk M.: Przewidywanie składu chemicznego produktów spalania w piecach grzewczych z wykorzystaniem programu CHEMKIN-PRO. Hutnik-Wiadomości Hutnicze 2010, 3, 102–105.
- Alloway B.J., Ayres D.C.: Chemiczne podstawy zanieczyszczeń środowiska. PWN, Warszawa, 1999.
- Biskupski A., Tatarek M., Zabrzęski J.: Elektrochemiczne metody określenia stężeń tlenków azotu i dwutlenku siarki. Ochrona Powietrza 1990, 2, 25–28.
- Garścia E., Sadowska D.: Tlenki azotu. Aura 1982, 10, 14–16.

5. Górka P., Kowalski R., Kozielska S.: *Badania zanieczyszczeń powietrza Cz. I. Gazowe substancje zanieczyszczające*. Wyd. Politechnika Śląska, Gliwice, 2000.
6. Graczyk A.: *Istotne dla polskiej elektroenergetyki unijne regulacje w dziedzinie ochrony środowiska*. *Energia* 2004, 2–3, 28–31.
7. Gradoń B.: *Rola podtlenku azotu w modelowaniu emisji NO z procesów spalania paliw gazowych w piecach wysokotemperaturowych*. Wyd. Politechnika Śląska, Gliwice, 2003.
8. www.miesiecznikchemik.pl – Przemysł chemiczny w statystyce. *Chemik* 2011, 65, 11, 1227–1230 (03.09.2012).
9. Juda J., Chruściel S.: *Ochrona powietrza atmosferycznego*. WNT, Warszawa, 1974.
10. Koniecznyński J.: *Ochrona powietrza przed szkodliwymi gazami. Metody, aparatura i instalacje*. Wyd. Politechnika Śląska, Gliwice, 2004.
11. Kordylewski W.: *Niskoemisyjne techniki spalania w energetyce*. Wyd. Politechnika Wroclawska, Wrocław, 2000.
12. Kowalewicz A.: *Podstawy procesów spalania*. WNT, Warszawa, 2000.
13. Kremer H., May F., Witz S.: *The influence of furnace design on the NO formation in high temperature processes*. *Energy Conversion and Management* 2001, 42, 1937–1952.
14. Krupka J.: *Redukcja tlenków azotu ze spalin*. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów* 1999, 1, 9–13.
15. Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M.: *Energetyka a ochrona środowiska*. WNT, Warszawa, 1994.
16. Magdziarz A., Wilk M., Zajemska M.: *Modelling of pollutants from the biomass combustion process*. *Chemical and Process Engineering* 2011, 32 (4), 423–433.
17. Mancini M., Schwöppe P., Weber R., Orsino S.: *On mathematical modelling of flameless combustion*. *Combustion and Flame* 2007, 150, 54–59.
18. Miller J.D., Bowman C.T.: *Mechanism and Modeling of Nitrogen Chemistry in Combustion*. *Progress in Energy and Combustion Science* 1989, 15, 287–338.
19. Namieśnik J., Jamrógiwicz Z.: *Fizykochemiczne metody kontroli zanieczyszczeń środowiska*. WNT, Warszawa, 1998.
20. Nowak W., Janik M.: *Powstawanie i destrukcja podtlenku azotu N₂O w procesie spalania paliw*. *Gospodarka Paliwami i Energią* 1998, 6, 19–25.
21. Poskart A., Kieloch M., Zajemska M.: *Porównanie obliczeń numerycznych i badań eksperymentalnych wpływu stosunku nadmiaru powietrza na formowanie NO*. *Hutnik – Wiadomości Hutnicze* 2012, 2, 104–108.
22. Tomeczek J., Bialik W.: *Wpływ podgrzanego powietrza spalania w palniku olejowym na emisję CO, NO_x i sadzy*. *Gospodarka Paliwami i Energią* 2001, 8, 21–26.
23. Tomeczek J., Witkowska A., Jastrzab Z.: *Emisja N₂O z przemysłowych palenisk fluidalnych*. *Gospodarka Paliwami i Energią* 2003, 3, 5–7.
24. Tomeczek J.: *Możliwości obniżenia emisji tlenków azotu z pieców przemysłowych opalanych gazem ziemnym*. *Gospodarka Paliwami i Energią* 1994, 3, 2–4.
25. Tomeczek J.: *Pierwotne sposoby obniżenia emisji tlenków azotu z pieców przemysłowych opalanych gazem ziemnym*. *Hutnik – Wiadomości Hutnicze* 1994, 7, 235–238.
26. Tomeczek J.: *Ekologiczne aspekty użytkowania paliw w przemyśle*. *Gospodarka Paliwami i Energią* 1997, 3, 10–13.
27. Trzepierczyńska I.: *Fizykochemiczna analiza zanieczyszczeń powietrza*. Wyd. Politechnika Wroclawska, Wrocław, 1997.
28. Wilk R.: *Metody ochrony środowiska w energetyce*. Materiały konferencyjne VII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej 1999.
29. Wilk R.: *Podstawy niskoemisyjnego spalania*. Wydawnictwo Gnome, Katowice, 2000.
30. Zamojski K.: *Możliwości redukcji emisji tlenków azotu w spalinach kotłów energetycznych*. *Energetyka* 1998, 2, 85–90.
31. Zawadzki J.: *Zastosowanie spektroskopii w podczerwieni do analizy spalin*. *Ochrona Powietrza* 1994, 1, 7–11.
32. Zeldowicz Y.B.: *The Oxidation of Nitrogen Explosions*. *Acta Physicochemica ASSR* 1946, 21, 577–628.

Mgr inż. Anna POSKART jest absolwentką Wydziału Inżynierii i Ochrony Środowiska, kierunku Ochrona Środowiska Politechniki Częstochowskiej (2008). Obecnie jest doktorantką w Zakładzie Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska. Zainteresowania naukowe: emisja i minimalizacja zanieczyszczeń gazowych z pieców przemysłowych. Wyróżniona na Międzynarodowym Konkursie EKO 2011 nagrodą II stopnia Młodzieżowego Mistrza Ekologii. Współautorka 10. artykułów w czasopiśmie i materiałach konferencyjnych krajowych i zagranicznych.
e-mail: annapokart@wp.pl, tel. 34 325 07 23

Dr inż. Monika ZAJEMSKA jest absolwentką Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej Politechniki Częstochowskiej (1999). Tytuł doktora z dziedziny Metalurgia otrzymała w 2004 r. Obecnie pracuje w Zakładzie Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska. Jest członkiem Polskiego Instytutu Spalania. Wielokrotnie wyróżniona nagrodą Rektora PCz za osiągnięcia naukowe. Zainteresowania naukowe: spalanie paliw i odpadów, emisja zanieczyszczeń powietrza, numeryczne modelowanie. Jest współautorką 4. rozdziałów w monografiach, autorką i współautorką ponad 100. publikacji w materiałach konferencyjnych, czasopiśmie krajowych i zagranicznych z Listy Filadelfijskiej. Wyniki swoich badań prezentowała również na sympozjach, seminariach i konferencjach w kraju i poza jego granicami.

e-mail: zajemska@wip.pcz.pl, tel. 34 325 06 31

Zakład Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska, 42–200 Częstochowa, ul. Armii Krajowej 19

Pompy Watson-Marlow pomocne w wydobyciu fluorytu

Fluoryt gatunku kwasowego jest minerałem o szerokim zastosowaniu przemysłowym. Wydobycie fluorytu może mieć charakter odkrywkowy lub górnictwa podziemnego. Istotne koszty związane z jego wydobyciem, dotyczą procesu flotacji, czyli rozdzielania drobnych ciał stałych, wykorzystujący różnice w zwilżalności składników, a substancje chemiczne (metyloizobutylokarbinol, izopropylksantogenian sodu czy węglan sodowy) używane w tym procesie powodują szybkie zużycie sprzętu technicznego.

Kopalnia fluorytu, należąca obecnie do British Fluorspar Ltd, zamknięta do maja 2012 r. podjęła pracę dzięki zastosowaniu wydajnego sprzętu ograniczającego koszty wydobycia – przewodowych pomp perystaltycznych firmy Watson-Marlow.

Wybrano dwanaście uniwersalnych pomp Qdos 30 z przepływem od 0,1 do 500 ml/min przy ciśnieniu 7 bar, osiem pomp 520UN/REL z przepływem do 3550 ml/min oraz jedną pompę 620UN/RE z przepływem od 0,004 do 18 l/min (w przypadku tej ostatniej używana jest sonda, by kontrolować dozowanie zgodnie z wahaniami pH).

Pompy serii Qdos 30 są przeznaczone do dozowania substancji chemicznych; są niemal bezobsługowe i niezawodne.

British Fluorspar Ltd jest jedynym brytyjskim producentem fluorytu; doinwestowana przez włoską grupę Fluorsid SpA, wznowiła działalność w maju 2012 r. i produkuje obecnie 60 tys. t fluorytu rocznie. (abc)

(informacja Grupy Watson-Marlow Pumps 28.08.2013)