

K. KORNARZYŃSKI, R. KOPER, E. KRASOWSKI*,
J. WASILEWSKI*, T. ĆWIKŁA*, R. MARKO*

**Pomiar zawartości tlenków azotu i tlenku węgla
w spalinach silnika wysokoprężnego
za pomocą spektrometru masowego**

WPROWADZENIE

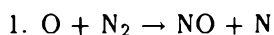
Rozwój motoryzacji sprawia, że emisja do atmosfery szkodliwych dla otoczenia składników spalin daje się coraz dotkliwiej odczuć. Powoduje to wprowadzanie ostrzejszych ograniczeń źródeł tej emisji. Analiza składników spalin może umożliwić dobór optymalnych wskaźników eksploatacyjnych silnika oraz ocenę jego stanu technicznego i parametrów pracy.

Badania prowadzono we współpracy z Zakładem Pojazdów i Silników IMR w ramach tematu TMR/DS-2 za pomocą spektrometru masowego podwójnie ogniskującego, będącego w posiadaniu Katedry Fizyki Akademii Rolniczej.

Przedmiotem badań był silnik S-4002, zainstalowany na stanowisku dynamometrycznym, skąd pobierano próbki gazu do analizy. Próbkę tę pobierano do szklanego zbiornika (poj. ok. 0,3 l), który został wcześniej odpompowany do wysokiej próżni i wygrzany. Następnie wprowadzano je do źródła jonów spektrometru mas za pomocą układu dozującego.

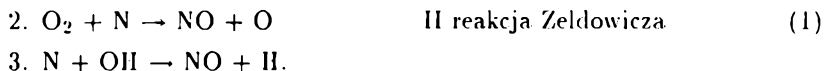
POMIARY

Tlenki azotu powstają w obszarach o dużym nadmiarze powietrza i wysokiej temperaturze [2,4]. W takich warunkach najbardziej prawdopodobny jest mechanizm opisany reakcjami Zeldowicza rozszerzony o reakcje azotu atomowego z rodnikiem wodorotlenowym:

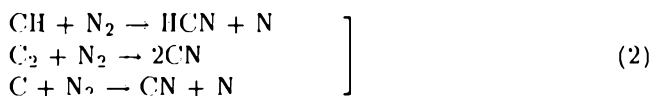


I reakcja Zeldowicza

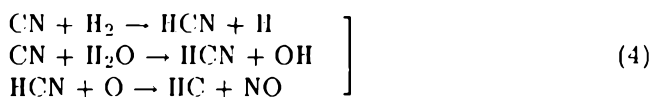
* Zakład Pojazdów i Silników IMR AR w Lublinie



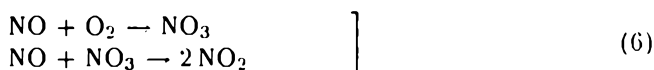
Powyższy mechanizm obowiązuje dla mieszanek ubogich w paliwo. W przypadku mieszanek bardzo bogatych uwzględnia się reakcje



gdzie dalej



w których mechanizmie tworzenia uwzględnia się pośrednią obecność cząsteczek HCN, CH i CN [1,2]. Dwutlenek azotu w analizowanych próbkach pochodzi z reakcji tlenku azotu z tlenem obecnym w próbce. Powstawanie NO₂ opisują przedstawione poniżej reakcje: [3]

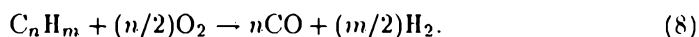


Zawartość NO₂ w próbce została zmierzona po ustaleniu się warunków równowagi. Zawartość tlenków azotu w spalinach w funkcji zmiany mocy i temperatury spalin została przedstawiona na ryc. 1, 2, 3. Temperaturę spalin mierzono za pomocą termopary. Prędkość obrotowa silnika wynosiła 1500 obr./min. Moc efektywna N_e silnika wyraża się wzorem:

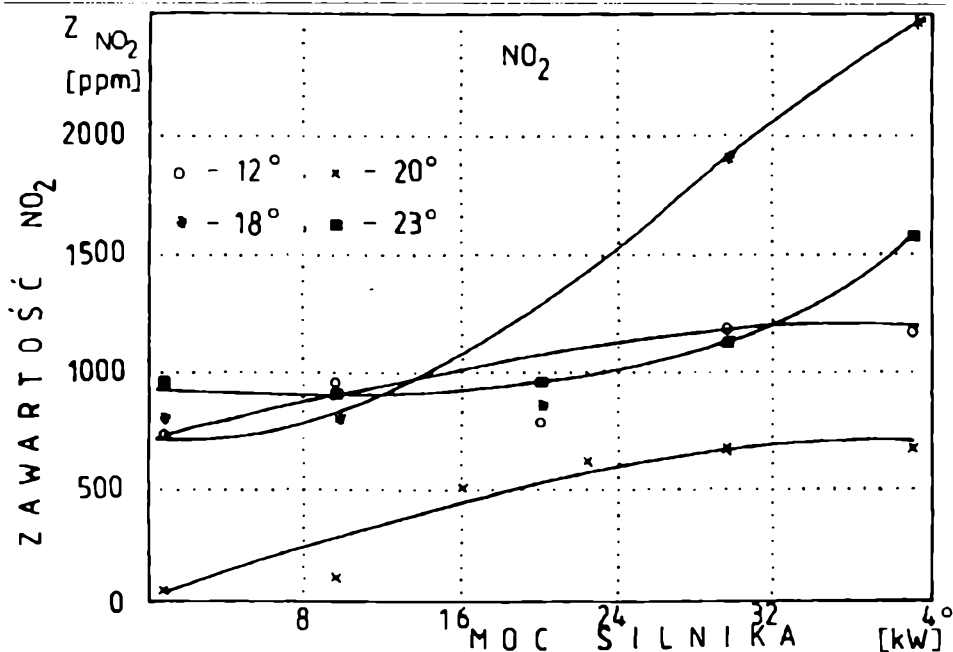
$$N_e = Pnk, \quad (7)$$

gdzie: *P* — siła obciążająca wał silnika; *n* — liczba obrotów na minutę; *k* — stała hamulca ($k = 2\pi l = 4,49$); *l* — długość ramienia hamulca ($l = 0,7$ m).

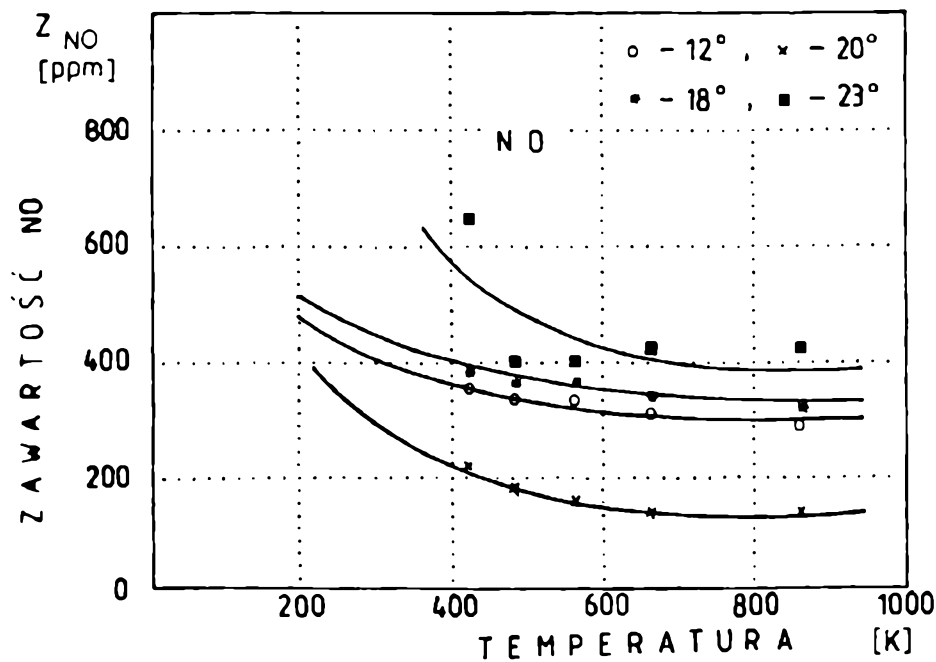
Tlenek węgla powstaje na skutek niepełnego spalania węgla w warunkach niedoboru tlenu. Spalanie węglowodorów z niedoborem tlenu możemy przedstawić ogólnym równaniem:



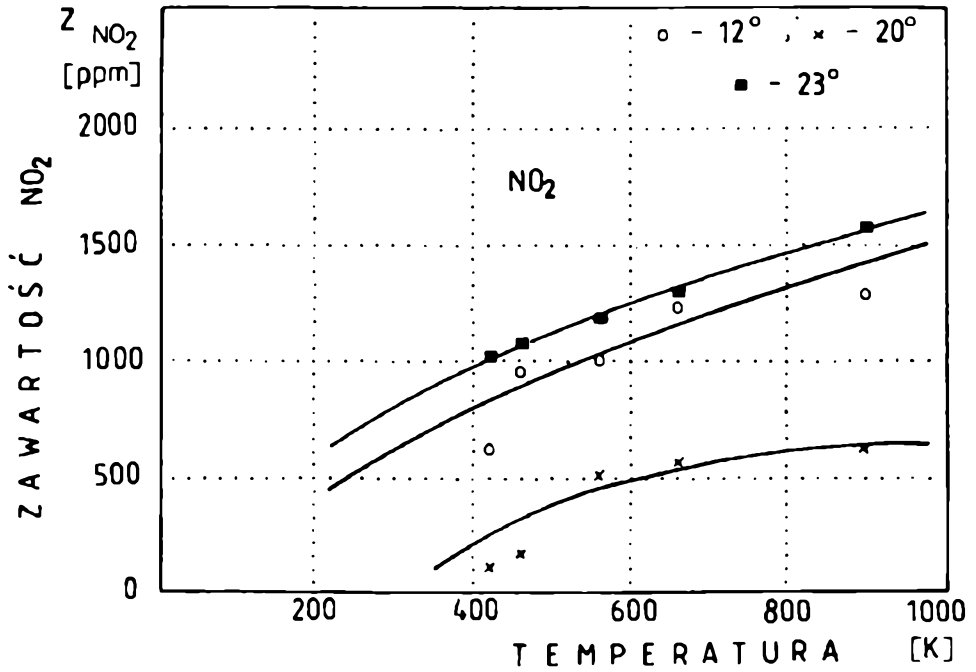
Powstawaniu CO sprzyja również niedostateczne rozpylenie paliwa, złe wymieszanie z powietrzem (zawirowanie) oraz niska temperatura procesu spalania. Tlenek węgla może powstać również w wyniku rozpadu aldehydów, które są produktem



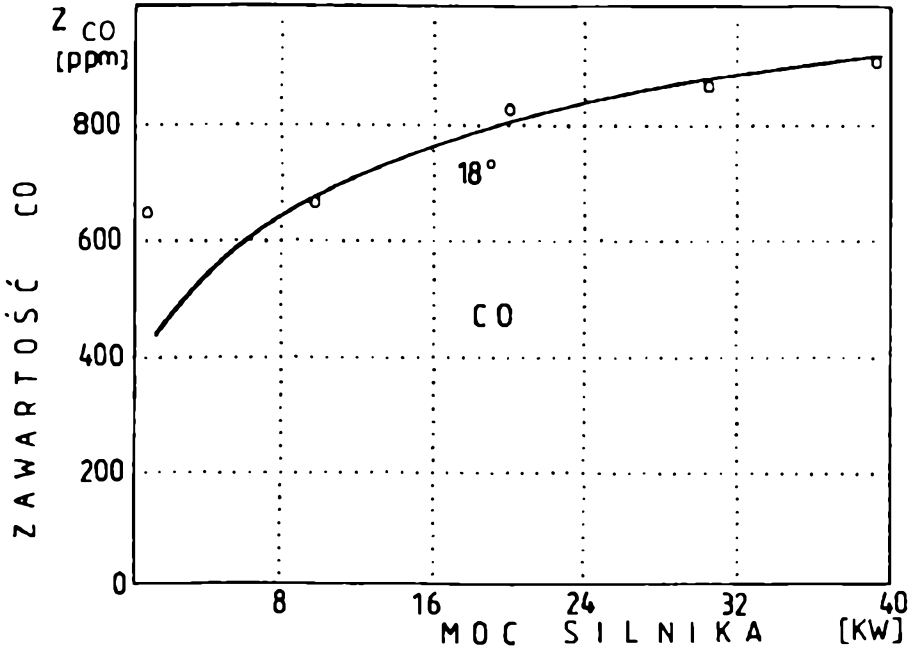
Ryc. 1. Zmiana zawartości dwutlenku azotu w funkcji mocy efektywnej silnika dla różnych kątów wtrysku paliwa



Ryc. 2. Zmiana zawartości tlenku azotu w funkcji temperatury spalin dla różnych kątów wtrysku paliwa



Ryc. 3. Zmiana zawartości NO_2 w funkcji temperatury spalin dla różnych kątów wtrysku paliwa



Ryc. 4. Zawartość tlenku węgla w spalinach w funkcji mocy efektywnej silnika dla kąta wtrysku paliwa 18°

przejęciowym spalania paliwa oraz na skutek dysocjacji CO_2 w wysokich temperaturach [1,2,5]. Zmianę zawartości CO w spalinach w funkcji mocy efektywnej silnika przedstawia ryc. 4. Zawartość NO_2 , NO i CO w badanych próbkach spalin została oszacowana w stosunku do zawartości argonu w powietrzu, po uwzględnieniu przekrojów czynnych na jonizację tych molekuł elektronami [6,7,8,9].

PODSUMOWANIE

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki pomiarów zawartości tlenków azotu i tlenków węgla w spalinach emitowanych przez silnik wysokoprężny wskazują na przydatność metod spektrometrii mas w tego typu pomiarach, a wyniki badań są pomocne w ocenie sposobów eksploatacji i systemów pracy silników wysokoprężnych.

LITERATURA

- [1] Kowalewicz A., *Systemy spalania szybkoobrotowych tłokowych silników spalinowych*, WKŁ, Warszawa 1990, 55-114.
- [2] Wajand J. A., *Silniki o zapłonie samoczynnym*, WKŁ, Warszawa 1987, 25-148.
- [3] McEwan M. J., Phillips L. F., *Chemistry of the Atmosphere*, Edw. Arnold Publ., 1990, 276-278.
- [4] Chomiak J., *Podstawowe problemy spalania*, PWN, Warszawa 1977, 150-167.
- [5] Krasowski E., Piekarski W., Oyudo E. Z., *Masz. cięgn. roln.*, 1 (1988), 13.
- [6] Adamczyk B., Shram B. L., Boerboom A. J. H., Kistemaker J., *J. Chem. Phys.*, 44 (1966), 4640.
- [7] Adamczyk B., Bederski K., Wójcik L., Stański T., *Folia Soc. Scient. Lublin. Mat.-Fiz.-Chem.*, 2, 18 (1976), 163-166.
- [8] Adamczyk B., Bederski K., Wójcik L., *Biomed. Env. Mass Spectrom.*, 16 (1988), 415-417.
- [9] Stephan K., Helm H., Kim Y. B., Seykora G., *J. Chem. Phys.*, 73 (1980), 303-308.

