

Martynika Pałuchowska  
*Instytut Nafty i Gazu, Kraków*

Janusz Jakóbiec  
*Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków*

## Badania właściwości użytkowych benzyny silnikowej E10

### Wstęp

Norma przedmiotowa PN-EN 228:2009, opisując jakość benzyny silnikowej, podaje minimum wymagań jakie powinny być bezwzględnie spełnione, aby paliwo to mogło zostać zastosowane do zasilania silników z zapłonem iskrowym. Czasami jednak wymagania te mogą być niewystarczające. Paliwo oddziałuje na elementy silnika

samochodowego i wpływa na jego osiągi, charakteryzując się danymi właściwościami użytkowymi i eksploatacyjnymi. Producenci silników i samochodów zalecają ocenę tych właściwości. Jedynym ogólnie uznanym dokumentem określającym wymagania i metody oceny jakości paliw silnikowych jest Światowa Karta Paliw.

### Wpływ etanolu w paliwie na skłonność do zanieczyszczania elementów silnika

Etanol, ze względu na swoje walory użytkowe (wysoką liczbę oktanową, wzrost mocy silnika, efektywność energetyczną oraz obniżoną emisję szkodliwych składników spalin) jest stosowany jako komponent paliw silnikowych, napędzających silniki przystosowane do spalania mieszanin węglowodorowo-etanolowych. Wysokie ciepło parowania etanolu jest przyczyną chłodzenia strumienia powietrza, w którym paliwo odparowuje – co prowadzi do zwiększenia masy paliwa podawanego do cylindra komory spalania silnika [9]. W efekcie tego następuje obniżenie występujących w tej komorze temperatur. Uniemożliwia to również odparowanie cięższych frakcji benzynowych, osiadających na ściankach komory spalania silnika [4].

W pracy [3] autorzy badali wpływ skłonności do tworzenia osadów na zaworach dolotowych paliw zawierających m.in. etanol. Oceniano także efektywność zastosowanych dodatków detergentowych, w porównaniu z paliwem bazowym. W rezultacie stwierdzono, że paliwo z 10-procentową zawartością etanolu powoduje znaczący wzrost osadów na zaworach dolotowych. Zastosowanie

właściwego dodatku detergentowego obniżyło skłonność do zanieczyszczania badanego elementu silnika.

W pracy [7] autorzy przedstawili wyniki badań skłonności do zanieczyszczania zaworów dolotowych paliwa etanolowego E10 w porównaniu do paliwa bazowego i dla obu tych formuł benzyny silnikowej ocenili skuteczność działania pakietu dodatków detergentowych – stwierdzając, że przyczyniają się one do obniżenia ilości osadów na zaworach dolotowych. Ze względu na większą skłonność paliwa etanolowego do tworzenia takich osadów, dobór właściwego poziomu dozowania pakietu dodatków jest kluczowy. Wyniki badania wpływu składu chemicznego benzyny silnikowej (zawartości aromatów, olefin, parafin i związków tlenowych) na czystość zaworów dolotowych i komory spalania silnika oraz doboru dozowania dodatków detergentowych w celu ograniczenia tych niekorzystnych zjawisk przedstawiono również w pracy [1].

Według informacji podanych w [2], amerykańska agencja ochrony środowiska (EPA) wprowadziła od 1 stycznia 1995 r. obowiązek dozowania dodatków detergentowych do wszystkich gatunków benzyn silnikowych na terenie USA.

Ocena czystości zaworów dolotowych silnika w teście M102E

Z uwagi na przewidywane konsekwencje zwiększonego udziału etanolu w benzynie, przejawiające się wzrostem skłonności do tworzenia osadów, według procedury CEC F-05-A-93 [5] zbadano skłonność benzyny silnikowej E10 do zanieczyszczania zaworów dolotowych w silniku z wielopunktowym wtryskiem paliwa (MB M102E), w porównaniu z tą cechą bazowej benzyny węglowodorowej. Obecne na rynku benzyny silnikowe zawierają w swoim składzie pakiety dodatków uszlachetniających, które poprawiają właściwości użytkowe i eksploatacyjne tego paliwa. W badaniach [6] wykorzystano nowoczesny, wielofunkcyjny pakiet dodatków uszlachetniających.

Przedmiotem badań [6] były następujące benzyny silnikowe:

- benzyna węglowodorowa,
- benzyna E10,
- benzyna E10 zawierająca pakiet dodatków uszlachetniających, wprowadzony na dwóch poziomach dozowania: D1 i D2.

Badane benzyny silnikowe charakteryzowały się właściwościami podanymi w tabelicy 1.

W tabelicy 2 przedstawiono wyniki przeprowadzonych pomiarów.

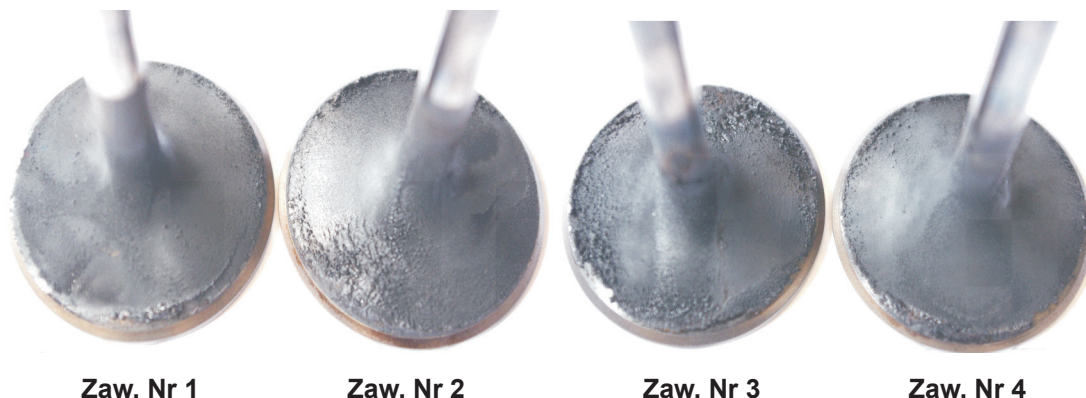
Na fotografiach 1-3 (według [6]) przedstawiono wygląd zaworów dolotowych po spalaniu badanych benzyn silnikowych.

Tablica 1. Właściwości badanych benzyn silnikowych

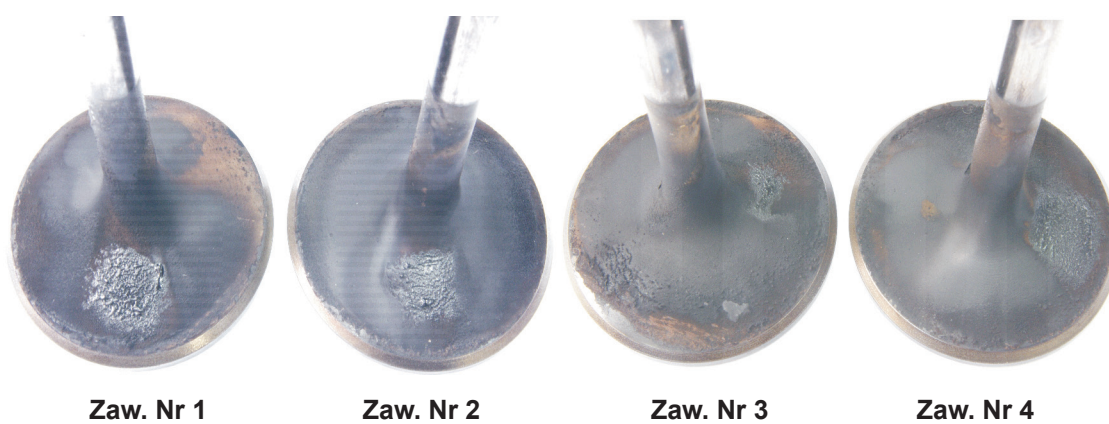
Parametr	Benzyna węglowodorowa	Benzyna E10
Liczba oktanowa badawcza [RON]	95,3	98,1
Liczba oktanowa motorowa [MON]	84,4	86,2
Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	748	751
Prężność par [kPa]	51,3	57,1
Skład frakcyjny:		
- do 70°C odparowuje [% (V/V)]	30,7	49,0
- do 100°C odparowuje [% (V/V)]	51,5	57,0
- do 150°C odparowuje [% (V/V)]	85,0	86,5
- temperatura końca destylacji [°C]	205,5	202,7
- pozostałość po destylacji [% (V/V)]	1,0	1,0
Zawartość związków tlenowych [% (V/V)]:		
- etanol	-	10,0
Zawartość benzenu [% (V/V)]	0,9	0,81
Zawartość siarki [% (m/m)]	7,2	6,5
Korozja Cu [klasa korozji]	1	1
Okres indukcyjny [minuta]	> 360	> 360
Zawartość żywic nieprzemysłowych [mg/100 ml]	2,5	2,2
Zawartość żywic obecnych [mg/100 ml]	0	0
Zawartość węglodorów [% (V/V)]:		
- parafino-nafteny	55,8	50,2
- olefiny	15,6	14,1
- aromaty	28,6	25,7

Tablica 2. Wyniki badania skłonności do tworzenia osadów na zaworach dolotowych silnika w teście według CEC F-05-93 (M102E)

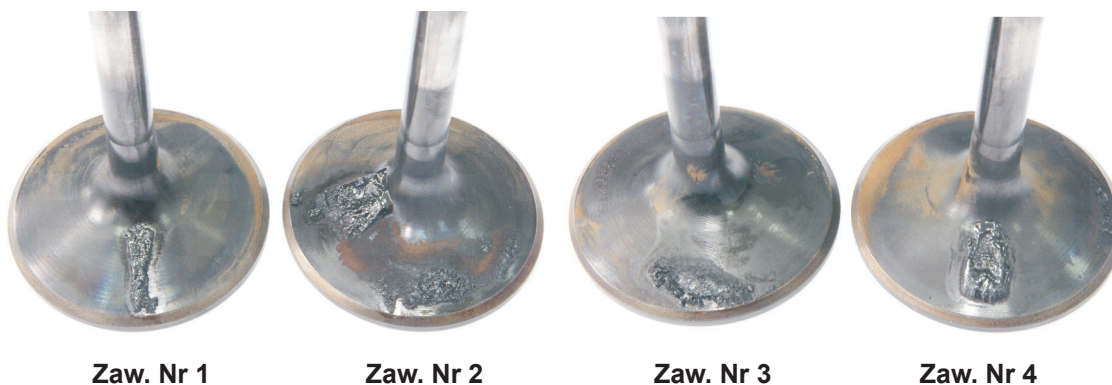
Badane paliwo	Zawór 1	Zawór 2	Zawór 3	Zawór 4	Średnia z czterech zaworów
Ocena masowa	Osady na zaworach dolotowych [mg/zawór]				
Benzyna węglowodorowa	189	240	289	216	234
Benzyna E10	201	231	285	212	232
Benzyna E10 + pakiet dodatków D1	19	55	26	33	33
Benzyna E10 + pakiet dodatków D2	11	16	9	6	11
Ocena punktowa	Osady na zaworach dolotowych [pkt/zawór]				
Benzyna węglowodorowa	7,54	7,09	6,98	7,21	7,21
Benzyna E10	7,39	7,15	6,95	7,31	7,20
Benzyna E10 + pakiet dodatków D1	9,68	9,24	9,53	9,47	9,48
Benzyna E10 + pakiet dodatków D2	9,73	9,69	9,77	9,83	9,76



Fot. 1. Osady na zaworach dolotowych wytworzone w teście M102E podczas spalania benzyny węglowodorowej [6]



Fot. 2. Osady na zaworach dolotowych wytworzone w teście M102E podczas spalania benzyny E10 [6]



Fot. 3. Osady na zaworach dolotowych wytworzone w teście M102E podczas spalania benzyny E10 z pakietem dodatków uszlachetniających D1 [6]

Sklonność do zanieczyszczania zaworów dolotowych silnika testowego M102E badanych benzyn silnikowych, tj. benzyny węglowodorowej i benzyny E10, była porównywalna. Masa osadów utworzonych na zaworach dolotowych wynosiła: dla benzyny węglowodorowej – 234 mg/zawór, a dla benzyny E10 – 232 mg/zawór. W przypadku obu tych benzyn ocena punktowa zanieczyszczeń zawierała się w przedziale 7,20÷7,21 pkt/zawór.

Analiza uzyskanych wyników badań benzyny E10 zawierającej pakiet dodatków uszlachetniających wskazuje,

że uszlachetnienie tego paliwa ww. pakietem dodatków spowodowało zmniejszenie jego skłonności do zanieczyszczania zaworów dolotowych. Zastosowany pakiet dodatków detergentowych w dawce D1 przyczynił się do obniżenia masy osadów średnio do 33 mg/zawór. Ocena punktowa uzyskanego wyniku wyniosła 9,48 pkt/zawór. Zastosowanie dawki D2 pakietu dodatków uszlachetniających spowodowało dalsze obniżenie ilości osadów na zaworach dolotowych – średnio do 11 mg/zawór. W tym przypadku ocena punktowa wyniosła 9,76 mg/zawór.

Tablica 3. Wyniki zanieczyszczenia zaworów dolotowych, w porównaniu z wymaganiami Światowej Karty Paliw

Badane paliwa	Średnia masa osadów [mg/zawór]	Wymagania według Światowej Karty Paliw dla paliw kategorii 3 i 4
Benzyna E10 + pakiet dodatków D1	33	maksimum 30 mg/zawór
Benzyna E10 + pakiet dodatków D2	11	

W tablicy 3 podano uzyskane wyniki pomiaru, w porównaniu z wymaganiami Światowej Karty Paliw [8].

Przedstawione w tablicy 3 wyniki badań wskazują, że

badane paliwo E10 z dawką D2 pakietu dodatków uszlachetniających spełniło wymagania Światowej Karty Paliw dla paliw kategorii 3 i 4.

### Wnioski

Wyniki wykonanych badań silnikowych stanowią podstawę do sformułowania następujących wniosków:

- nieuszlachetniona benzyna E10 z maksymalną dopuszczalną zawartością etanolu, tj. 10% (V/V), charakteryzowała się skłonnością do zanieczyszczania zaworów

dolotowych porównywalną z typową, nieuszlachetnioną benzyną węglowodorową,

- zastosowany pakiet dodatków uszlachetniających skutecznie obniżył zanieczyszczenie zaworów dolotowych.

Artykuł nadesłano do Redakcji 21.07.2011 r. Przyjęto do druku 15.11.2011 r.

Recenzent: dr Michał Krasodomski, prof. INiG

### Literatura

- [1] Bratsky D., Stacho D.: *Impact of Motor Gasoline Chemical Composition and Additive Treatment on Inlet Valve and Combustion Chamber Deposits*. SAE Paper No. 2000-01-2022, 2000.
- [2] *Driveability and Performance of Reformulated and Oxygenated Gasoline*; DAI Informational Document #970302, Downstream Alternatives Inc., March 1997.
- [3] Lacey P.I., Kohl K.B., Stavinoha L.L., Estefan R.M.: *A Laboratory – Scale Test to Predict Intake Valve Deposits*. SAE Paper, No. 972838, 1997.
- [4] Maćkowski J.: *Spalanie paliw naftowych zawierających dodatek etanolu w silnikach ZI*. Cz. 1. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji, nr 114, Tom XII, 2003.
- [5] Metoda CEC F-05-A-93 *Ocena czystości zaworów dolotowych w silniku z wielopunktowym wtryskiem paliwa MB M102E*.
- [6] Pałuchowska M., Rogowska D., Stępień Z., Urzędowska W.: *Opracowanie technologii i wdrożenie do produkcji bezołowej benzyny silnikowej E10*. Dokumentacja INiG, 953/TP/10.
- [7] Shilbolm C.M., Schoonveld G.A.: *Effect on Intake Valve Deposits of Ethanol and Additives Common to the Available Ethanol Supply*. SAE Paper No. 902109, 1990.
- [8] Worldwide Fuel Charter, Fourth Edition, September 2006.
- [9] Wyman Ch.E.: *Handbook on Bioethanol: Production and Utilization*. Taylor & Francis, USA, 1996.



Mgr inż. Martynika PAŁUCHOWSKA – starszy specjalista badawczo-techniczny, lider kierunku paliwa do silników o zapłonie iskrowym w Zakładzie Paliw i Procesów Katalitycznych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Tematyką związaną z technologią i doskonaleniem jakości benzyn silnikowych zawierających związki tlenowe, w tym biokomponenty, zajmuje się od ponad 20 lat.



Prof. nadzw. dr inż. Janusz JAKÓBIEC – miejsce pracy: Katedra Technologii Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Zainteresowania naukowe: procesy spalania paliw konwencjonalnych i alternatywnych, LPG, CNG i biopaliw pochodzenia roślinnego oraz ocena użytkowa środków smarowych i płynów eksploatacyjnych.