

Józef SOŁTYS

Zakład Silników Spalinowych ITC
Politechniki Śląskiej w Gliwicach

Walter MATULA

Ośrodek Naukowo-Badawczy ds. Przetwórstwa Węgla
GIG Tychy

MOŻLIWOŚĆ ZASILANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM
MIESZANINĄ OLEJU NAPĘDOWEGO Z CIEKŁYMI PRODUKTAMI
UWODORNIA WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań nad spalaniem w silniku ZS mieszanki handlowego oleju napędowego zawierającej 25% oleju uzyskanego w procesie upłynniania węgla - metodą opracowaną w Ośrodku Naukowo-Badawczym ds. Przetwórstwa Węgla GIG w Tychach. Mimo istnienia różnic w procesie spalania obu paliw osiągnięte wyniki w zakresie mocy i toksyczności spalin nie wykazują istotnych odchyleń.

1. WSTĘP

Jednym z zasadniczych czynników warunkujących dalszy przemysłowy rozwój naszego kraju jest zapewnienie wystarczającej ilości tradycyjnych źródeł energii, jak i znalezienie nowych, niekonwencjonalnych nośników energetycznych.

W obecnym okresie najbardziej napięty bilans występuje na rynku paliw ciekłych. Polska posiada znikome zasoby ropy naftowej, jest wobec tego szczególnie zainteresowana w poszukiwaniu zastępczych paliw, pozwalających na częściowe substytuowanie produktów pochodzących z przeróbki ropy naftowej. Ocena sytuacji paliwowo-energetycznej w naszym kraju wykazuje wyraźnie, że najbardziej perspektywicznym nośnikiem energetycznym jest węgiel, którego zasoby powinny wystarczyć dla wielu pokoleń.

Przyszłość węgla nie leży jednak w jego spalaniu w energetyce, ale w jego energochemicznym przetwórstwie.

Jednym z podstawowych kierunków przetwórstwa węgla jest jego upłynnianie. W Polsce badania nad upłynnianiem węgla zostały zapoczątkowane przed kilkunastoma laty i głównym ich celem jest opracowanie przemysłowej technologii upłynniania opierającej się na dostępnej bazie surowcowej. Tą drogą dąży się do chociażby częściowego zastąpienia importowanej ropy naftowej

produktami ciekłymi z węgla. Jednostką wiodącą w tym zakresie jest Ośrodek Naukowo-Badawczy ds. Przetwórstwa Węgla GIG.

Początkowo prace koncentrowały się na opracowaniu tzw. ekstrakcyjnej metody upłynniania. Badania prowadzone były w skali laboratoryjnej, wielkolaboratoryjnej (120 kg węgla/dobę) oraz w ograniczonym zakresie na instalacji o przerobie 1,2 tony węgla/dobę.

W prowadzonych doświadczeniach nie uzyskano zadowalających rezultatów i od 1980 r. rozpoczęto prace nad przystosowaniem instalacji wielkolaboratoryjnej do procesu bezpośredniego średniociśnieniowego uwodornienia węgla. Przeprowadzono kilkadziesiąt cykli badawczych na tej instalacji, określając podstawowe parametry procesu uwodornienia, wydajności poszczególnych produktów i ich charakterystykę fizykochemiczną.

Dane uzyskane z tej instalacji w zakresie układu technologicznego, jak i rozwiązań konstrukcyjnych zostały wykorzystane przy opracowywaniu założeń, a następnie projektu technicznego, jednostadiowego modernizacji instalacji ćwierćtechnicznej o zwiększonej zdolności przerobowej do 2 ton węgla/dobę. W drugiej połowie 1986 r. ukończono rekonstrukcję tej instalacji i z wynikiem pozytywnym zakończono jej rozruch.

2. CEL I PRZEDMIOT BADAŃ

Dotychczasowe kierunki dalszego przerobu tzw. ropy węglowej zmierzają do otrzymania benzyny, oleju napędowego lub opałowego oraz produktów chemicznych. Otrzymanie tego typu produktów wymaga zastosowania wielu dodatkowych procesów takich, jak: rafinacja, kraking, hydrokraking lub reforming. Do przeprowadzenia tych operacji potrzebne są dodatkowe ilości wodoru, jak i odpowiedniej jakości katalizatory. Wpływa to ujemnie na wskaźniki techniczno-ekonomiczne pozyskania paliw napędowych z węgla.

Celem niniejszej pracy jest określenie możliwości bezpośredniego zastosowania średniej frakcji ropy węglowej bez dodatkowego uszlachetniania, jako składnika handlowego oleju napędowego.

W badaniach wykorzystano olej średni destylujący w zakresie 473-598 K uzyskany w procesie uwodornienia węgla z KWK "Janina" na instalacji o przerobie 120 kg węgla/dobę.

Reakcja uwodornienia węgla przebiegała pod ciśnieniem 20 MPa w temperaturze 723 K przy obciążeniu strefy reakcji rzędu 400 kg węgla/m³/h.

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że przy zastosowaniu powyższych parametrów uzysk produktów ciekłych wynosi około 50% udziału masowego w przeliczeniu na substancję organiczną węgla we wsadzie.

Z sekcji rozdziału termicznego produktów uwodornienia otrzymywana jest ropa węglowa składająca się w 30% udziału masowego z frakcji wrzącej do 473 K oraz 70% udziału masowego z oleju średniego o zakresie wrzenia 473-598 K.

Wynika z tego, że będący przedmiotem badań olej średni stanowi dominującą frakcję w surowej ropie węglowej otrzymanej w procesie uwodornienia węgla typu 31.

Podstawowe własności fizykochemiczne oleju podane w tablicach 1 i 2.

Tablica 1

Podstawowe własności fizykochemiczne oleju średniego

| Wielkość charakterystyczna | Jednostka miary | Wartość |
|------------------------------|--------------------|---------|
| Woda | % udziału masowego | 0,1 |
| C ^{daf} | " | 90,30 |
| H ^{daf} | " | 8,45 |
| N ^{daf} | " | 0,25 |
| S ^{daf} | " | 0,33 |
| O ^{daf} (z różnicy) | " | 0,67 |
| n _D ²⁰ | " | 1,5985 |
| d ₄ ²⁰ | g/cm ³ | 1,0161 |
| M | | 170 |
| R _T | | 2,64 |
| R _A | | 1,70 |
| R _N | | 0,94 |
| C _T | | 12,67 |
| C _A | | 8,80 |
| C _R | | 12,56 |
| % C _A | | 69,5 |
| % C _R | | 29,1 |
| % C _N | | 29,7 |
| % C _P | | 0,9 |

Objaśnienia:

C^{daf}, H^{daf}, N^{daf}, S^{daf}, O^{daf} - udział procentowy, masowy w przeliczeniu na substancję bezpopiołową i bezwodną,

n_D²⁰ - współczynnik załamania światła,

d₄²⁰ - gęstość właściwa.

3. METODYKA BADAŃ

Nie znając bliżej wpływu oleju węglowego na proces spalania i trwałość elementów silnika, wstępne próby zdecydowano się przeprowadzić na kompozycji paliwowej składającej się z mieszaniny handlowego oleju napędowego

i oleju węglowego w stosunku objętościowym 3:1, tzn. że olej węglowy stanowi 25% objętości paliwa i 28% jego masy.

Tablica 2

Rozkład frakcyjny oleju średniego

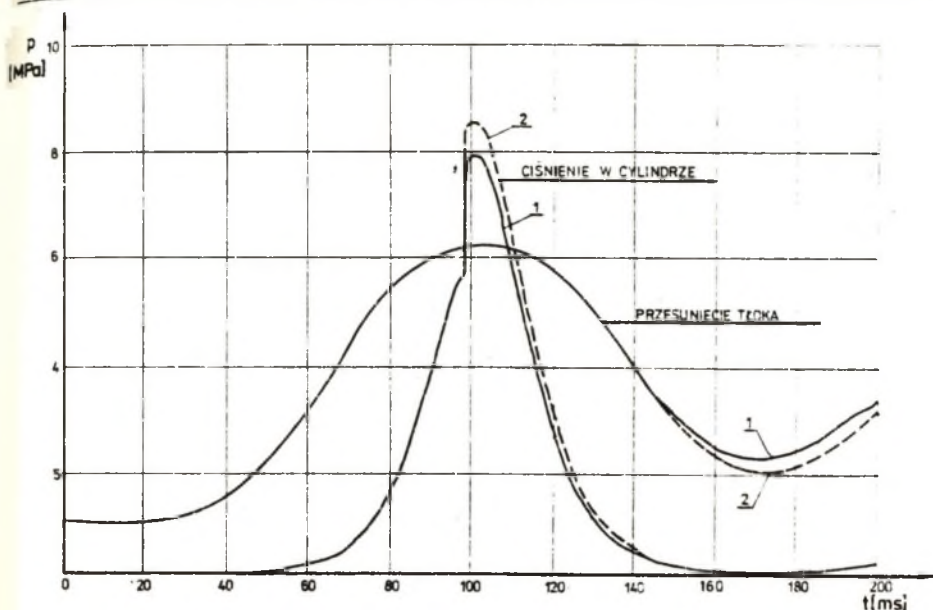
| Temperatura wrzenia °C | Udział masowy frakcji % |
|---------------------------|----------------------------|
| 160-180 | - |
| 180-200 | 4,6 |
| 200-220 | 10,1 |
| 220-240 | 16,8 |
| 240-260 | 14,2 |
| 260-280 | 11,6 |
| 280-300 | 11,9 |
| 300-320 | 12,7 |
| 320-340 | 10,5 |
| 340-360 | 2,7 |
| pow. 360 | 4,9 |

Założeniem pierwszego etapu badań było udzielenie odpowiedzi na pytanie, jakie są różnice w procesie spalania między paliwem tradycyjnym a nową kompozycją paliwową oraz w jaki sposób nowe paliwo wpływa na osiągi dynamiczne i toksyczność spalin silnika badawczego. Sam proces spalania badano na stanowisku zbudowanym w Instytucie Silników Spalinowych Politechniki Poznańskiej. Stanowisko to pozwala na badanie procesu wtrysku paliwa i procesu spalania. Natomiast próby hamowniane przeprowadzono w Zakładzie Silników Spalinowych Politechniki Śląskiej.

Jako przedmiot badań na hamowni wybrano silnik SW 400, który jest w kraju typowym silnikiem stosowanym szeroko do napędu samochodów ciężarowych i małych lokomotyw. Silnik ten wybrano celowo ze względu na to, że w przypadku pozytywnego wyniku doświadczeń właśnie napędy tego typu mogłyby być w pierwszej kolejności zasilane na szerszą skalę nowym paliwem.

4. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki badań przedstawiono szczegółowo w pracy [1], a niektóre z nich ilustrują wykresy przedstawione na rys. 1, 2, 3 i 4. Na rys. 1 przedstawiono kształtowanie się ciśnień w cylindrze oraz przesunięcie tłoka w modelu silnika badawczego przy spalaniu handlowego oleju napędowego oraz kompozycji paliwowej złożonej w 75% z oleju napędowego i w 25% oleju węglowego przy identycznych parametrach wtrysku paliwa. Z wykresu wyraźnie widać,



Rys. 1. Przebieg ciśnień i droga tłoka w silniku modelowym

1 - handlowy olej napędowy, 2 - mieszanka z olejem węglowym

Fig. 2. Pressure characteristic and piston way in the model motor

1 - commercial Diesel oil, 2 - mixture with coal oil

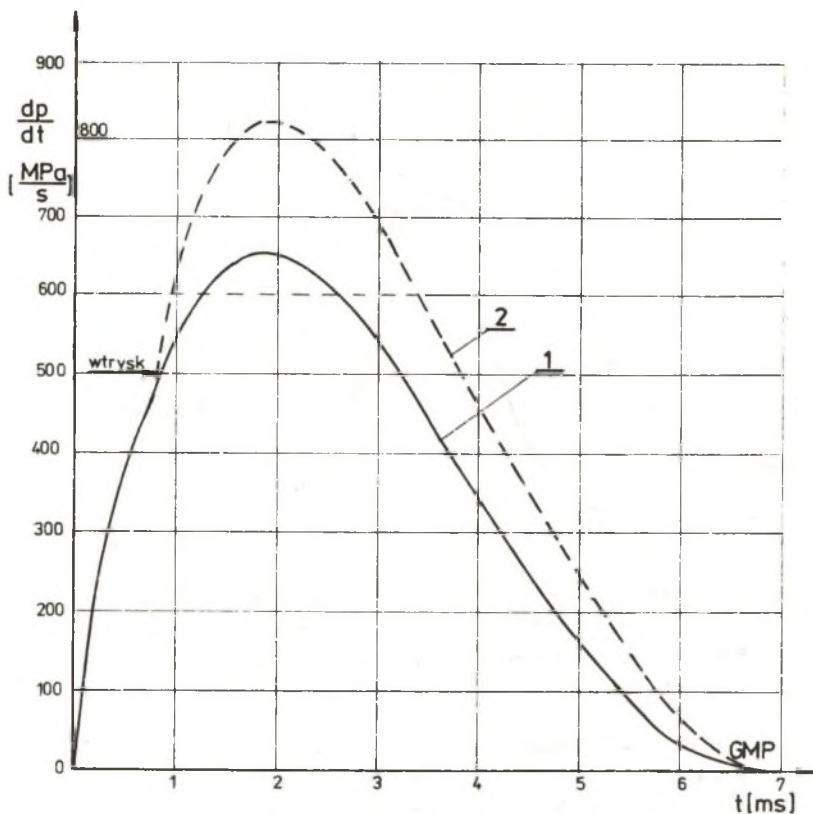
że dodatek oleju węglowego powoduje wzrost ciśnienia w cylindrze, przy czym ciśnienie maksymalne wzrasta o ok. 8%. Potwierdzeniem tego jest rys. 2, na którym przedstawiono prędkość narastania ciśnienia w cylindrze przy spalaniu obu próbek paliw.

Już w chwili początku wtrysku paliwa daje się zauważyć znaczny wzrost wielkości dp/dt przy próbie z olejem węglowym. Otrzymane wyniki pozwalają na wyciągnięcie wniosku o wpływie dodatku tego oleju na wzrost obciążeń mechanicznych układu korbowego silnika, a także na wzrost obciążeń cieplnych.

Rys. 3 przedstawia charakterystykę uniwersalną jednostkowego zużycia paliwa dla obu paliw sporządzoną dla silnika SW 400. Wykresy sporządzono dla nastawów fabrycznych, tzn. optymalnych dla oleju napędowego. Mimo tego uzyskane wyniki wskazują na to, że dodatek oleju węglowego nie wpływa w znacznym stopniu na wzrost zużycia paliwa. Interesujące wyniki otrzymano także przy badaniu toksyczności spalin.

Na rys. 4 pokazano ogólną charakterystykę CO dla obu paliw. W dalszym zakresie obciążeń daje się zauważyć wzrost zawartości CO przy spalaniu oleju węglowego, co może być niekorzystne zwłaszcza dla tęgą jądowego.

Natomiast przy wysokich obciążeniach zawartość CO w spalinach jest niższa niż dla paliwa klasycznego. Dodatek oleju węglowego nie wpływa istotnie

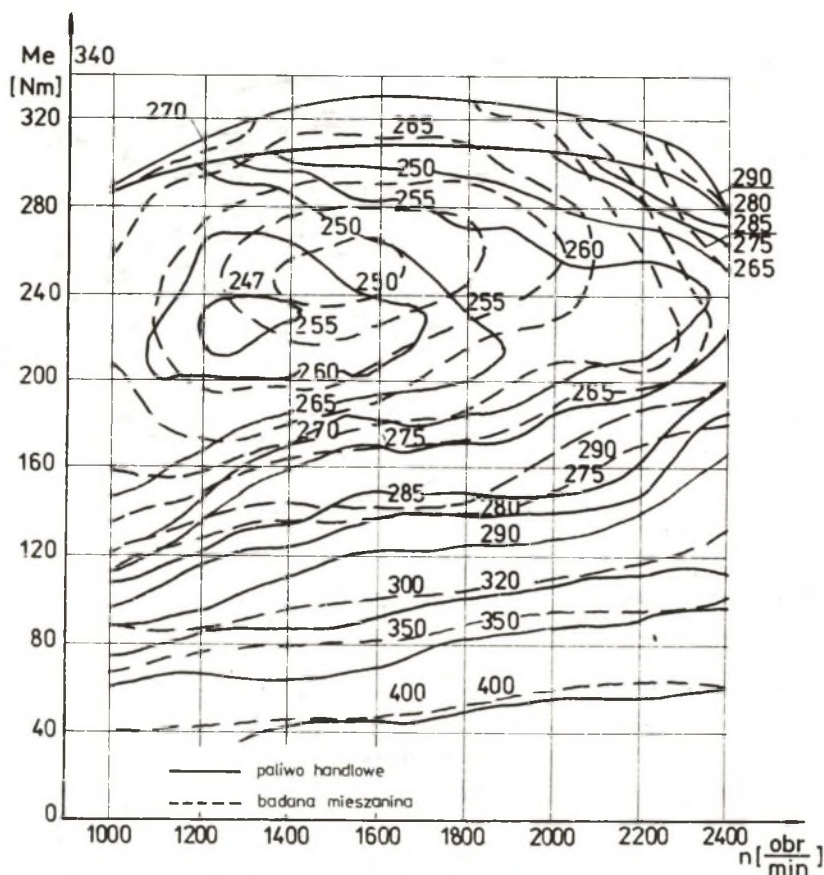


Rys. 2. Prędkość narastania ciśnienia w cylindrze w czasie spalania
 1 - handlowy olej napędowy, 2 - mieszanina z olejem węglowym
 Fig. 2. Growing pressure velocity in the cylinder during combustion
 1 - commercial Diesel oil, 2 - mixture with coal oil

istotnie na zadymienie spalin. Wzrasta ono przy stosowaniu ropy węglowej, do 10% (w skali Boscha). Istotnym spostrzeżeniem wynikającym z badań jest fakt pełnego zmieszania się oleju węglowego z olejem napędowym, niezależnie od czasu składowania.

WNIOSKI

Wyniki dotychczasowych badań wskazują na to, że kompozycja paliwowa składająca się z oleju węglowego i oleju napędowego nadaje się do zastosowania w silnikach ZS bez potrzeby wprowadzenia specjalnych zmian konstrukcyjnych

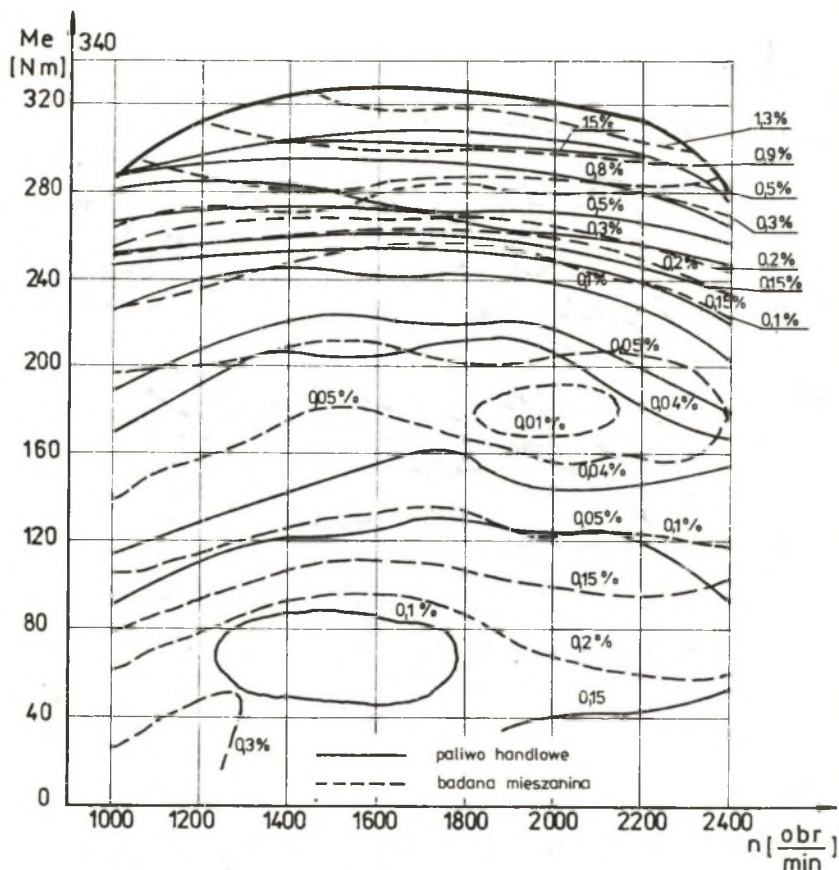


Rys. 3. Charakterystyka uniwersalna jednostkowego zużycia paliwa g/kWh dla silnika SW 400

Fig. 3. Universal characteristics of sfc (g/kWh) for the motor SW 400

w samym silniku lub aparaturze wtryskowej. Ponieważ jednak badania prowadzono na paliwie, w skład którego wchodził olej węglowy "świeży", tzn. o stosunkowo krótkim okresie składowania (ok. dwóch miesięcy), więc konieczne są dalsze badania tego komponentu.

Dotychczasowe analizy chemiczne wykazywały, że ropa ta zawiera pewne ilości nienasyconych związków charakteryzujących się skłonnością do tworzenia żywic. Przedmiotem badań powinno być również zachowanie się tego paliwa w niskiej temperaturze, gdyż w jego skład wchodzi także parafiny, które w niskiej temperaturze wytrącają się.



Rys. 4. Ogólna charakterystyka zawartości CO w spalinach dla silnika SW 400
 Fig. 4. General characteristics of CO content in exhaust gases for the motor SW 400

Obserwacje tego rodzaju mogą dać wiele cennych wskazówek dotyczących zmiany parametrów procesu technologii upłynniania węgla.

Warto zaznaczyć, że olej obecnie otrzymywany jest znacznie lepszy jakościowo niż próbki otrzymywane wcześniej. Na przykład obecnie praktycznie nie stwierdza się w niej zawartości cząstek stałych, które bardzo pogarszają warunki pracy układu zasilania, podczas gdy poprzednio było ich ok. 2%.

W świetle dotychczasowych obserwacji należy również optymalizować kąt wyprzedzenia i czas trwania wtrysku ze względu na odmienny sposób spalania omawianych paliw. Z powodu większych prędkości narastania ciśnienia w celu

niedopuszczenia do wzrostu obciążeń mechanicznych układu korbowego należy zmienić zarówno kąt wyprzedzenia, jak i czas trwania wtrysku.

Przed zastosowaniem nowej kompozycji paliwowej do eksploatacji w szerszej skali - na co pozwalają otrzymywane z nowej instalacji 2 t węgla/dobe większe ilości paliwa węglowego, planuje się wykonać badania trwałościowe na kilku typach silników w różnych warunkach pracy.

LITERATURA

- [1] Sprawozdanie ZSS ITC z badań prowadzonych w ramach CPBR-02.22, rok 1986. Biblioteka ITC.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Czesław Kordziński

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1987 r.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СМЕСЬЮ ГАЗОВОГО МАСЛА С ЖИДКИМИ ПРОДУКТАМИ ГИДРИЗАЦИИ КАМЕННОГО УГЛЯ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты исследований сгорания в дизельных двигателях смеси газового масла, состоящей из 25% масла полученного путём гидризации угля методом разработанным в Научноисследовательском Центре по Переработке Угля ГИГ в Тыхах.

Несмотря на различие в процессе сжигания обоих топлив, полученные результаты по мощности и токсичности не имеют существенной разницы.

POSSIBILITY OF FEEDING DIESEL ENGINES BY OIL MIXTURE WITH LIQUID PRODUCTS OF COAL HYDROGENATION

S u m m a r y

The article presents the results of studies on combustion in self-ignition engines of the commercial oil mixture containing 25 per cent of oil extracted during the process of coal fluidization - the method elaborated at the Scientific - Research Centre of Coal Processing GIG in Tychy. However, there are difference in the combustion process of two fuels the results in the range of power and gas toxicity are not too much different.