

Ryszard WIŁK, Antoni ZAJDEŁ

Instytut Techniki Ciepłej
Politechniki Śląskiej

Zbigniew KOCHEL, Jacek WALAWSKI

Zakłady Pomiarowo - Badawcze
"Energopomiar" Gliwice

BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM MIESZANIN OLEJOWO - PYŁOWYCH
DO ROZPALANIA KOTŁA OP - 215 ¹⁾

Streszczenie. Omówiono problemy podstawowe wynikające ze stosowania mieszanin olejowo - pyłowych, takie jak: sporządzanie, magazynowanie, transport i spalanie. Oszacowano również efekty ekonomiczne. Przeprowadzono próby spalania w kotle OP - 215, które wykazały możliwość zastosowania mieszaniny do rozpalania i stabilizacji płomienia. Wykonano również badania laboratoryjne nad spalaniem oraz zdolnością do zapłonu mieszanin olejowo-pyłowych.

1. Wstęp

Stosowanie paliwa stało-ciekłego, często zwanego w literaturze "coal-in-oil mixture" (COM) jest godne uwagi, dzięki następującym zaletom. Po pierwsze stwarza możliwość zastąpienia trudno dostępnych i drogich olejów palnych w ilościach dochodzących nawet do 50 %. Po wtóre z olejami można mieszać nie tylko pył węglowy lecz również inne odpadowe pyły palne. Utylizacja COM w porównaniu z utylizacją pyłu węglowego jest często korzystniejsza, np. łatwiejszy jest zapłon, pełniejsze wypalanie, wydajniejsze odgazowanie składnika stałego. Stosowanie COM posiada w stosunku do paliw ciekłych również wady, polegające na skomplikowaniu instalacji zasilającej, zwiększonych trudnościach eksploatacyjnych.

Szerokie zainteresowanie COM pojawiło się w latach 70, kiedy to kryzys paliwowy sprawił, że wzrosły ceny ropy naftowej. Inicjatorami stosowania COM na dużą skalę były: USA, Japonia, Kanada, Chiny i Wlk. Brytania. O skali zagadnienia świadczą międzynarodowe sympozja organizowane na ten temat w USA od roku 1978 [2, 3]. Obecnie zainteresowanie COM na świecie nieco się zmniejszyło w związku ze złagodzeniem sytuacji paliwowej i zmniejszeniem się cen ropy oraz olejów opałowych.

¹⁾ Artykuł powstał w wyniku pracy naukowo-badawczej, której kierownikiem był prof. dr hab. inż. Ryszard Petela

W Polsce, kraju bazującym w energetyce na węglu kamiennym i brunatnym, borykającym się z zaspokojeniem potrzeb na oleje opałowe, zainteresowanie COM pozostało nadal aktualne. Badania nad COM prowadzi się w Polsce od połowy lat siedemdziesiątych. W latach 1982 - 85 ZPBE "Energopomiar" oraz Instytut Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej przeprowadziły próby i badania nad przygotowaniem, transportem i spalaniem COM na stanowisku doświadczalnym przy kotle parowym OP - 215 w El. Halemba. Własności fizyko-chemiczne, takie jak: lepkość, sedymentacja statyczna, zapłonowość, napięcie powierzchniowe - badano w laboratoriach Politechniki Śląskiej. Praca miała na celu rozpoznanie możliwości zastosowania COM do rozpalania i stabilizacji spalania w kotłach energetycznych. COM sporządzono na bazie mazutu oraz pyłu węgla kamiennego.

Poniżej, w oparciu o uzyskane wyniki w czasie prób i badań oraz literaturę, zostaną omówione podstawowe problemy związane z zastosowaniem COM w praktyce, a mianowicie:

- sporządzanie i magazynowanie,
- transport,
- spalanie,
- zagadnienie popiołu,
- oszacowanie efektów ekonomicznych.

2. Sporządzanie i magazynowanie

Sporządzanie COM o jednorodnym składzie na drodze mieszania nie stanowi problemu i jest dobrze rozpoznane, i opanowane.

Praktycznie trudniejszym problemem jest magazynowanie i dystrybucja COM z powodu występującego zjawiska sedymentacji statycznej. Problem pojawia się w systemach centralnego wytwarzania COM i dystrybucji do indywidualnych użytkowników. Wiadomo, że sedymentacja statyczna zależy od własności mazutu, pyłu węglowego (głównie ziarnistości) i jego udziału, od temperatury COM. W praktyce zaobserwowano, że przy ziarnistości pyłu węglowego 5 - 10 μm sedymentacja jest nieznaczna. Uzyskiwanie tak drobnych przemiałów jest praktycznie bardzo trudne. W krajach, które były inicjatorami stosowania COM stosuje się młyny specjalnej konstrukcji [1]. Stosując grubsze przemiały pyłu węglowego w zbiornikach magazynowych i cysternach trzeba zapewnić ciągły ruch COM poprzez mieszanie, bądź cyrkulację. Często dodaje się do COM substancji powierzchniowo czynnych, tzw. stabilizatorów składu.

W układach indywidualnego przygotowania i bezpośredniego spalania problem stabilizacji statycznej nie jest dokuczliwy [5]. Istotnego znaczenia nabiera zagadnienie pozyskiwania i bezpiecznego gromadzenia pyłu węglowego oraz ewentualna separacja grubszych ziaren.

3. Transport

Rozważając problematykę transportową na czoło wysuwa się zagadnienie lepkości, sedimentacji dynamicznej, erozji oraz właściwy dobór konstrukcji pomp.

Lepkość COM zależy od własności mazutu, pyłu węglowego (głównie ziarnistości) i jego udziału oraz temperatury. Zaobserwowano, że przy udziale pyłu powyżej 40 % lepkość rośnie w sposób bardzo szybki (15 - 30 razy) w stosunku do lepkości mazutu [6]. Istniejące pewne możliwości złagodzenia wzrostu lepkości i zwiększenia udziału węgla do 50 %, a nawet i wyżej.

W czasie przepływu COM w rurociągach z małymi prędkościami może wystąpić zjawisko sedimentacji dynamicznej, co prowadzi do zatykania rurociągów i dysz palnikowych. Z tego względu należy transportować COM z odpowiednimi prędkościami, unikać przewężeń oraz podgrzewać rurociągi.

Erozja występuje głównie w palnikach, zaworach oraz pompach COM. Zależy ona od udziału, ziarnistości i własności pyłu węglowego oraz mazutu. Właściwy opis erozji jest utrudniony. Ze względu na erozję oraz opory przepływu należy przyjmować minimalne prędkości przepływu, co z kolei sprzyja sedimentacji dynamicznej. Obecnie najtrudniejszym zagadnieniem jest opracowanie konstrukcji pompy odpornej na erozję, posiadającej odpowiednie parametry pracy.

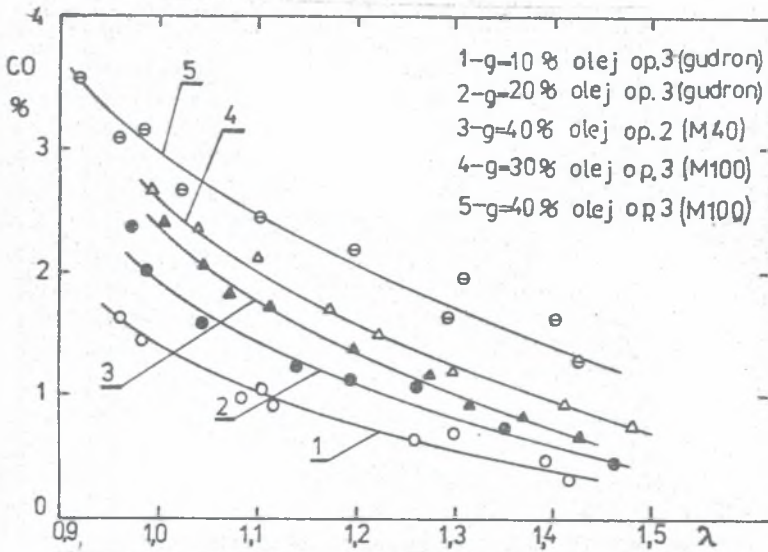
4. Spalanie

Podstawowym zagadnieniem w problematyce spalania jest opracowanie właściwej konstrukcji palnika, który zapewni dobre rozpylenie, łatwy zapłon, stabilne spalanie i dobre wymieszanie paliwa z powietrzem. Dobre rezultaty uzyskano na specjalnie skonstruowanym palniku o wydajności 1000 kg/h z rozpyleniem COM parą, w którym gramowy udział pyłu był 40 % [5]. Możliwe jest też rozpylenie zimnym powietrzem.

Badania nad spalaniem COM z rozpyleniem zimnym powietrzem przeprowadzono w doświadczalnej komorze badawczej o wymiarach 3 m x 1,4 m x 1 m. Wyniki badań nad wypalaniem przedstawiono na rysunkach 1 i 2 4. Linia a na rysunku 2 przedstawia pomiary wykonywane w odległości 2 m od wylotu z palnika, zaś linia b w odległości 0,7 m od wylotu.

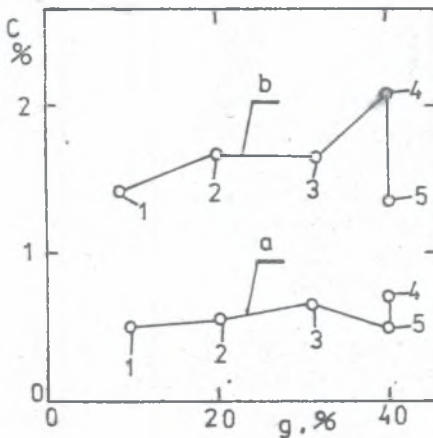
Jakość spalania oraz wypalanie (wielkość strat) zależą od wielu czynników, np. ziarnistości pyłu, wielkości kropeł COM, prędkości i kierunku dopływu paliwa do komory, kształtu płomienia, właściwej organizacji przepływu i ilości powietrza do spalania. Rozważając zagadnienie wielkości kropli COM, a pośrednio także wielkość ziarna pyłu węglowego, trzeba sięgnąć do optymalizacji wielokryterialnej, która obok zagadnienia minimalizacji strat spalania musi uwzględnić wpływ wielko-

ci ziarna na podstawie wielkości fizyko-chemiczne COM (lepkość, stabilność składu, zapłonowość, gęstość) .



Rys. 1 Zawartość tlenku węgla CO w spalinach w zależności od stosunku nadmiaru powietrza λ , dla różnych przypadków COM

Fig. 1 Amount of carbon monoxide CO in combustion gases versus air excess ratio for various case of COM

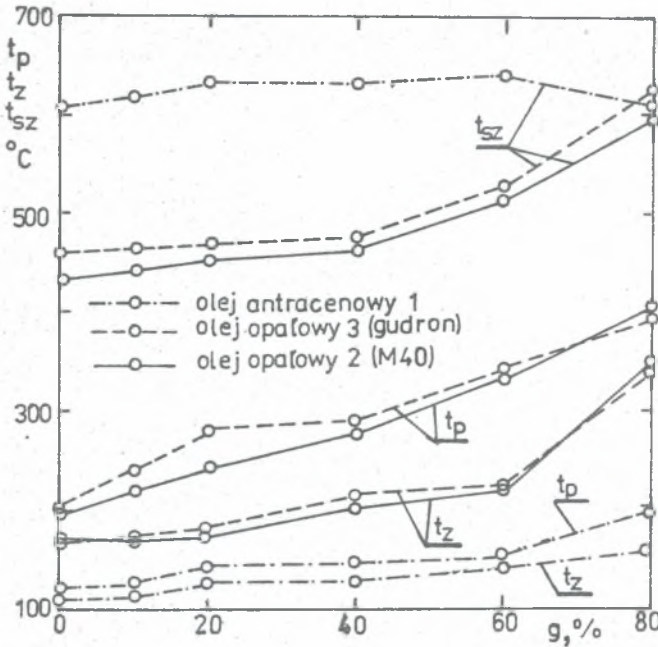


Rys. 2 Zawartość węgla w popiole, C, w zależności od udziału pyłu węglowego, g, w COM

Fig. 2 Amount of carbon in ash versus gram fraction of coal dust in COM

Analizując problem udziału pyłu węglowego w COM w aspekcie spalania możemy stwierdzić : rozpylanie COM o udziałach pyłu większych od 50 %, ze względu na dużą lepkość, jest bardzo trudne ; przy udziałach powyżej 55 % wyraźnie wzrasta temperatura zapłonu COM [7], co komplikuje problem zapłonu i stabilnego spalania.

Zależność temperatury zapłonu t_z , temperatury palenia t_p oraz temperatury samozapalenia t_{sz} w zależności od udziału procentowego pyłu węglowego g przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3 Wpływ udziału pyłu węglowego na zdolność do zapłonu COM

Fig. 3 Influence of the gram fraction of coal dust on the ignition ability of COM

Z powyższego widać, że udział pyłu węglowego nie może przekraczać 50 %, choć wydaje się, że możliwe będzie w przyszłości zwiększenie udziału pyłu węglowego w COM ponad 50 %.

5. Zagrożenie popiołu

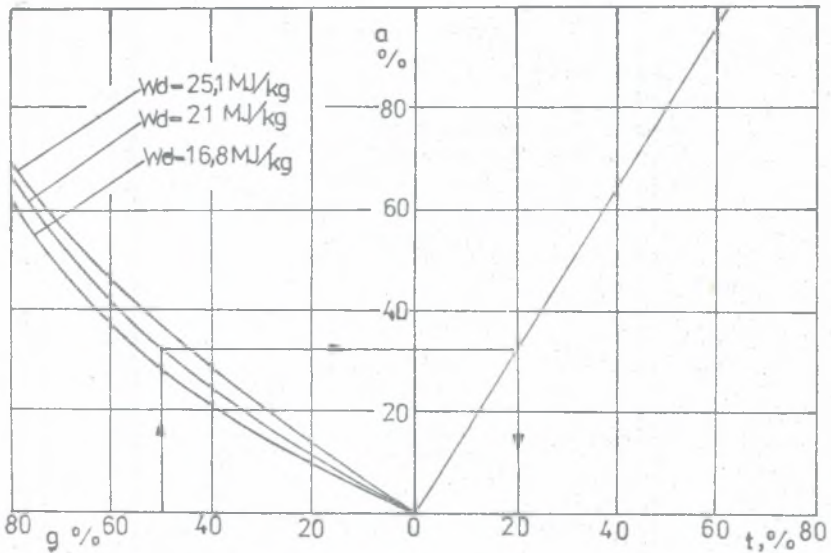
Analizując możliwość stosowania COM w kotłach olejowych należy mieć na uwadze :

- konieczność odpylania spalin ,
- erozję powierzchni grzewalnych ,
- osiadanie popiołu ,
- odprowadzenie żużla .

Rozwiązanie powyższych problemów podraża i komplikuje koncepcję zastosowania COM w kotłach olejowych.

6. Oszacowanie efektów ekonomicznych

Na rysunku nr 4 pokazano możliwe do osiągnięcia zmniejszenie zużycia oleju przy zastąpieniu go przez COM oraz uzyskane tym sposobem efekty finansowe.



Rys. 4 Zależność oszczędności mazutu a oraz efektu finansowego t od udziału masowego pyłu g oraz kaloryczności węgla

Fig. 4 Dependence of mazout economy a and financial effect t on the gram fraction of coal dust g and coal calorific value

Wielkości te określono z następujących zależności :

Oszczędność względna oleju, %

$$a = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100$$

gdzie : M_1 - dotychczasowe zużycie mazutu, t/rok ; M_2 - zużycie mazutu do sporządzania COM , t/rok .

Efekt finansowy względny, %

$$t = \frac{M_1 C_m - (M_2 C_m + W C_w)}{M_1 C_m} \cdot 100$$

gdzie : W - zużycie węgla do sporządzania COM , t/rok ,
 C_m - cena mazutu, zł/t , C_w - cena węgla, zł/t .

Przy obliczaniu efektu finansowego t przyjęto, że energia chemiczna doprowadzana w COM jest taka sama jak przy zasilaniu samym olejem. Efekty finansowe uzyskano na podstawie cen mazutu i węgla z roku 1984 nie uwzględniając kosztów budowy instalacji i jej eksploatacji, w tym różnej sprawności procesów spalania oleju i COM. Uwzględnienie tego jest możliwe i konieczne dla konkretnego obiektu.

7. Zakończenie

W oparciu o istniejące rozeznanie można stwierdzić, że zastosowanie COM w energetyce krajowej z technicznego punktu widzenia, po rozwiązaniu pewnych problemów, jest możliwe. Problemy praktycznie nie rozwiązane, to głównie odporność pomp na erozję oraz stabilizacja składu COM.

Pamiętać trzeba, że obok korzyści w postaci oszczędności mazutu musimy liczyć się z trudnościami eksploatacyjnymi. Należy założyć, że eksploatacja instalacji na COM będzie kosztowniejsza, a awaryjność jej wyższa niż instalacji mazutowej. W obecnych warunkach zastosowanie COM w energetyce krajowej może być brane pod uwagę po wcześniejszym wykorzystaniu wszystkich innych możliwości oszczędzania mazutu na rozpalanie i stabilizację spalania w kotłach (poprawa technologii uruchamiania, modernizacja palników, obniżanie minimum technicznego komór ja-

leniskowych kotłów) .

Wykorzystanie CO₂ w innych gałęziach gospodarki (hutnictwo, przemysł cementowy, wapienniczy) wydaje się bardziej uzasadnione.

LITERATURA

- [1] Rudzki E.M., Pease B.K., Weidner T.H. : Use of coal-in-oil mixtures to improve open-hearth furnace performance. Journal of the Institute of Fuel, XXXVIII (1963), April, p.154 - 165
- [2] 2nd International Symposium on Coal-Oil Mixture Combustion, November 27 - 29, 1979, Massachusetts
- [3] Fourth International Symposium on Coal Slurry Combustion, May 10 - 12, 1982, Orland, Florida
- [4] Petela R., Wilk R., Zajdel A., Sikora J., Błaszczuk J. : Utilization Problems of Coal-oil Mixtures. Xth International Conference on Industrial Energetics. Budapest, 1981, October 19 - 24
- [5] Sprawozdanie z przebiegu prób i badań na stanowisku doświadczalnym w Elektrowni Halemba. Cz. I. ZPEE Energo Pomiar. Praca niepublikowana. Gliwice, 1983
- [6] Błaszczuk J. : Badania lepkości paliw olejowo-pyłowych. Praca doktorska, Gliwice, 1982
- [7] Wilk R. : Badania temperatury zapłonu mieszanin ciężkich olejów palnych z pyłem węglowym. XII Zjazd Termodynamików, Kraków - Rybnik, wrzesień, 1984

ИССЛЕДОВАНИЯ НАД ПРИМЕНЕНИЕМ МАСЛЯНО-ПЫЛЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ РАСТОПКИ КОТЛА ОР-215

Р е з ю м е

Сжигание твёрдожидких топлив это один из способов уменьшения расхода жидких топлив. Потому предпринято исследования и испытания над применением этого топлива для растопки энергетических котлов. Испытания эти предшествовались лабораторными исследованиями в экспериментальных камерах сгорания, Производительностью 50 кг/ч масляно-пылевой смеси. Проведено тоже измерения температуры воспламенения, температуры горения, а также температуры самовоспламенения для угольной пыли из энергетического угля с гарным маслом № 2 и 3. Установлено, что при участии пыли превышающей 50% выше поданных температур, чётко возрастают. Сходные зависимости проявляют вязкость смеси. Затем рассматриваются эксплуатационные вопросы связанные с применением твёрдожидкого топлива для отопления котлов, таких как составление, складирование, транспорт, сжигание и золоудаление. Для нужд растопки и стабилизации пламени котла ОР-215 разработана конструкция горелки основанной на принципе низконапорной горелки с паровым распылением, производительностью 1000 кг/ч. Проведённые производственные испытания доказали возможность применения для растопки котла смеси с со-

держанием пыли до 40%. Проведено тоже упрощенный анализ экономической рентабельности применения твердого топлива.

THE INVESTIGATION FOR THE APPLICATION OF THE COAL-OIL MIXTURE TO FIRE UP THE BOILER OP-215

S u m m a r y

Combustion of coal-oil mixture is one of the way of the saving of the liquid fuel. The investigations and tests of the combustion were carried out with the purpose of the verification this fuel to fire up a boiler and flame dust stabilization. In the beginning the semi-laboratory investigations were carried out by burning mixture with capacity 50 kg/h in an experimental ceramic chamber. The test of the ignition temperature, self-ignition and flash-point were carried out also. It was ascertained that these temperatures grow clearly for dust gram fraction more than 50%. The viscosity of mixture shows similar dependences.

The exploitation problems resulted from application the coal-oil mixture for burning of boiler for example: preparing, storage, transport and combustion were discussed then. The new construction of the burner atomizing the mixture by superheated steam was made. The capacity of this burner was about 1000 kg/h and the tests of this one for fire up a boiler were successful for 40% dust gram fraction of coal.

The simplified economical analysis was carried out also.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1986 r.