

# Możliwości i konsekwencje zastosowania zawiesiny węglowo-wodnej jako paliwa alternatywnego do zasilania silników Diesla

Józef Borkowski, Wiesław Szada-Borzyszkowski

## Streszczenie

W artykule omówione zostały zagadnienia spalania paliw w silnikach samochodowych a w szczególności w silnikach Diesla. Zwrócono również uwagę na zagrożenia dla środowiska naturalnego wynikające ze spalania paliw w silnikach samochodowych. Omówiono czynniki jakie powinno spełniać paliwo alternatywne stosowane do zasilania silników. Przedstawiono rodzaje paliw alternatywnych stosowanych obecnie do zasilania współczesnych samochodów. Szczególną uwagę poświęcono możliwościom zastosowania zawiesiny węglowo-wodnej jako paliwa alternatywnego do zasilania silników Diesla. Jednak stosowanie takiego paliwa węglowo-wodnego narzuca konieczność dokonania niezbędnych modyfikacji konstrukcyjnych silnika oraz jego osprzętu. Scharakteryzowano właściwości takiej zawiesiny (wielkość ziaren węgla, lepkość i stabilność) oraz korzyści jakie mogą wynikać z zastosowania nowego rodzaju quasi-płynnego paliwa alternatywnego.

**Słowa kluczowe:** spalanie paliw, paliwa alternatywne, paliwo węglowo-wodne, silnik Diesla, emisja szkodliwych substancji.

## Wstęp

Obecnie podstawowym źródłem energii wykorzystywanym do napędu samochodów są paliwa wytwarzane z ropy naftowej, czyli olej napędowy oraz benzyna. Zależnie od źródeł przyszłościowych prognoz, paliwa te zostaną zastąpione innymi. Według prognoz maksymalne zapotrzebowanie na ropę naftową, będącą najpopularniejszym paliwem, wystąpi za około 10-15 lat. Wówczas też pojazdy samochodowe mają osiągać minimum zużycia paliwa, czego wyraźne postępy są zauważalne już obecnie.

Niezależnie od takich osiągnięć, ograniczone zasoby surowców oraz szkodliwość spalin dla środowiska, spowodowały konieczność poszukiwania paliw alternatywnych. Ponadto od początków motoryzacji poszukiwane są nowe rozwiązania konstrukcyjne silnika spalinowego napędzanego benzyną lub olejem napędowym.

W niniejszym artykule przedstawiono możliwości i skutki zastosowania zawiesiny węglowo-wodnej jako potencjalnego paliwa alternatywnego do zasilania silników Diesla.

## 1. Spalanie paliw a ochrona środowiska

Źródłem wszystkich przemian wszechświata jest energia. Wielkość jej zużycia w okresie rozwoju ludzkości, decydująca o intensywności produkcji, była traktowana jako wyróżnik poziomu cywilizacji. Dlatego w ostatnim czasie zaczęto przywiązywać coraz większe znaczenie do oddziaływania człowieka na środowisko naturalne.

Motoryzacja, a w szczególności spalanie paliw i emisja szkodliwych substancji do atmosfery, stała się jedną z podstawowych sfer działalności ludzi, która utożsamiana jest wręcz

z degradacją środowiska [4]. Obecnie około 90% energii wytwarzanej na świecie pochodzi z procesów spalania [6]. Jest to więc zjawisko, z którego skutkami spotykamy się na każdym kroku. Spalanie wykorzystywane jest w ogrzewaniu gospodarstw domowych, zasilaniu samochodów, statków i samolotów a nawet pojazdów kosmicznych. Nie można jednak zapominać, że spalanie paliw jest nie tylko źródłem energii, ale również przyczyną emisji do atmosfery szkodliwych tlenków azotu, siarki, tlenku węgla i cząstek stałych [7].

Przez długi czas spalanie było procesem nieefektywnym. Dopiero w XVII wieku po wynalezieniu maszyny parowej a następnie silnika cieplnego, proces spalania paliw zaczął wywierać znaczący wpływ na przemianę funkcjonowania ludzkości. Pojawienie się silnika spalinowego stało się w krótkim czasie niezastąpionym środkiem napędowym dla samochodów. Dla silników zasilanych olejem napędowym jednym z najistotniejszych czynników wpływających na emisję związków toksycznych, jest zawartość siarki. Podczas spalania paliw zawierających związki siarki, powstają ich tlenki, niekorzystnie wpływające na środowisko. Także kontakt tlenków siarki z olejem silnikowym degraduje jego właściwości [7], powodując radykalne zmniejszenie trwałości silnika spalinowego.

Intensywny wzrost świadomości ekologicznej znacząco wpływa także na rozwój konstrukcji silników spalinowych. Przewiduje się jednak, że mimo wielu zastrzeżeń tłokowy silnik spalinowy w najbliższym czasie nadal będzie podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych [8].

Obawy o stan środowiska naturalnego, perspektywy wyczerpania się zapasów ropy naftowej oraz stan rachunku ekonomicznego, znacznie zwiększyły zainteresowanie innymi źródłami energii przydatnej do zasilania pojazdów samochodowych.

Paliwa alternatywne do zasilania tłokowych silników spaliny-  
wych mogą być wykorzystane pod warunkiem uwzględnienia  
wielu czynników, z których najważniejsze to:

- niskie koszty pozyskiwania paliwa,
- spalanie zapewniające odpowiednią gęstość energetyczną,
- wpływ paliwa oraz produktów jego spalania na środowisko,
- bezpieczeństwo podczas transportu i magazynowania,
- odpowiednie parametry jakościowe współczesnych silników,
- oddziaływanie na elementy wewnętrzne silnika.

Obecnie w grupie paliw zastępczych spore zastosowanie  
mają mieszaniny paliwa tradycyjnego i biokomponentów. Paliwo  
to może być wykorzystane zarówno w silnikach o zapłonie  
iskrowym, jak i samoczynnym [9].

Ciągły rozwój motoryzacji powoduje zwiększone zużycie pa-  
liwa używanego do zasilania samochodów. Wzrost cen ropy  
i gazu prowokuje do poszukiwania alternatywnych źródeł energii,  
które zastąpią drogie paliwo tańszym, zmniejszając tym samym  
sumę kosztów jego produkcji. W tym kontekście staje się istotne  
zwiększenie wykorzystania czystych technologii węglowych.  
Jedną z takich technologii jest wytwarzanie quasi-płynnej za-  
wiesiny węglowo-wodnej, która może być spalana w sposób  
podobny jak inne paliwa płynne [5]. Analiza wykorzystania  
takiego paliwa [3] wykazała możliwość jego użycia do zasilania  
silników Diesla, które są stosowane niemal powszechnie.

## 2. Emisja cząstek stałych przez silniki Diesla

Silniki Diesla a w szczególności stacjonarne silniki spalino-  
we do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej stosowane są  
również w energetyce. Znalazły one zastosowanie szczególnie  
w małej energetyce ciepłej do zasilania osiedli mieszkani-  
owych czy zakładów produkcyjnych. Modernizując stare rozwią-  
zania, obok wcześniej stosowanych kotłów gazowych lub olejo-  
wych stosuje się agregaty prądowców napędzane stacjonar-  
nymi silnikami Diesla zasilanymi najczęściej gazem lub olejem  
opalowym. Takie silniki spalinowe są instalowane na podstawie  
analizy opłacalności danego rozwiązania, zwłaszcza w przy-  
padku wytwarzania energii cieplnej mniejszych mocy.

Jednak silniki te są również źródłem emisji cząstek stałych  
emitowanych do atmosfery podczas spalania paliwa. Emisja  
tych cząstek stanowi krytyczną barierę wymogów dla silników  
spalinowych. Szkodliwe oddziaływanie cząstek stałych na orga-  
nizm człowieka oraz środowisko naturalne wynika z małych  
wymiarów cząstek, które długo utrzymują się w atmosferze i są  
łatwo wchłaniane przez organizm człowieka. Tym samym przy-  
czyniają się do wnikięcia do organizmu metali ciężkich, różno-  
rakich węglowodorów, związków siarki i azotu [8].

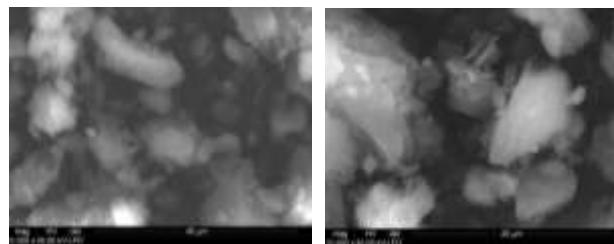
Rosnące wymogi odnośnie czystości spalin zmuszają pro-  
ducentów paliw do wprowadzania modyfikacji ich własności  
oraz składu, tak aby uzyskać z ich spalania maksimum energii  
przy minimalnej emisji szkodliwych substancji.

Jednym z proponowanych rozwiązań może być wykorzysta-  
nie zawiesiny węglowo-wodnej jako paliwa do zasilania silników  
wysokoprężnych. Paliwo takie może zasilać zarówno kotły  
energetyczne, jak i silniki spalinowe wykorzystywane w energe-  
tyce ciepłej.

## 3. Własności suspensji węglowo-wodnej jako paliwa do silników wysokoprężnych

Zawiesina węglowo-wodna stanowi mieszaninę składającą się  
z ok. 45÷55% drobno zmielonych cząstek węgla, około 1÷2%  
dodatków stabilizujących, natomiast resztę stanowi woda. Paliwo  
takie może być wykorzystane do zasilania dużych stacjonarnych  
silników wysokoprężnych. Cechy fizyczne zawiesiny powinny  
jednak umożliwiać sprawną pracę urządzeń (tj. pompy pompującej

paliwo oraz wtryskiwaczy podobnych do stosowanych w silnikach  
Diesla). Węgiel użyty do takiego rodzaju paliwa powinien charakte-  
ryzować się brakiem zanieczyszczeń, niską zawartością popiołu  
oraz wysoką zawartością części lotnych. Ponadto zawiesina po-  
winna być stabilna i jednorodna. Również wielkość oraz kształt  
cząstek węgla jest istotna gdyż wpływa na własności fizyczne  
i reologiczne paliwa. Na rysunku 1 przedstawiono obrazy uzyska-  
ne z elektronowego mikroskopu skaningowego FEI Quanta 200  
Mark II, przedstawiające typowe wielkości cząstek węgla oraz  
bardzo wysoki stopień rozwinięcia ich powierzchni.

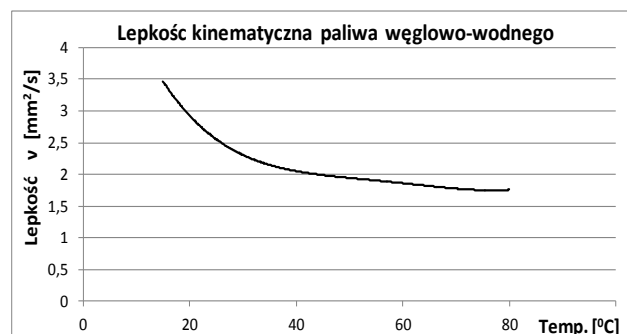


**Rys. 1.** Obrazy SEM wielkości cząstek węgla w paliwie węglowo-wodnym po mikronizacji w młynie hydrostrumieniowym przy ciśnieniu  $p=250\text{MPa}$  oraz homogenizacji aparatem RIA 150 przez ok. 20min; 55% węgla, 45% wody (bez dodatków stabilizujących); a) powiększenie 5000x; b) powiększenie 10000x

Mniejsze cząsteczki węgla zapewniają korzystniejsze rozpyla-  
nie i spalanie mieszanki paliwowej. Z kolei odpowiednie rozwinię-  
cie powierzchni cząstek węgla, intensyfikuje ich spalanie ale też  
powoduje większą skłonność do łączenia się z wodą. Zapewnienie  
wyżej wymienionych cech, a w szczególności wielkości ziaren  
węgla nie jest łatwe. Jednak ciągły rozwój technologii rozdrabnia-  
nia materiałów pozwala na uzyskanie wielkości cząstek węgla  
nawet kilku mikrometrów. Ciekawym rozwiązaniem produkcji tego  
paliwa jest zastosowanie młyna hydrostrumieniowego [2]. Zasto-  
sowanie odpowiednich młynów do wytwarzania nanoproszków  
pozwalają uzyskać rozdrobnienie cząstek nawet poniżej 1  $\mu\text{m}$ .

Odpowiednio przygotowana mieszanina powinna charakte-  
ryzować się określonymi własnościami fizycznymi, z których podsta-  
wowymi są: lepkość, gęstość oraz stabilność.

Lepkość paliwa węglowo-wodnego, która zależy głównie od  
rozmiarów cząstek i procentowej zawartości węgla, wpływa  
również na proces transportu oraz właściwego rozpylania takiej  
mieszanki. Wyniki pomiaru lepkości przeprowadzonej przy  
użyciu lepkościomierza Englera, wykazały spadek lepkości tej  
zawiesiny w miarę wzrostu początkowej temperatury (rysunek 2)  
oraz jej stabilizację powyżej temperatury 60÷80°C.



**Rys. 2.** Zmiana lepkości od temperatury paliwa węglowo-wodnego zawierającego 55% węgla i 45% wody (bez dodatków stabilizujących)

Oprócz zmniejszania się lepkości tego paliwa ze wzrostem jego początkowej temperatury, stwierdzono że wzrost zawartości węgla powoduje zwiększenie jego lepkości [1]. Ogólnie zatem, dla zapewnienia skutecznego transportowania i efektywnego rozpylania takiego paliwa węglowo-wodnego w procesie jego spalania, powinno się ono charakteryzować nieco niższą lepkością kinematyczną niż oleje opalowe i mieścić się w granicach  $1,2 \div 2,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Ponadto dla łatwiejszego rozpylenia mieszanki takiego paliwa, należy przed spalaniem podgrzać je właśnie do temperatury około  $80^\circ\text{C}$ , by osiągnąć minimalne wartości jego lepkości.

Gęstość paliwa węglowo-wodnego, tworzącego mieszaninę dwufazową, w której fazą rozproszoną jest zmikronizowany węgiel a fazą ciągłą jest woda, w sposób istotny wpływa na proces przygotowania tego paliwa do rozpylania i jego spalania. Dla większości cieczy, jak również i dla quasi-płynnego paliwa węglowo-wodnego gęstość maleje wraz ze wzrostem temperatury. Pomierzona gęstość paliwa węglowo-wodnego w zależności od udziału poszczególnych jego składników (węgla i wody) oraz średniej wielkości ziaren węgla, waha się w granicach  $1100 \div 1200 \text{ kg/m}^3$ .

Stabilność takiej mieszaniny paliwowej jest praktycznie nieograniczona dzięki okresowemu włączaniu pompy do jej recyrkulacji w zbiorniku a ponadto może być ona podwyższana poprzez zastosowanie odpowiednich dodatków stabilizacyjnych.

## 4. Spalanie paliwa węglowo-wodnego

Proponowane paliwo węglowo-wodne w warunkach otoczenia praktycznie jest niepalne, co stanowi wielką zaletę w porównaniu z innymi paliwami ciekłymi. Zapłon tej zawiesiny może nastąpić wyłącznie po dostarczeniu dużej ilości ciepła dla odparowania wody i odgazowania cząstek węgla, a to jest możliwe tylko w komorze spalania silnika lub kotła energetycznego. Zmniejsza to znacznie ryzyko niekontrolowanego procesu spalania tego rodzaju paliwa.

Proces spalania paliwa węglowo-wodnego stwarza szereg możliwości spełnienia współczesnych wymagań w zakresie ochrony środowiska. Niesie to za sobą konieczność dokładnego przygotowania paliwa, a związane z tym dodatkowe kłopoty mogą wydawać się niepotrzebnym obciążeniem. Należy jednak zauważyć, że jest to sposób na wykorzystanie najtańszego paliwa, które przechodzi wstępnie oczyszczenie w procesie jego wytwarzania. Stąd też wynika czystość jego spalin, gdyż przeważająca część substancji mineralnych (ponad 90%) zostaje oddzielona jeszcze przed spalaniem w procesie prawidłowego przygotowania paliwa. Unika się, w ten sposób rozpraszania produktów spalania, co z kolei pozwala stosować znacznie tańsze urządzenia odpylające i odsiarczające. Warto przy tym również zauważyć, że zainwestowanie w urządzenia do oczyszczania wodnej zawiesiny zmikronizowanego węgla, podczas przygotowywania takiego paliwa, pozwala uniknąć operacji odsiarczania jego spalin i upraszcza budowę urządzeń służących do odpylania wielu dziesiątków silników w spalinowych lub kotłach opalanych takim paliwem.

Realizując spalanie paliw ciekłych, a takim jest paliwo węglowo-wodne, należy zwrócić uwagę na poszczególne fazy odparowania, a następnie spalania par. Szybkość parowania rozpylonej cieczy takiego paliwa zależy przede wszystkim od strumienia doprowadzonego ciepła, który wpływa na zapłon oraz spalanie mieszanki. Aby mógł być zainicjowany proces spalania paliwa węglowo-wodnego niezbędne jest uzyskanie odpowiedniej temperatury wewnątrz komory spalania oraz odpowiednie odparowanie znajdującej się w nim wody. Temperatura niezbędna do zapłonu tego paliwa zależy od rodzaju i składu użytej mieszaniny, konstrukcji komory spalania i technologii procesu spalania, mieści się w granicach  $450 \div 650^\circ\text{C}$ .

## 5. Instalacje zasilania silników paliwem węglowo-wodnym

Pierwsze nieudane próby spalania węgla w postaci pyłu zapoczątkował jeszcze w XIX wieku Rudolf Christian Carl Diesel. Kolejne próby zasilania silników Diesla sproszkowanym węglem, które również zakończyły się niepowodzeniem, prowadzono w Niemczech na przełomie lat 30-tych i 40-tych XX wieku. Przełom nastąpił dopiero w latach 60-tych w Związku Radzieckim, gdzie były robione doświadczenia ze spalaniem wodnej zawiesiny węgla. Podczas tych laboratoryjnych eksperymentów zdjęto podstawowe charakterystyki termodynamiczne zastosowanych silników Diesla o mocy 7,5 i 75 kW. Podobne badania były prowadzone po wojnie również w Niemczech. Jednak najbardziej zaawansowane badania przeprowadzono w Stanach Zjednoczonych po 1985 r. Badania te trwały kilka lat i zaowocowały wybudowaniem w latach 1993 - 94 instalacji pilotowej składającej się z dwu dużych silników 20-cylindrowych o mocy 6,3 MW każdy oraz małej turbiny parowej o mocy 1,4 MW. Każde kolejne próby spalania paliwa węglowo-wodnego przyczyniały się do wprowadzania różnych zmian konstrukcyjnych osprzętu zasilającego takie silniki Diesla, co umożliwiało efektywniejsze stosowanie takiego paliwa.

Takie zmiany konstrukcyjne wynikają głównie z faktu, że wodna zawiesina węgla jest paliwem o dwukrotnie niższej wartości opalowej niż olej napędowy. Wiąże się z tym konieczność zwiększenia wydajności całego układu zasilania paliwem. Konieczna więc stała się zmiana konstrukcji pompy wtryskowej, zmiana rozrządu w układzie paliwowym (inne czasy napełniania, ilość wtryskiwanego paliwa, ciśnienie w hydraulicznym układzie napędowym), zwiększenie przekrojów przewodów paliwowych, zmiana wtryskiwaczy i komory wstępnego spalania itd.

Kolejne zmiany konstrukcyjne wynikają z tego, że stosowanie takiego paliwa powoduje znacznie większe ścieranie przez zawarte w nim cząstki węgla, niż to ma miejsce w przypadku paliw płynnych. Stosowane dotychczas materiały, użyte w niektórych niewrażliwych miejscach układu paliwowego silnika, zostałyby bardzo szybko wytarte. Należy więc zmienić materiał dysz wtryskiwaczy, materiał pokrywający górne pierścienie tłokowe, materiały komór wstępnego spalania, a także zaworów wlotowych silnika. Ponadto hydraulicznie precyzyjne pompy wtryskowe wymagają oddzielenia ich od zawiesiny węglowo-wodnej poprzez odpowiednie hydrauliczne układy separujące. Rozwiązanie to umożliwi precyzyjne sterowanie ilością wtryskiwanego paliwa, nie narażając pomp wtryskowych na przedwczesne zużycie.

Następne zmiany dotyczą zabezpieczenia elementów silnika przed erozją wywołaną obecnością wody w paliwie oraz zwiększonej ilości popiołu w spalinach. Pomimo bardzo starannego przygotowania węgla, z którego wytwarza się takie paliwo, zawartość popiołu w spalinach i tak jest około 100 razy większa niż przy spalaniu ciężkiego oleju napędowego lub około 300 razy większa niż w przypadku lekkiego oleju napędowego. Zmiany konstrukcyjne w tym przypadku polegają na utwardzeniu zaworów wydechowych, zainstalowaniu dodatkowych odpylaczy cyklonowych w kanale spalin przed turboladówką i pokryciu trudnościeralną powłoką łopatek turbiny w turboladówce.

Ponadto na wylocie z silnika należy dodatkowo zainstalować elektrowyłaznik dla zmniejszenia emisji pyłu, a także urządzenia do odsiarczania i do neutralizacji tlenków azotu, zawartych w spalinach.

Z przeglądu badań zaprezentowanych w literaturze tematu można stwierdzić jednoznacznie, że:

- w silnikach właściwie przygotowanych do zasilania paliwem węglowo-wodnym proces spalania może odbywać się w sposób całkowicie poprawny a uzyskana moc znamionowa jest porównywalna jak dla silników zasilanych paliwami ciekłymi,
- osiągnięty poziom emisji poszczególnych składników spalin jest niższy (korzystniejszy) od poziomu wymaganego przez normy,

- mimo poczynionych modyfikacji, intensywność zużycia się niektórych elementów układu paliwowego, a także zaworów silnika, jest większa niż podczas pracy silnika używającego oleju napędowego [10].

Wyniki dotyczące zużycia różnych elementów można jednak poprawiać wraz z rozwijającą się techniką stosując materiały coraz bardziej odporne na ścieranie. W świecie motoryzacji ciągle kontynuowane są badania mierzące do ograniczenia zużycia niektórych elementów silnika. Badania te dotyczą głównie odporności na zużycie wymiennych wkładek do wtryskiwaczy z bardzo twardych materiałów ceramicznych i szafirów technicznych, a ponadto przewidywane jest badanie nowych, odporniejszych na ścieranie powłok na zworach wydechowych silnika.

### Wnioski

Kryzys energetyczny oraz rosnące zapotrzebowanie na paliwa w ostatnich latach przyczyniły się do poszukiwania nowych paliw, które zastąpią kończące się zasoby ropy naftowej. Celem tych działań jest między innymi znalezienie paliw alternatywnych wobec ropy naftowej, których cena i zasoby pozwoliłyby uniezależnić się od państw dyktujących ceny paliw ciekłych. Najbardziej interesujące z punktu widzenia krajów zasobnych w węgiel są działania w zakresie wykorzystania paliwa węglowo-wodnego jako zamiennika wobec oleju do silników Diesla.

Obecnie odczuwalny wzrost cen ropy naftowej na światowym rynku, perspektywy ograniczenia jej wydobycia i dalszy wzrost jej cen, daje szansę na wykorzystanie węgla jako paliwa do zasilania silników spalinowych. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że w wielu krajach (Chiny, Rosja, Niemcy) obserwuje się tendencje powrotu do węgla jako paliwa podstawowego dla energetyki.

Rozwiązania konstrukcyjne silników Diesla pod względem wytrzymałości i trwałości, umożliwiają zastosowanie zawiesiny węglowo-wodnej do ich zasilania. Odporność na zużycie jedynie, niektórych elementów silników zasilanych takim paliwem może nie dorównywać odporności na zużycie analogicznych części silników pracujących na oleju ciężkim. Są to jednak drobne elementy układu paliwowego łatwe do wymiany podczas okresowych przeglądów.

Emisja szkodliwych substancji podczas spalania paliwa węglowo-wodnego w silnikach Diesla przemawia za możliwościami

jego stosowania w zastępstwie oleju napędowego, ograniczając jednocześnie kończące się zasoby ropy naftowej.

Kraje posiadające odpowiednie zasoby węgla, a takim krajem jest Polska, mogą zastąpić olej napędowy paliwem węglowo-wodnym. To czy taka możliwość zostanie wykorzystana zależy wyłącznie od nas. Pozostałe zasoby ropy naftowej warto przeznaczyć na bardziej szczytne cele – choćby do produkcji leków.

### Bibliografia

1. Aktras Z., Woodburn E.: *Effect of addition of surface active agent on the viscosity of a high concentration slurry of a low-rank british coal in water*. Fuel Processing Technology, 62 (1), pp. 1-15, 2000.
2. Borkowski J., Borkowski P., Bielecki M.: *Production of ecological fuel from charcoal using high pressure water jet*. Annual Set The Environment Protection, Vol. 15, pp. 65-82, 2013.
3. Borkowski P., Borkowski J.: *High pressure water jet application for coal conversion into new generation fuel*. In book Unconventional and HydroJetting Technologies (ISSN 0239-7129) WU PK, Koszalin, pp. 43-54, 2009.
4. Chłopek Z.: *Ochrona środowiska naturalnego*, WKiŁ, Warszawa, s. 15, 2002.
5. Hycnar J.: *Ciekłe paliwa węglowo-wodne*, Wiadomości Górnicze, nr 2, 2001.
6. Merkisz J., Pielecha I.: *Alternatywne napędy pojazdów*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, s. 17, 2006.
7. Merkisz J.: *Ekologiczne problemy silników spalinowych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, s. 22, 1998.
8. Merkisz J.: *Emisja cząstek stałych przez silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, s. 13, 1997.
9. Uzdowski M.: *Problematyka wykorzystania paliw alternatywnych do zasilania silników trakcyjnych*. Metrol, 10, s. 143-146, 2008.
10. Zimny J.: *Suspensja węglowo-wodna jako paliwo alternatywne do zasilania silników spalinowych*. Wiadomości Górnicze, Tom nr 7-8, s. 308-314, 2001.

## The possibilities and consequences of the use of coal-water slurry as an alternative fuel to power diesel engines

### Abstract

*The paper presents some problems concerning fuel burning in vehicles' engine especially including diesel one. Environmental risk aspects are given as a consequence of burning processes and basing on that one can find a description of factors defining such kind of alternative fuel too. Different kind of such alternative fuels are presented in the paper, especially possibilities of coal-water slurry application for diesel engine are discussed in. One should also have in mind that application of such coal-water fuel forces necessity of engine construction and adequate equipment modification. Characteristics of such slurry (coal grains' size, viscosity and stability) as well as advantages that may occur in consequence of its usage are finally described in.*

**Key words:** combustion of fuels, alternative fuels, coal-water fuel, diesel engine, emission of harmful substances.

### Autorzy:

Prof. dr hab. inż. **Józef Borkowski** – Politechnika Koszalińska

Dr inż. **Wiesław Szada-Borzyszkowski** – Politechnika Koszalińska