

Jerzy KORYCKI^{*}, Czesław KAJDAS^{*,}, Jarosław FRYDRYCH^{*},
Grzegorz SŁOWIŃSKI^{***}, Marcin PISAREK^{****},
Jacek ROGOWSKI^{*****}**

OKREŚLENIE WŁAŚCIWOŚCI SMARNYCH OLEJU NAPEĐOWEGO Z HYDROKRAKINGU W FUNKCJI ZAWARTOŚCI DODATKÓW (CHO) – PODSUMOWANIE – CZ. 4

DETERMINATION OF LUBRICITY PROPERTIES OF HYDROCRACKED DIESEL BASE FUEL AS THE FUNCTION OF THE CONCENTRATION OF CHO ADDITIVES – PART IV

Słowa kluczowe:

hydrokraking, biopaliwa, keton, tarcie, zużycie, deformacja ciał stałych, polimery tarcia, AFM, mikroskop sił atomowych

* Instytut Paliw i Energii Odnawialnej, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa; jkorycki@ipieo.pl.

** Politechnika Warszawska, Szkoła Nauk Technicznych i Społecznych, Instytut Chemii w Płocku, ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock; ckajdas@pw.plock.pl.

*** Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, ul. Wołoska 55, 02-301 Warszawa.

**** Instytut Chemii Fizycznej PAN, ul. Kasprzaka 55, 00-301 Warszawa.

***** Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, ul. 55, 00-301 Warszawa.

Key-words:

hydrocracked diesel fuel, biofuels, ketone, friction, wear, deformation of solids, friction polymer, AFM, atomic force microscopy

Streszczenie

Część 1 badanego obszaru tematycznego zawiera wyniki badań wstępnych – metodycznych. Cz. 2 ogólnie opisuje podstawowy obszar tematyczny: wyniki badań właściwości smarnych dodatków estrowych CHO (węgiel, wodór, tlen): butynianu metylu i dekanianu metylu w komponentach oleju napędowego z hydrokrakingu o zawartości siarki poniżej 5 ppm. Badania te wykonano dla próbek strumieni surowcowych i cieczy wzorcowej – n-heksadekan – w funkcji stężenia dodatków. Badania AFM z rozdzielczością poniżej 1nm pozwoliły na ocenę topologii powierzchni po procesie tarcia oraz określenie zakresu zmienności grubości tworzonej warstwy polimerów tarcia. Część 3 opracowania zawiera wyniki badań słabo poznanej grupy dodatków (CHO) ketonów. Pracę wykonano wg programu badań estrów, co pozwala na łatwe porównanie wyników badań. Oceniono też wpływ długości łańcucha ketonu na smarność.

Niniejsze opracowanie skupia się na relacji oceny stanu powierzchni uzyskanej metodami instrumentalnymi, jak: AFM, Auger, XPS i SIMS wyników badań smarności grupy dodatków (CHO) – estrów i ketonów. Praca również ogólnie podsumowuje uzyskane wyniki badań zakresu tematycznego, wskazuje problemy i zagadnienia badawcze.

WPROWADZENIE

W badaniach AFM z zakresu makrotribologii bada się przeważnie topografię dużych powierzchni celem otrzymania reprezentatywnych wyników. Niniejsze badania, wg projektu J. Koryckiego, skupione są na małych, reprezentatywnych obszarach badań o lepiej ustalonych warunkach zużywania. Badano obszary na granicy makro- i nanotribologii, o rozdzielczości z zakresu nanotribologii. W te badania istotną informację wnoszą pomiary przesunięcia „fazy” drgań tipa względem sygnału generatora drgań. Pozwalają one na ocenę zmian właściwości lepko-sprężystych fazy skondensowanej badanej w ustalonych miejscach obszaru zużycia i poza nim. Badania składu chemicznego wykonano metodami

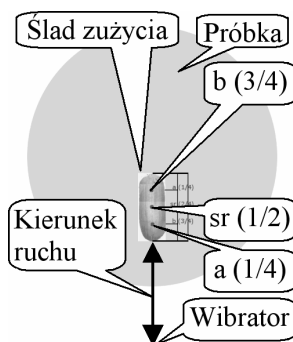
Augera XPS i SIMS w tych samych miejscach pomiaru, co i badania AFM.

Celem opracowania jest prezentacja możliwości wprowadzenia kryterium oceny tworzonej w tarciu granicznym fazy skondensowanej i jej składu chemicznego.

OPIS METOD BADAŃ

Badania zużycia wykonano za pomocą urządzenia HFRR. Jest to jedyna normowana metoda badań smerności paliw w Unii Europejskiej za pomocą urządzenia HFRR. W urządzeniu HFRR występuje sinusoidalny ruch oscylacyjny w zakresie 1 mm kulki o średnicy 6 mm i twardości 800 VPN dociskanej z siłą $\sim 1,9$ N do nieruchomego dysku o twardości 200 VPN, zanurzonego w 2 ml badanej cieczy. Próbki wykonano ze stali ŁH15 (AISI 52100). Obiektem badań AFM były ślady zużycia na próbkach – dyskach w oznaczanych miejscach:

- **a** – $\frac{1}{4}$ długości od górnej krawędzi śladu zużycia,
- **sr** – $\frac{1}{2}$ w połowie śladu zużycia,
- **b** – $\frac{3}{4}$ długości od górnej krawędzi śladu zużycia.



Rys. 1. Próbka i miejsca pomiaru AFM na próbce

Fig 1. Sample and AFM measurement places on the sample

Wybrane miejsca pomiaru, leżące na symetralnej śladu zużycia, istotnie różnią się warunkami pracy. Kulkę ϕ 6 mm, trzymaną w głowicy przesuwa wibrator. W urządzeniu o sinusoidalnym ruchu oscylacyjnym prędkość $v = 2 \cdot A \cdot \pi \cdot f \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$, gdzie $A = 0,5$ mm amplituda przesuwności, $\pi = 3,141\dots$, $f = 50$ Hz częstotliwość zmian napięcia w cewce wibratora, a φ – aktualna wartość fazy napięcia zasilającego cewkę wibratora.

Stąd w miejscu „sr” prędkość poślizgu wynosi 0,16 m/s. W miejscach „a” i „b” mamy do czynienia z bardzo małą prędkością poślizgu. Dla średnic śladów zużycia w kierunku przesuwu $320\pm 700\ \mu\text{m}$ wynosi ona: $0\pm 0,1\pm 0,02\ \text{m/s}$. Miejsca **a** i **b** różnią się też między sobą dynamiką ruchu: relacją sił pchania/rozciągania. Dlatego ta różnica relacji sił pchania/rozciągania może różnić miejsca **a** i **b** dynamiką obciążania kulki do dysku, a przez to i procesy zużywania.

Wobec zależności zużycia od prędkości i obciążenia należy oczekiwać, że i warstwy tworzone na powierzchni wykażą tę zależność. Wybierając 3 punkty pomiarowe o ściśle określonych warunkach badania, przy tej samej pracochłonności badań smarności i obniżonej w badaniach instrumentalnych otrzymano dokładniej zdefiniowany i szerszy wgląd w procesy zachodzące w obrębie węzła w tarciu granicznym.

Badania AFM (*Atomic Force Microscope*) wykonano za pomocą nanoskopu firmy Veeco Multimode V ze sterownikiem NanoScope V, głowicą o zakresie ruchu $10\ \mu\text{m}$ metodą „tapping mode”. W tej metodzie mierzy się także różnicę fazy drgań generatora i tipu, [L. 1, 2], co pozwala na detekcję składu, adhezji, tarcia, lepkości i wielu innych właściwości, [L. 1].

Badania Auger wykonano za pomocą urządzenia Microlab 350. Pierwszą pracę dotyczącą tego zakresu badań opublikowała Lisa Meitner w roku 1923 w pracy [L. 3]. Nazwa metody badań pochodzi od artykułu francuskiego fizyka Pierra Auger, który w roku 1925 prawidłowo zinterpretował zjawisko polegające na tym, że atom po jonizacji zachodzącej przy zderzeniu z kwantem promieniowania rentgenowskiego ulegał następnie samorzutnej powtórnej jonizacji [L. 4]. Proces badawczy zachodzi w wysokiej próżni. Do badań AES używa się impulsowanej, skolimowanej wiązki elektronów, która pada w określone miejsce próbki. Elektrony Auger'a, które emitowane są z powierzchni próbki ($\sim 1\ \text{nm}$) zbierane są do detektora, [L. 5].

Badania XPS (*X-ray Photon Spectroscopy*) znane też jako ESCA (*Electron Spectroscopy for Chemical Analysis*) wykonano za pomocą urządzenia Microlab 350. Pierwsze urządzenie realizujące metodę badawczą XPS wykonał Siegbahn at. al., [L. 6]. Metoda XPS służy do pomiaru składu chemicznego pierwiastków, ich stanów chemicznych i elektronowych. Spektroskopia fotoelektronów (XPS) analizuje elektrony (fotoelektrony) wyemitowane z powierzchni materiału próbki pod wpływem monochromatycznej bądź niemonochromatycznej wiązki

miękkiego promieniowania X (np. Mg K α o energii $h\nu = 1253,6$ eV). Dla urządzenia Microlab 350 rozdzielczość w głąb wynosi ok. 1 nm dla metody AES i około 10 nm dla metody XPS.

Badania ToF-SIMS (*Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry*) wykonano za pomocą spektrometru TOF-SIMS IV produkcji firmy ION-TOF GmbH, Münster, Niemcy. Badania wykonano metodą statyczną – zawartości pierwiastków na powierzchni próbki. Metoda ta pozwala na detekcję na powierzchni wszystkich pierwiastków łącznie z wodorem. W badaniach użyto wiązki jonów pierwotnych Bi $_3^+$ o energii 25 keV. Na skutek zderzenia z molekułami próbki następuje fragmentacja molekuł i ich rozpraszanie. Fragmenty molekuł posiadają ładunek dodatni lub ujemny i z głębokości 10÷20 Å mają zdolność do ucieczki z powierzchni. SIMS jest bardzo czułą metodą, ale trudno jest uzyskać wyniki ilościowe.

WYNIKI BADAŃ

Badania AFM

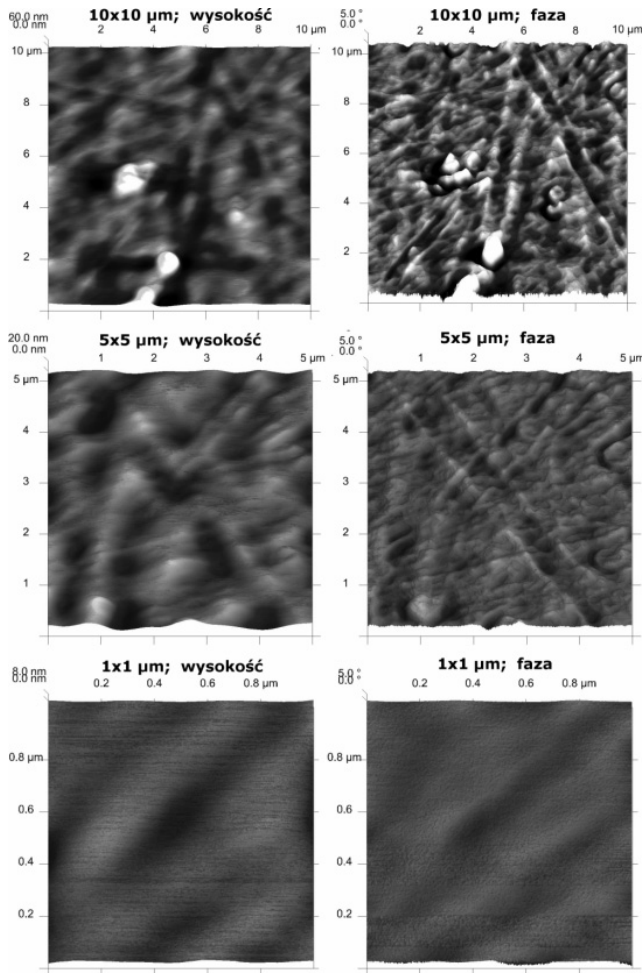
Badania śladów zużycia wykonano głównie w trybie tapping mode. Wyniki badań zawarto w dwu opracowaniach i są do wglądu w Instytucie. Wyniki dwu dalszych serii badawczych są w trakcie opracowania i będą do wglądu w IPIEO.

Niżej przedstawiono przykładowe wyniki badań HFRR. Wybrano próbkę 123 roztworu 3000 ppm butynianu metylu w cieczy modelowej n-heksadekan.

Rysunek 2 i Tabela 1 przedstawiają wyniki badań topografii próbki poza śladem zużycia. Wyniki badań zestawiono w dwie kolumny grafik: wysokości i fazy nierówności powierzchni.

W trybie tapping mode tip wprowadzany jest w drgania harmoniczne. Zmiana fazy, czyli kąta między fazą sygnału wymuszającego drgania, a fazą drgań tipa, wynika z składowej oporów ruchu proporcjonalnej do prędkości ruchu, np. w przypadku tarcia. Przypadek ten również występuje dla cieczy – reologia cieczy i polimerów. Im większa różnica fazy, tym większe są opory ruchu, np. długołańcuchowy polimer.

W wierszach uszeregowano wyniki badań wysokości i fazy w tym samym obszarze pomiaru: 10x10 μm , 5x5 μm i 1x1 μm . Tę formę prezentacji zachowano w kolejnych rysunkach.



Rys. 2. Topografia próbki: wysokość i faza nierówności powierzchni, w zakresie: 10x10 μm , 5x5 μm i 1x1 μm , po badaniach HFRR, poza śladem zużycia

Fig. 2. Sample topography: height and phase of surface asperity, in the range: 10x10 μm , 5x5 μm and 1x1 μm , after test HFRR; measurement places: “a”, “b” and “sr”, outside the wear scar

Wraz ze zwiększaniem rozdzielczości pomiarowej ukazują się nowe szczegóły do 5x5 μm . Dla zakresu pomiaru 1x1 μm grafikę cechują tylko nieznaczne nierówności. W Tabeli 1 przedstawiono również wyniki obliczeń dla fazy analogu chropowatości Rz i Ra. Na uwagę zasługują bardzo niskie wartości tych parametrów oceny średniej wartości fazy – tak jakby oddziaływania lepkie były bardzo małe w obszarze niez użytym.

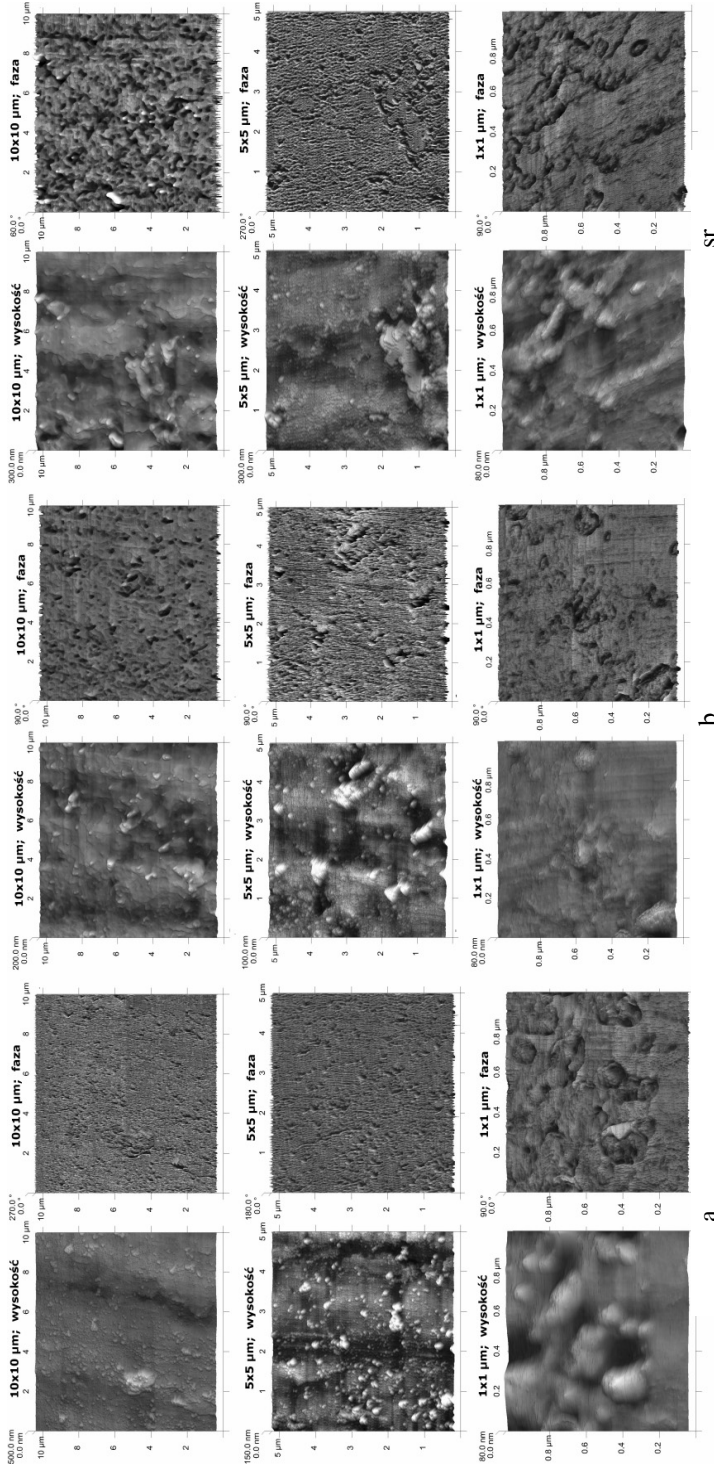
Tabela 1. Wartość chropowatości powierzchni próbki po pomiarze HFRR poza śladem zużycia

Table 1. Surface roughness after HFRR tests outside wear scar

Wielkość	10x10 μm	5x5 μm	1x1 μm
	Wysokość [nm]		
R _z	15,9	7,24	1,42
R _a	3,37	2,17	0,571
	Faza [°]		
R _z	12,6	1,08	0,914
R _a	0,492	0,367	0,221

Przedstawione na **Rys. 2** wyniki badań są w pewnym sensie oceną warunków stanu początkowego warstwy tarcia. Wbrew pozorom jednak jest to bardzo skomplikowane zagadnienie. W historii tribologii podejmowano je parokrotnie bez większych efektów. Przy ewentualnej analizie zjawisk stanu początkowego warstwy wierzchniej należy brać m.in. pod uwagę procesy składające się na technologię wykonywania próbek, metodę ich konserwacji i przygotowania do badań, ..., metodę mycia naczynia pomiarowego. Uwagi te nie tworzą nawet zarysu zagadnienia.

Rysunek 3a przedstawia wyniki pomiarów AFM wysokości i fazy w miejscu pomiaru „a” w obszarze śladu zużycia. Zużycie powoduje tarcie kulki $\varnothing 6$ mm poruszającej się wzdłuż linii prostopadłej do krawędzi dolnej rysunku – osi X rysunku. Przesuwanie wymusza wibrator elektromagnetyczny. Kulka dociskana jest stałą siłą do dysku, na którym tworzy się ślad zużycia. Ten ślad zużycia jest badany metodą AFM. Niekiedy, na skutek niestabilności układu wymuszającego ruch kulki, powstają oscylacje widoczne na **Rys. 3a**. Wybrany przykład próbki 123, smarowanej 2 ml roztworu 3000 ppm butynianu metylu w n-heksadecanie, ukazuje efekt oscylacji, szczególnie zauważalny dla zakresu pomiaru 10x10 μm – kierunek ruchu kulki – ślad zużycia jest pochylony do osi X pod kątem $\sim 70^\circ$ zamiast 90° . Oscylacje te są właściwością tego typu urządzeń i duży wpływ na nie ma rodzaj środka smarnego zastosowanego do badań. Dla tego typu urządzeń występowanie oscylacji jest nienormowaną cechą oleju.



Rys. 3. Topografia próbki: wysokość i faza nierówności powierzchni, w zakresie: 10x10 μm , 5x5 μm i 1x1 μm , po badaniach HFRR, miejsce pomiaru „a”, „b” i „sr”.

Fig. 3. Sample topography: height and phase of surface asperity, in the range: 10x10 μm , 5x5 μm and 1x1 μm , after test HFRR; measurement places: “a”, “b” and “sr”.

Tabela 2. Wartość chropowatości powierzchni próbkipo pomiarze HFRR śladu zużycia

Table 2. Roughness of wear scar surface after HFRR tests

Wielkość	10x10 μ m	5x5 μ m	1x1 μ m
Wysokość: miejsce pomiaru „a”			
	[nm]		
R _Z	30,2	118	4,44
R _a	17,3	8,86	8,98
Faza: miejsce pomiaru „a”			
	[°]		
R _Z	45,2°	81,8°	13,9°
R _a	5,26°	22,6°	5,87°
Wysokość: miejsce pomiaru „b”			
	[nm]		
R _Z	49,0	6,99	5,31
R _a	12,5	9,86	3,42
Faza: miejsce pomiaru „b”			
	[°]		
R _Z	49,2°	58,9°	13,5°
R _a	4,65°	16,8°	5,90°
Wysokość: miejsce pomiaru „sr”			
	[nm]		
R _Z	41,5	10,8	3,23
R _a	15,4	12,3	4,42
Faza: miejsce pomiaru „sr”			
	[°]		
R _Z	48,5°	61,7°	17,5°
R _a	5,20°	24,1°	5,79°

Kulka poruszając się ruchem suwliwym w badanej cieczy zanurzona jest w niej ok. 0,5 mm. Kulka trzymana jest w uchwycie i ciągniona jest za pomocą względnie długiej rurki. W przypadku lokalnej zmiany współczynnika tarcia, np. na skutek mikronierówności, nastąpi odchylenie „płaszczyzny” kulki od „płaszczyzny” śladu zużycia. W takim przypadku z jednej strony będzie następowało zgarnianie materiału powierzchni, który na skutek obmywania cieczą zostanie usunięty i opadnie na powierzchnię śladu zużycia. Materiał ten może zostać zaprasowany na powierzchni bądź odrzucony na obrzeże śladu zużycia. Taki układ pomiarowy będzie miał tendencje do wzbudzeń. **Rysunki 2a, 2b i 2sr** w zakresach pomiaru 10x10 μ m i 5x5 μ m ukazują bryły jakby zrzuconego z kulki materiału. Cechy te w dużych zakresach pomiaru wypełniają obraz.

Rysunki 2b i 2sr potwierdzają obserwacje oscylacji głowicy pomiarowej, trzymającej kulkę podczas pomiarów HFRR. W przypadku **Rys. 2b** miejsce pomiaru „b” zakres pomiaru 10x10 μ m kąt ruchu względem osi X wynosi 82°, ale dla zakresu pomiaru 1x1 μ m kąt ruchu wynosi 93°, a w górnej części grafiki tego zakresu pomiaru wynosi 107°. W miejscu pomiaru „sr” i zakresie pomiaru 5x5 μ m kąt ruchu względem osi X wynosi 100°, a dla zakresu pomiaru 1x1 μ m 116°.

Tabela 3. Wartość chropowatości powierzchni próbki po pomiarze HFRR śladu zużycia względem zmierzonej w obszarze poza śladem zużycia

Table 3. Roughness relation of samples after HFRR tests inside / outside wear scar

Wielkość	10x10 μ m	5x5 μ m	1x1 μ m
Relacja wysokości: miejsce pomiaru „a”			[1]
R _Z	1,9	1,6	3,1
R _a	5,1	4,1	15,7
Relacja fazy: miejsce pomiaru „a”			[1]
R _Z	3,6	1,6	15,2
R _a	10,7	61,6	26,6
Relacja wysokości: miejsce pomiaru „b”			[1]
R _Z	3,1	0,97	3,7
R _a	3,7	4,5	6,0
Relacja fazy: miejsce pomiaru „b”			[1]
R _Z	3,1	54,4	14,8
R _a	9,5	45,8	26,7
Relacja wysokości: miejsce pomiaru „sr”			[1]
R _Z	2,6	1,5	2,3
R _a	4,6	5,7	7,7
Relacja fazy: miejsce pomiaru „sr”			[1]
R _Z	3,8	57,1	19,1
R _a	10,7	65,7	26,2

Pomiar próbki **Rys. 2 i 3** wykazuje brak szczególnych cech powierzchni śladu zużycia w zakresach pomiaru 10x10 μ m i 5x5 μ m. W zakresie pomiaru 1x1 μ m zaczynają się uwidaczniać cechy powierzchni próbek. Szczególnie jest to zauważalne w pomiarze fazy.

W obszarze śladu zużycia mamy do czynienia ze znacznie większymi wartościami wysokości nierówności i przesunięcia fazy drgań tipa niż dla miejsca pomiaru poza śladem zużycia. Szczególnie jest to zauważalne dla wartości fazy. By unaocznic te różnice, w **Tabeli 3** zestawiono relację Ra i R_Z wartości zmierzonych w obszarze śladu zużycia względem wartości Ra i R_Z zmierzonych poza śladem zużycia.

Relacja chropowatości w obszarze śladu zużycia względem chropowatości poza obszarem zużywania wykazuje, że zakres zmienności w przypadku:

- wysokości mieści się w granicach: R_Z 0,97÷3,7 i Ra 37÷15,7;
- fazy mieści się w granicach: R_Z 1,6÷54,4 i dla Ra 9,5÷65,7.

Widocznym jest, że dla wysokości większy zakres zmienności występuje dla relacji Ra, a w przypadku fazy relacje Rz i Ra mają zbliżony zakres zmienności.

Zakres zmienności relacji Rz i Ra dla fazy jest większy niż dla wysokości.

Potwierdzono istnienie oscylacji podczas procesu tarcia w urządzeniu typu HFRR. Stwierdzenie rodzaju ruchu oscylacyjnego: periodycznego czy chaotycznego i jego wpływu na proces zużywania może być elementem dalszych badań.

Stwierdzono możliwość przydatności pomiaru analogu chropowatości – pomiar fazy. Wymaga to weryfikacji.

Badania AES, XPS i ToF-SIMS

W badaniach AES, XPS określono zakresy zmienności wyników pomiarów, które zestawiono w **Tab. 4**. Posłużono się w niej następującymi oznaczeniami miejsc pomiaru:

„sy” – miejsca pomiaru na symetrycznej śladu zużycia – „a”, „b” i „sr” ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ i $\frac{3}{4}$ długości śladu zużycia);

„gr” – miejsca pomiaru przy granicy śladu zużycia **ag**, **bg** i **srg**, na wysokości „a”, „b” i „sr” – ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ i $\frac{3}{4}$ długości śladu zużycia).

Tabela 4. Wartości minimalne i maksymalne na symetrycznej i przy granicy śladu zużycia z miejsc pomiaru: „a”, „b” i „sr.” wszystkich próbek

Table 4. Min. and max. values on the axis of symmetry and at the border of wear scar places of measurements: “a”, “b” and “sr” of all samples

		S at, %	Cl at, %	C at, %	Ca at, %	O at, %	Fe at, %	Na at, %	Si at, %
sy	min,	0,6	0,2	47,7	–	–	2,8	–	–
	max,	1,3	0,3	80,6	36,2	35,7	18,8	16,3	2,0
gr	min,	–	–	25,1	–	–	–	–	–
	max,	7,8	2,2	67,4	54,7	54,7	20,2	47,3	2,7

Metodą ToF-SIMS zbadano 4 próbki: cetan (n-heksadekan), cetan i 200 ppm butynianu metylu w cetanie, cetan i 1000 ppm butynianu metylu, LON2 i 200 ppm palmitynianu cholesterolu.

W wyniku badań rozpoznano: metale składowe stali ŁH15 ich tlenki i wodorotlenki oraz proste jony metaloorganiczne, jak np. CH_3Fe^+ , C_2HFe^+ . Przeważały związki krzemooorganiczne. Jonem o najwyższej masie był: $\text{C}_7\text{H}_{21}\text{O}_4\text{Si}_4^+$. Rozpoznano 25÷39 % jonów.

Dyskusja wyników badań AES, XPS I SIMS

Z badań ilościowych AES składu pierwiastkowego wynika, że zawartość krzemu na symetrycznej śladu zużycia nie przekracza 2,0% atomów, a poza śladem zużycia 2,7 % atomów – 1% = 10 000 ppm. Wobec tego należy przyjąć, że pomiar SIMS jest skutkiem dużo większej efektywności jonizacji i detekcji jonów molekuł z atomami krzemu.

Krzem jest składnikiem 0,3% stali ŁH15, a siarka jest zanieczyszczeniem stali ŁH15 na poziomie do 0,06%. Z badanych cieczy tylko LON i HON zawierały siarkę na poziomie: LON 5 ppm – 0,0005%, HON 10,2 ppm – 0,000102%, a krzemu nie posiadały. Dlatego też stwierdzenie zawartości siarki i krzemu na poziomie znacznie przekraczającym zawartość tych pierwiastków w badanych cieczech, np. 1000 razy sugeruje, że pierwiastki te są atomami metalu dysku lub kulki.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Wyniki badań uwidoczniły na 24 grafikach – **Rys. 1 i 2**, stochastyczność, a niekiedy chaotyczność procesu tarcia i wynikowej topografii tworzonych struktur. Wiedza o tym [**L. 7, 8**] pozwoliła skierować badania na poszukiwanie wielkości będących miarą stanu warstwy wierzchniej po procesie tarcia. Zmierzono w badaniach AFM wartości chropowatości powierzchni i jej analogu odniesionego do pomiaru fazy i zestawiono je w **Tab. 1–3**.

Ukazują one, że dla wysokości większy zakres zmienności występuje dla relacji Ra, a w przypadku fazy relacje Rz i Ra mają zbliżony zakres zmienności.

Zakres zmienności relacji Rz i Ra dla fazy jest większy niż tej relacji dla wysokości.

Stwierdzono możliwość przydatności pomiaru analogu chropowatości – pomiar fazy. Wymaga to weryfikacji.

Wyniki badań Auger, XPS i ToF-SIMS pozwalają stwierdzić, że zawartość siarki i krzemu znacznie przekracza zawartość tych pierwiastków w badanych cieczech ponad 1000 razy. Sugeruje to, że pierwiastki te są atomami metalu dysku lub kulki.

Prezentowaną pracę wykonano w ramach projektu: 3 T 08C 010 30 finansowanego przez MEiN.

LITERATURA

1. Bobcock K.L., Prater C.B.: Phase Imaging: Beyond Topography, Veeco Instruments Inc.
2. Meitner L.: Das beta-strahlenspektrum von UX1 und seine Deutung, Journal of Zeitschrift Physics, 1923. 17: p. 54–66.
3. Auger P.: Physical Review B, 1925. 16(4): p. 1436.
4. Handbook of Auger Electron Spectroscopy, Physical Electronics, Inc., 1995, USA.
5. Seigbahn K., Nordling C., Fahlman A., Nordberg R., Hamrin K., Hedman J., Johansson G., Bergmark T., Karlsson S., Lindgren I., Lindberg B.: Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsaliensis, 20 (1967) 1.
6. Kim I.Y, Lieber C.M.: Machining oxide films with an atomic force microscope: pattern and object formation on the nanometer scale, Science 257 (1992) p. 275.
7. Korycki J.: Zużycie tribologiczne jako proces Markowa w odniesieniu do badań modelowych przy tarciu suwliwym smarowanych węzłów tarcia, ZEM v1 nr 3, 2006.
8. Korycki J.” Analityczny opis procesów zużycia w modelowych węzłach tarcia – niezmienniki w procesach zużycia, ZEM v41 nr 4, 2006.

Recenzent:

Marian W. SUŁEK

Summary

Part 1 of the investigated subject field contains the initial methodical results. Part 2 generally describes basis of the thematic area: findings of the tribological proprieties of ester additives CHO (carbon, hydrogen, oxygen): methyl butyrate and methyl decanoate in components of the hydrocracked or hydrotreated base diesel oil, containing sulphur below 5 ppm. This research was executed for samples of streams of raw material and standard liquid – n-hexadecane – in the function of the additive concentration. Research using an AFM apparatus with the resolution below 1 nm allowed estimating surface topology after the friction process and qualification of the range of the variability of the created layer thickness of the film products, assumed to be friction polymers. Other methods include research of instrumental (AES, XPS, SIMS) fragments super frictions progress. Part 3: Base fuels of two producers

and n-hexadecane were used as solvents to test the effect of four ketones at different treatment rates. The influence of such CHO ketone type additives on streams and/or fractions of hydrocarbon fuels is not exactly defined as yet.

In the article, we introduced research results of surface investigation with the instrumental methods: AFM, Auger, XPS and SIMS in relation to lubrication proprieties of selected additives CHO – esters and ketone (carbon, hydrogen and oxygen) in the hydro-cracked or hydrotreated base diesel fuels, containing sulphur below 5 ppm.