

IDENTYFIKACJA PARAMETRÓW TARCIA I ZUŻYCIA POLIMERÓW WZMACNIANYCH WŁÓKNEM WĘGLOWYM W RÓŻNYCH ŚRODOWISKACH PRACY

Izabela WILCZEWSKA*, Roman KACZYŃSKI*

*Katedra Budowy i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 C, 15-351 Białystok

izawil@doktoranci.pb.edu.pl, rkgraf@pb.edu.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono badania doświadczalne, analizę mikroskopową oraz analizę składu chemicznego dwóch par ciernych złożonych z polimerów wzmocnionych włóknami węglowymi oraz stali łożyskowej po tarceniu w trzech środowiskach: powietrzu, wodzie oraz oleju. Badania doświadczalne wykonano za pomocą tribotestera T-11, gdzie realizowany jest schemat pary cierniej typu trzpień-tarcza. W pracy podjęto próbę identyfikacji rodzajów zużycia polimerów wzmocnionych włóknem węglowym pracujących w różnych środowiskach. Przedstawiono także, krótką analizę procesów tarcia i zużycia kompozytów w nawiązaniu do binarnego charakteru pracy analizowanych par ciernych.

1. WPROWADZENIE

Materiały polimerowe wzmocniane włóknami węglowymi znalazły szerokie zastosowanie m.in. na koła zębate, elementy pomp, gniazda zaworów, a szczególnie w łożyskach znajdujących zastosowanie w takich gałęziach przemysłu jak: lotnictwo, chemia, przemysł samochodowy oraz elektrotechniczny, przede wszystkim w sprzęcie wojskowym (Wang i inni, 2000). Dlatego też ważnym jest, aby móc w łatwy oraz szybki sposób dobierać odpowiedni materiał, którego zużycie w procesie tarcia w zadanych warunkach pracy będzie utrzymywało się na stabilnym niskim poziomie. Niezbędnym jest poznanie mechanizmów zużycia polimerów, a więc prowadzenie badań doświadczalnych, które występują w określonych warunkach pracy.

Aktualnie brak jest uniwersalnych kryteriów, określających odporność materiałów na zużycie w procesie tarcia w różnorodnych warunkach zewnętrznego obciążenia i środowiska.

Autorzy pracy skupili się na badaniach kompozytów wzmocnionych włóknami węglowymi pracujących w trzech środowiskach: powietrzu, wodzie i oleju. Przedstawione wyniki badań wskazują, iż mechanizmy pracy tych samych par ciernych pracujących w różnych środowiskach, mogą być zmienne w rodzaju zużycia i mogą mieć binarny model kontaktu przy zużywaniu ściernym, zaproponowany w latach 90-tych przez prof. M.B. Rubina (Rubin i Bacharew, 1987), lub przybierać inną, np. mechaniczno-chemiczną formę zużycia.

2. MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Badania doświadczalne przeprowadzono stosując dwa rodzaje par ciernych. Materiały użyte na próbki pod względem strukturalnym były zbliżone do siebie. Do wykonania

próbek o średnicy trzpienia równej 3mm użyto następujących kompozytów wzmocnionych włóknami węglowymi: –SIGMA3, produkt zakładów w Sankt Petersburgu, o następujących właściwościach (tabela 1):

Tab. 1. Właściwości mechaniczne SIGMA-3

Nazwa handlowa	Gęstość [g/cm ³]	Twardość wg Brinella	Rozciągliwość względna [%]	Przedział temperatur [°C]
SIGMA-3	1,5	100	14	(-40) – (+140)

–Quadrant EPP Ketron® PEEK CA30 Polyetheretherketone, 30% włókna węglowego o następujących właściwościach (<http://www.kaprolan.pl/pdf/Ketron.pdf>) (tabela 2):

Tab. 2. Właściwości mechaniczne PEEK CA30

Nazwa handlowa	Gęstość [g/cm ³]	Twardość wg Brinella	Rozciągliwość względna [%]	Przedział temperatur [°C]
KETRON PEEK CA30	1,41	325	5	do +250

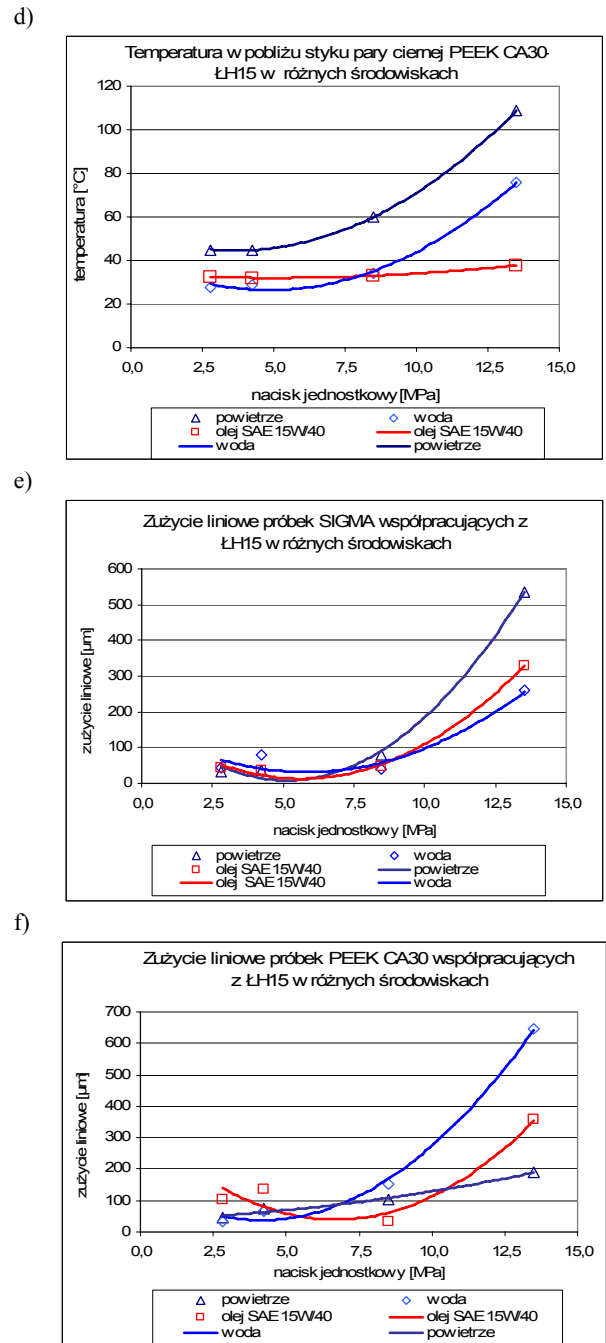
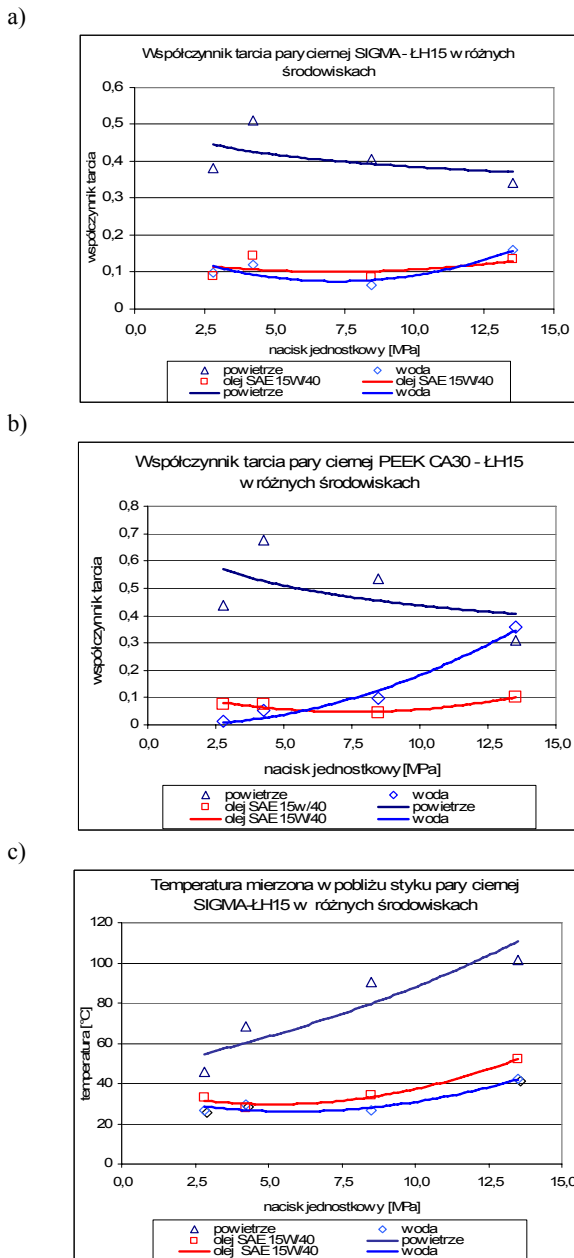
Na przeciwpróbkę w postaci krążka o średnicy 25,4mm zastosowano stal łożyskową ŁH15 wg PN (100Cr6, wg EN). Badania przeprowadzono na tribotesterze T-11 (Wilczewska i Kaczyński, 2006, 2008), gdzie realizowany jest schemat tarcia typu trzpień-tarcza. Stałymi parametrami biegów badawczych były: czas biegu wstępnego (docieranie) próbki $t=0,167h$ (pod naciskiem 0,71MPa); czas biegu badawczego $t=2h$; prędkość ślizgania równa $v=1m/s$, cztery wartości nacisków jednostkowych p w przedziale 2,8-13,5MPa. Badania powtarzano trzykrotnie dla każdego nacisku.

Cykle badawcze realizowano w trzech środowiskach: w powietrzu, w wodzie oraz w oleju SAE 15W/40. Parametrami mierzonymi w sposób ciągły podczas całego biegu badawczego były: siła tarcia F [N]; temperatura mierzona w pobliżu styku ciernego T [°C] oraz zużycie liniowe próbek z [μm].

Ocenie poddawane było również zużycie wagowe, którego wartość określono mierząc masę próbek przed i po próbie.

3. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Wyniki badań doświadczalnych przedstawiono na rysunku 1. Uzyskane wykresy przedstawiają zależności parametrów tribologicznych w funkcji nacisku (2,8 ; 4,2; 8,5 oraz 13,5MPa) w trzech środowiskach (w powietrzu, w wodzie oraz w oleju SAE 15W/40) dla par ciernych: SIGMA3-ŁH15 (rysunki 1a, 1c, 1e) oraz PEEK CA30-ŁH15 (rysunki 1b, 1d, 1f).



Rys. 1. Zależności współczynnika tarcia (a,b), temperatur mierzonych w pobliżu styku ciernego (c,d) oraz zużycia liniowego (e,f) kolejno dla SIGMA3-ŁH15 oraz PEEK CA30-ŁH15, od nacisków w trzech środowiskach: powietrzu, wodzie i oleju SAE 15W/40

Badania mikroskopowe oraz analizę składu chemicznego wykonano za pomocą mikroskopu skaningowego Hitachi S-3000N (z przystawką do mikroanalizy rentgenowskiej – EDS firmy THERMO NORAN typ QUEST). Uzyskane zdjęcia mikroskopowe warstw wierzchnich oraz skład chemiczny wybranych obszarów warstwy wierzchniej pozwoliły na analizę procesów tarcowych oraz identyfikację mechanizmów zużywania zachodzących w poszczególnych środowiskach.

3.1. Badania procesów tarcia i zużycia pary cieiernej SIGMA3-LH15 oraz PEEK CA30-LH15

Porównując wszystkie krzywe uzyskane podczas badań doświadczalnych można zauważyć, iż ich charakter, dotyczący zarówno współczynnika tarcia, temperatury jak i zużycia liniowego jest w większości przypadków bardzo zbliżony. Przykładem podobieństwa mogą być krzywe ilustrujące zmiany współczynnika tarcia μ w środowisku olejowym uzyskane dla obu par cieiernych, którego wartości wyliczono w sposób następujący:

$$\mu = F/N, \quad (1)$$

gdzie: μ – współczynnik tarcia, F – siła tarcia, N – zadane obciążenie.

Można tym samym sądzić, iż obydwa materiały mogą pracować w podobnych warunkach pracy, co daje podstawę do stwierdzenia, iż wybór materiałów do badań i analizy procesów tarcia i zużycia jest słuszny.

Celem pracy jest analiza procesów tarciovych zachodzących podczas tarcia w poszczególnych środowiskach dla poszczególnych par cieiernych, a nie ocena porównawcza. W celu szczegółowego przedstawienia modelu fizycznego zachodzących zmian opisy mechanizmów zużywania przedstawiono oddzielnie dla każdej pary.

3.2. Badania procesów tarcia i zużycia pary cieiernej SIGMA3-LH15 oraz PEEK CA30-LH15

W tabeli nr 3 przedstawiono fotografie struktur oraz skład chemiczny wybranych próbek wykonanych z materiału SIGMA3 oraz PEEK CA30 po procesie badawczym zjawisk tarciovych realizowanych we wszystkich trzech środowiskach.

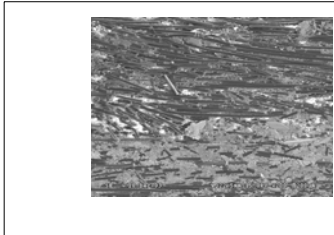
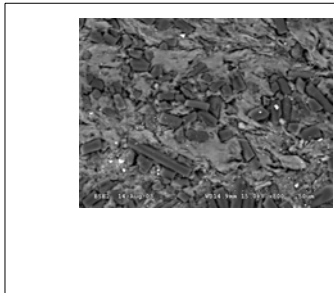

3.3. Analiza procesów tarcia i zużycia pary cieiernej SIGMA3-LH15

Uzyskane zależności przedstawione na rysunku 1 pozwalają na stwierdzenie, że wartość współczynnika tarcia (rysunek 1a) w przypadku tarcia suchego jest średnio kilkakrotnie wyższy niż w przypadku tegoż parametru dla próbek pracujących w wodzie i oleju i utrzymuje się w przedziale 0,34-0,51. Wartość współczynnika tarcia w przypadku próbek pracujących w powietrzu wynosiła maksymalnie 0,51 (dla obciążenia 4,2MPa) oraz minimalna 0,34 (odpowiednio 13,5MPa). Uzyskana najniższa wartość współczynnika tarcia dla najwyższego obciążenia może być spowodowana deformacją włókien węglowych, „wciśnięciem” ich w osnowę i tym samym wyrównaniem się powierzchni cieiernej.

Rysunek 1c przedstawia rozkład temperatury mierzonej w pobliżu styku cieiernego także w trzech środowiskach. Najniższe wartości temperatur uzyskano podczas biegów badawczych przeprowadzanych w wodzie, nieznacznie wyższe w oleju. Można to tłumaczyć dobrym odprowadzaniem ciepła na styku cieiernym oraz niską wartością współczynnika tarcia. Wartości temperatur w przypadku próbek

pracujących w powietrzu są znacznie wyższe, np. dla nacisków jednostkowych o wartości 13,5MPa wartość temperatury wyniosła ponad 100°C, co powoduje już widoczną deformację próbek. Podobnych deformacji próbek SIGMA3 nie zauważono w przypadku próbek pracujących w wodzie i oleju.

Tab. 2. Porównanie przykładowych fotografii warstw wierzchnich kompozytu SIGMA3 po tarcu w trzech w środowiskach

		SIGMA3-LH15																																								
Tarcie suche		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>W%α</th> <th>A%α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cα</td><td>54.09α</td><td>65.10α</td></tr> <tr><td>Oα</td><td>3.43α</td><td>3.10α</td></tr> <tr><td>Fα</td><td>40.78α</td><td>31.03α</td></tr> <tr><td>Naα</td><td>0.32α</td><td>0.20α</td></tr> <tr><td>Siα</td><td>0.37α</td><td>0.19α</td></tr> <tr><td>Sα</td><td>0.33α</td><td>0.15α</td></tr> <tr><td>Kα</td><td>0.22α</td><td>0.08α</td></tr> <tr><td>Caα</td><td>0.25α</td><td>0.09α</td></tr> <tr><td>Feα</td><td>0.21α</td><td>0.05α</td></tr> </tbody> </table>			W% α	A% α	C α	54.09 α	65.10 α	O α	3.43 α	3.10 α	F α	40.78 α	31.03 α	Na α	0.32 α	0.20 α	Si α	0.37 α	0.19 α	S α	0.33 α	0.15 α	K α	0.22 α	0.08 α	Ca α	0.25 α	0.09 α	Fe α	0.21 α	0.05 α									
			W% α	A% α																																						
C α	54.09 α	65.10 α																																								
O α	3.43 α	3.10 α																																								
F α	40.78 α	31.03 α																																								
Na α	0.32 α	0.20 α																																								
Si α	0.37 α	0.19 α																																								
S α	0.33 α	0.15 α																																								
K α	0.22 α	0.08 α																																								
Ca α	0.25 α	0.09 α																																								
Fe α	0.21 α	0.05 α																																								
Tarcie w wodzie		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>W%α</th> <th>A%α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cα</td><td>62.11α</td><td>72.36α</td></tr> <tr><td>Oα</td><td>3.81α</td><td>3.33α</td></tr> <tr><td>Fα</td><td>32.02α</td><td>23.58α</td></tr> <tr><td>Mgα</td><td>0.18α</td><td>0.10α</td></tr> <tr><td>Siα</td><td>0.38α</td><td>0.19α</td></tr> <tr><td>Sα</td><td>0.26α</td><td>0.12α</td></tr> <tr><td>Caα</td><td>0.35α</td><td>0.12α</td></tr> <tr><td>Vα</td><td>0.02α</td><td>0.01α</td></tr> <tr><td>Crα</td><td>0.04α</td><td>0.01α</td></tr> <tr><td>Feα</td><td>0.08α</td><td>0.02α</td></tr> <tr><td>Znα</td><td>0.73α</td><td>0.16α</td></tr> </tbody> </table>			W% α	A% α	C α	62.11 α	72.36 α	O α	3.81 α	3.33 α	F α	32.02 α	23.58 α	Mg α	0.18 α	0.10 α	Si α	0.38 α	0.19 α	S α	0.26 α	0.12 α	Ca α	0.35 α	0.12 α	V α	0.02 α	0.01 α	Cr α	0.04 α	0.01 α	Fe α	0.08 α	0.02 α	Zn α	0.73 α	0.16 α			
			W% α	A% α																																						
C α	62.11 α	72.36 α																																								
O α	3.81 α	3.33 α																																								
F α	32.02 α	23.58 α																																								
Mg α	0.18 α	0.10 α																																								
Si α	0.38 α	0.19 α																																								
S α	0.26 α	0.12 α																																								
Ca α	0.35 α	0.12 α																																								
V α	0.02 α	0.01 α																																								
Cr α	0.04 α	0.01 α																																								
Fe α	0.08 α	0.02 α																																								
Zn α	0.73 α	0.16 α																																								
Tarcie w oleju SAE 15W/40		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>W%α</th> <th>A%α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cα</td><td>86.46α</td><td>91.28α</td></tr> <tr><td>Oα</td><td>9.09α</td><td>7.20α</td></tr> <tr><td>Naα</td><td>0.20α</td><td>0.11α</td></tr> <tr><td>Mgα</td><td>0.18α</td><td>0.10α</td></tr> <tr><td>Alα</td><td>0.20α</td><td>0.09α</td></tr> <tr><td>Siα</td><td>0.27α</td><td>0.12α</td></tr> <tr><td>Pα</td><td>0.27α</td><td>0.11α</td></tr> <tr><td>Sα</td><td>0.32α</td><td>0.13α</td></tr> <tr><td>Clα</td><td>0.32α</td><td>0.11α</td></tr> <tr><td>Kα</td><td>0.48α</td><td>0.15α</td></tr> <tr><td>Caα</td><td>1.02α</td><td>0.32α</td></tr> <tr><td>Feα</td><td>1.20α</td><td>0.27α</td></tr> </tbody> </table>			W% α	A% α	C α	86.46 α	91.28 α	O α	9.09 α	7.20 α	Na α	0.20 α	0.11 α	Mg α	0.18 α	0.10 α	Al α	0.20 α	0.09 α	Si α	0.27 α	0.12 α	P α	0.27 α	0.11 α	S α	0.32 α	0.13 α	Cl α	0.32 α	0.11 α	K α	0.48 α	0.15 α	Ca α	1.02 α	0.32 α	Fe α	1.20 α	0.27 α
			W% α	A% α																																						
C α	86.46 α	91.28 α																																								
O α	9.09 α	7.20 α																																								
Na α	0.20 α	0.11 α																																								
Mg α	0.18 α	0.10 α																																								
Al α	0.20 α	0.09 α																																								
Si α	0.27 α	0.12 α																																								
P α	0.27 α	0.11 α																																								
S α	0.32 α	0.13 α																																								
Cl α	0.32 α	0.11 α																																								
K α	0.48 α	0.15 α																																								
Ca α	1.02 α	0.32 α																																								
Fe α	1.20 α	0.27 α																																								

Przebieg parametru zużycia liniowego, w zależności od obciążenia przedstawiono na rysunek 1e. We wszystkich trzech przypadkach badanych środowisk w początkowym przedziale nacisków 2,8-9MPa wartości zużycia liniowego utrzymują się na podobnym poziomie od 33 μ m do 100 μ m. Charakter pracy zmienia się nieco przy wyższych wartościach nacisków (13,5MPa). Najmniejsze zużycie uzyskano dla próbek pracujących w wodzie, natomiast nieznacznie większe w oleju. Zużycie próbek pracujących bez środka smarującego było znacznie wyższe i wyniosło 536 μ m. Duży przyrost temperatury na styku cieiernym dla próbek pracujących w powietrzu, spowodował wzmoczoną defor-

mację próbek (zwiększenie średnicy próbek) a nie ubytek masy, co wskazywałoby na nieco niższy poziom zużycia.

Analizując skład chemiczny oraz fotografie warstw wierzchnich próbek wykonanych z materiału SIGMA3 po procesie badawczym zjawisk tarciovych w powietrzu i wodzie, zarówno przy małych naciskach jak dużych wartościach obciążeń, można zauważyć widoczny bezpośredni kontakt elementów składowych kompozytu, co pozwala przypuszczać, że zużycie jest sumaryczną składową zużycie komponentów (tabela 2) Wniosek ten jest założeniem i wymaga potwierdzenia.

Dla próbek wykonanych z materiału SIGMA3 pracujących w oleju stwierdzono znaczne ilości tlenu oraz wysoki procent pierwiastków, które mogą tworzyć związki z tlenem. Tworzą się cienkie warstewki ochronne, które są przesyconymi stałymi roztworami, zbliżonymi pod względem składu do tlenków i stanowią typowo ściernochemiczną formę zużycia.

3.4. Analiza procesów tarcia i zużycia pary ciernej PEEK CA 30-LH15

Analizując wykresy zależności parametrów tribologicznych par ciernych, których jednym z elementów były próbki wykonane z materiału PEEK CA30 należy stwierdzić, że wartości współczynników tarcia (rysunek 1b) w przypadku tarcia suchego były kilkakrotnie wyższe niż dla próbek pracujących w wodzie i oleju. Zbliżoną wartość współczynnika tarcia równą 0,31 uzyskano dla par ciernych SIGMA-LH15 przy zastosowaniu maksymalnego nacisku (13,5MPa). Stwierdzono także wzrost wartości współczynnika tarcia przy pracy w wodzie wraz ze wzrostem obciążenia.

Zbliżone wartości temperatur mierzonych w pobliżu styku ciernego uzyskano dla par ciernych pracujących w wodzie i oleju przy niższych naciskach 2,8-8,5MPa. Gwałtowny wzrost temperatury zaobserwowano po przekroczeniu 8,5MPa. Wzrost ten dotyczy wszystkich próbek, pracujących w środowisku powietrza i wody. Temperatura mierzona dla próbek PEEK CA30-LH15 pracujących w oleju, jest stabilna i utrzymuje się na niskim poziomie. Niska wartość współczynnika tarcia oraz temperatury jest związana ze zmianą mechanizmu zużywania w stosunku do pracy w powietrzu i wodzie.

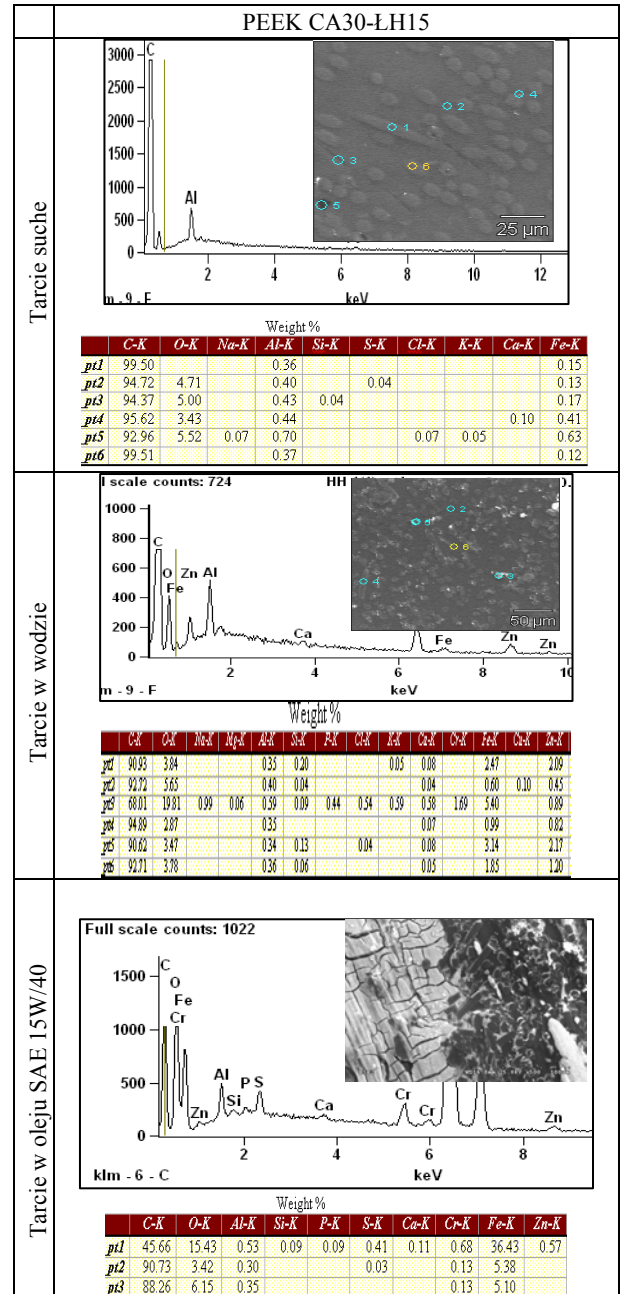
Rysunek 1f przedstawia przebieg zużycia liniowego par ciernych PEEK CA30-LH15 pracujących w trzech środowiskach. Analizując wykresy można zauważyć podobny charakter zmian w porównaniu z krzywymi uzyskanymi w przypadku par SIGMA3-LH15 przedstawionymi na rysunku 1e. Zdecydowanie różny jest poziom zużycia przy tarcu w powietrzu i wodzie.

Próbki wykonane z materiału PEEK CA30 po procesie tarcia poddano analizie porównawczej struktur warstw wierzchnich (Tab.3). Także w tym przypadku istnieje podobieństwo form zużywania przy pracy w powietrzu oraz w wodzie. W obu środowiskach charakter ścierny jest dominującym mechanizmem zużywania się próbek (wskazuje na to niska zawartość tlenu oraz pierwiastków mogących tworzyć z nim związki chemiczne).

Zasadniczą formą zużywania próbek materiałowych

oznaczonych jako PEEK CA30 pracujących w oleju (podobnie jak w przypadku próbek SIGMA3) jest ściernochemiczny model zużywania. Świadczy o tym zawartość procentowa tlenu występująca w badanych warstwach wierzchnich.

Tab. 3. Porównanie przykładowych fotografii warstw wierzchnich kompozytu PEEK CA30 po tarcu w trzech w środowiskach



W tabeli 3 na uwagę zasługuje przykładowa fotografia próbki wykonanej z materiału PEEK CA30 (po pracy w oleju) przedstawiająca charakterystyczną strukturę warstw wtórnych, które tworzą się przy pracy w środowisku chemicznie aktywnym.

4. PODSUMOWANIE

Rezultaty badań procesów tarcia i zużycia, składu chemicznego oraz fotografii struktur warstw wierzchnich próbek wykonanych z materiału SIGMA3 oraz PEEK CA30 po procesach tarcia przeprowadzonych w trzech środowiskach zilustrowano na rysunku 1 i w tabelach 2 oraz 3, pozwalają sformułować następujące wnioski:

- istnieje znacząca różnica w charakterze pracy badanych par ciernych oraz samych mechanizmach zużywania w porównaniu do próbek pracujących w oleju;
- widoczne włókna węglowe oraz znikome ślady (lub ich brak) struktur wtórnych, wskazują na dominującą ścierną formę zużywania próbek pracujących w powietrzu oraz w wodzie; świadczy o tym także, niska zawartość tlenu oraz innych pierwiastków, które mogą tworzyć z nim związki (Fe, Ca, Si, Na) w warstwie wierzchniej;
- w przypadku próbek wykonanych z materiału SIGMA3 oraz PEEK CA30 pracujących w oleju sytuacja jest odmienna; stwierdzono znaczne ilości tlenu oraz wysoki procent pierwiastków, które mogą tworzyć związki z tlenem i tym samym warstwy wtórne, co wskazuje na typowo ścierny-chemiczny charakter zużycia;
- przedstawione zasadnicze różnice w mechanizmach zużywania dla polimerów wzmocnionych włóknami węglowymi, pracujących w różnych środowiskach, pozwalają postawić tezę o istnieniu dwóch dominujących form zużywania: mechaniczno-chemicznej dla pracy w oleju tzn. w środowisku chemicznie aktywnym oraz mechanicznej formy zużywania ściernego dla pracy w powietrzu i wodzie;
- mechaniczna forma zużywania ściernego dla pracy w powietrzu i wodzie nosi binarny charakter kontaktu powierzchni ciernych. Należy przypuszczać, że suma zużyć poszczególnych komponentów (oddzielnie włókien, oddzielnie osnowy) dla obu materiałów SIGMA3 oraz PEEK CA30, jest równa całkowitemu zużyciu próbek kompozytowych, co będzie potwierdzone w dalszych badaniach;
- poznanie zasad tworzenia różnych mechanizmów zużywania połączeń ciernych dla badanych materiałów kompozytowych pozwala na identyfikację zużycia, a w przyszłości na opracowanie kompleksowych kryteriów ich doboru przy projektowaniu węzłów ciernych pracujących w środowiskach tworzących binarny charakter kontaktu powierzchni ciernych.

LITERATURA

1. **Rubin M. B., Bacharewa W. E.** (1987), Podšipniki w sudovoj tehnike, Spravocznik Sudostroenie, Issliedovania rosta ustalostnyh treščin i kinetičeskie diagramy ustalostnogo razrušenija, *Fiz. Chim. Mech. Mater.*, Vol. 8, No 4, 3-22.
2. **Wang J. X., Ge S. R., Zhang X. Y., Tao R.** (2000), Process of research on tribology of fiber reinforced polymer composites, *Tribology*, 20, 76-80.
3. **Wilczewska I., Kaczyński R.** (2006), Badanie węzłów tarcia wykonanych w polimeru SIGMA-3 wzmocnianego włóknami węglowymi, *Tribologia*, Radom, 3.
4. **Wilczewska I., Kaczyński R.** (2008): Experimental tribological researches of polymer-metal couples in the different environments, *Machine Dynamics Problems*, (2008/32/2).
5. <http://www.kaprolan.pl/pdf/Ketron.pdf>

THE IDENTIFICATIONS OF FRICTION AND WEAR PROCESSES OF POLYMERS STRENGTHEN WITH CARBON FIBERS IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Abstract: In the paper results of: experimental researches, microscopic analysis and chemical constitution of two tribological couples consist of: plastic strengthen with carbon fibers and bearing steel, working in three environments: air, water and oil, were presented.

The researches were executed using T-11 tribotester machine, where pin-on-disc frictional couple scheme was realized.

In the paper, identification of wear type of polymers strengthen with carbon fibers working in different environments, was undertaken. The short analysis of friction and wear phenomenon of composites was presented taking into consideration the binary scheme work of analyzed friction couples.