

Marian Włodzimierz SUŁEK\*, Tomasz WASILEWSKI\*,  
Emilia KLIMASZEWSKA\*, Marta OGORZAŁEK\*, Anna BAŁ\*

**ALKILOPOLIGLUKOZYDY, JAKO AKTYWNE  
POWIERZCHNIOWO ZWIĄZKI, OBNIŻAJĄCE  
OPORY RUCHU I ZUŻYCIE W RÓŻNYCH  
SKOJARZENIACH MATERIAŁOWYCH**

**ALKYLPOLYGLUCOSIDES, AS SURFACE ACTIVE  
COMPOUNDS, DECREASING FRICTION COEFFICIENT  
AND WEAR IN TRIBOSYSTEMS MADE FROM DIFFERENT  
MATERIALS**

**Słowa kluczowe:**

współczynnik tarcia, zużycie, substancje smarowe, surfaktanty

**Key-words:**

friction coefficient, wear, lubricants, surfactants

**Streszczenie**

Jako dodatki poprawiające właściwości smarne wody zaproponowano alkilopoliglukozydy (APG). Wykorzystano dwa rodzaje alkilopoliglukozydów różniące się długością łańcucha alkilowego i stopniem polimery-

---

\* Politechnika Radomska, Katedra Chemii, Zakład Chemii Fizycznej i Nieorganicznej,  
ul. Chrobrego 27, 26-600 Radom.

zacji. Badania tribologiczne wodnych roztworów APG przeprowadzono na testerze T-11 ze skojarzeniem kulka–tarcza. Kulki wykonane były ze stali, a tarcze ze: stali, tlenku aluminium, tlenku cyrkonu, poliamidu i polimetakrylanu metylu. Dodatek APG poprawia właściwości smarne wody, przy czym względne obniżenie oporów ruchu i zużycia zależy zarówno od rodzaju skojarzenia materiałowego, jak i rodzaju alkilopoliglukozydu. Uzyskane wyniki badań tribologicznych korelowano z ich aktywnością, której miarą była zwilżalność par ciernych przez roztwory.

## WPROWADZENIE

W pracach poświęconych modyfikacji były prezentowane nowe dodatki, które wpływają korzystnie na właściwości smarne i fizykochemiczne wody jako bazy substancji smarowych [L. 1–11]. Spośród dotychczas badanych związków na uwagę zasługują alkilopoliglukozydy (APG), głównie ze względu na brak ich szkodliwego oddziaływania na człowieka i środowisko naturalne. Są one biodegradowalne i nie wymagają utylizacji [L. 2, 8–11].

APG, zastosowane jako dodatki, zmniejszają zdecydowanie opory ruchu i zużycie, a także poprawiają właściwości przeciwzatarciowe. Dotychczasowe badania prowadzone były głównie dla skojarzeń materiałowych stal–stal. Interesujące jest więc przeanalizowanie, czy również korzystne właściwości tribologiczne będą one wykazywać w skojarzeniach, w których elementy wykonane są z różnych materiałów.

## PROCEDURY EKSPERYMENTALNE

Testy tribologiczne prowadzono dla wody i 1% wodnych roztworów dwóch rodzajów alkilopoliglukozydów: APG C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub> i APG C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub> (w badaniach wykorzystywano dwa surowce firmy Cognis, odpowiednio Glucopon 600CSUP i Glucopon 215CSUP).

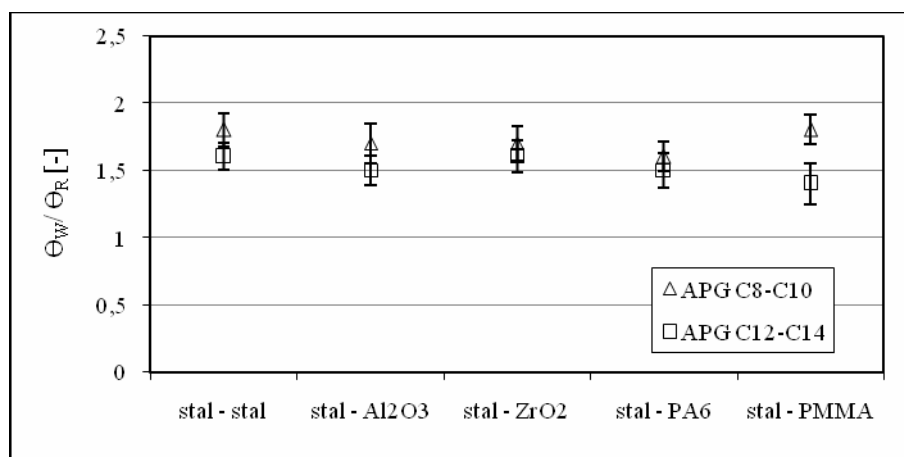
Zwilżalność różnych materiałów określano z użyciem techniki analizy kształtu „siedzącej kropli”. Wykorzystywano aparat firmy Krüss. Badania prowadzono w temperaturze 22°C. Zmierzono kąty zwilżania powierzchni: metalowej (stal), ceramicznej (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i ZrO<sub>2</sub>) i polimerowej (PA6 i PMMA). Wszystkie powierzchnie różnych materiałów przygotowywano w analogiczny sposób jak do badań tribologicznych. Uzyskane rezultaty przedstawiono na **Rys. 1**.

Do badań tribologicznych wykorzystywano aparat T-11 produkcji ITeE – PIB Radom. Górną część pary ciernej stanowiły kulki o średnicy 6,35 mm, wykonane ze stali ŁH 15. Jako dolny element pary ciernej stosowano dyski o średnicy 25 mm i grubości 8 mm, wykonane z następujących materiałów: stali, tlenku aluminium ( $Al_2O_3$ ), tlenku cyrkonu ( $ZrO_2$ ), poliamidu 6 (PA6) i polimetakrylanu metylu (PMMA).

Przed badaniami wszystkie elementy par ciernych zostały dokładnie oczyszczone chemicznie. Czas biegu badawczego wynosił od 900 s, obciążenie pary ciernej 50 N, a prędkość poślizgu 0,1 m/s. Na podstawie pomiaru siły tarcia obliczano średnią wartość współczynnika tarcia z 900-sekundowego testu (**Rys. 2**). Po testach tribologicznych analizowano profile skaz kulek i tarcz. Wykorzystywano Profilometr TOPO, produkcji Instytutu Zaawansowanych Technologii Wytwarzania w Krakowie. Przykładowe profile przedstawiono na **Rys. 3**.

## REZULTATY BADAŃ I DYSKUSJA WYNIKÓW

Rezultaty badań zwilżalności różnych materiałów przez 1% wodne roztwory APG C8-C10 i APG C12-C14 przedstawiono na **Rys. 1**.



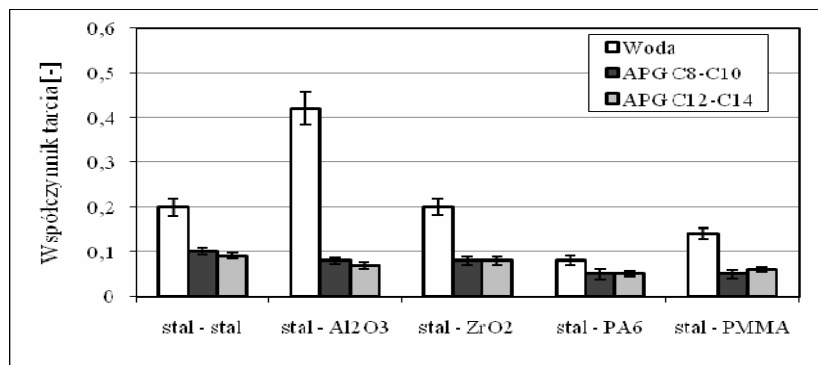
**Rys. 1. Zależność parametru  $\Theta_W/\Theta_R$  od rodzaju materiału ( $\Theta_W$  – kąt zwilżania danej powierzchni przez wodę,  $\Theta_R$  – kąt zwilżania danej powierzchni przez 1% wodny roztworów APG C8-C10 lub APG C12-C14)**

Fig. 1. Dependences of  $\Theta_W/\Theta_R$  parameter on type of material ( $\Theta_W$  – wetting angle of material by water,  $\Theta_R$  – wetting angle of material by 1% water solution of APGs)

Zaobserwowano, że 1% roztwory APG C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub> lepiej zwilżają powierzchnie badanych materiałów niż roztwory APG C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>. Należałoby raczej spodziewać się wyższej zwilżalności długołańcuchowych alilopoliglukozydów, które charakteryzują się wyższym powinowactwem do powierzchni. Jest to informacja wskazująca, że o oddziaływaniach z powierzchnią mogą decydować także struktury tworzone w fazie powierzchniowej.

Ustalenie gradacji zmian kąta zwilżania poszczególnych materiałów przez roztwory jest trudne ze względu na niezbyt duże różnice w mierzonych wartościach kąta zwilżania ( $\theta$ ). Jednakże bez wątpienia można stwierdzić, że 1% roztwory APG zdecydowanie lepiej zwilżają powierzchnie badanych materiałów niż woda, a kąt zwilżania przyjmuje wartości większe niż dla wody od 1,7 do 1,8 razy dla roztworów APG C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub> i od 1,5–1,6 razy dla roztworów APG C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>.

Średnie wartości współczynników tarcia dla poszczególnych skojarzeń są przedstawione na **Rys. 2**.



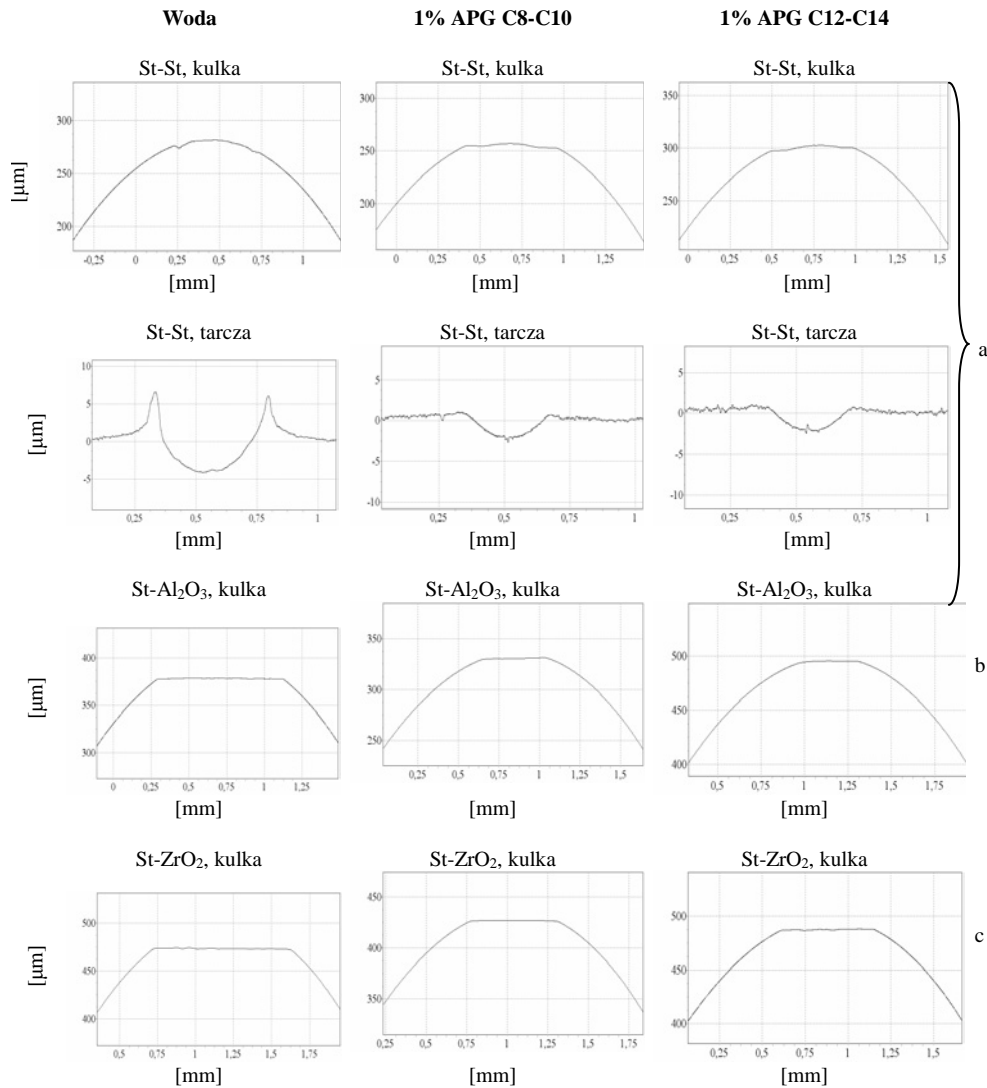
**Rys. 2. Zależność uśrednionego współczynnika tarcia od rodzaju skojarzenia materiałowego dla wody i 1% wodnych roztworów APG**

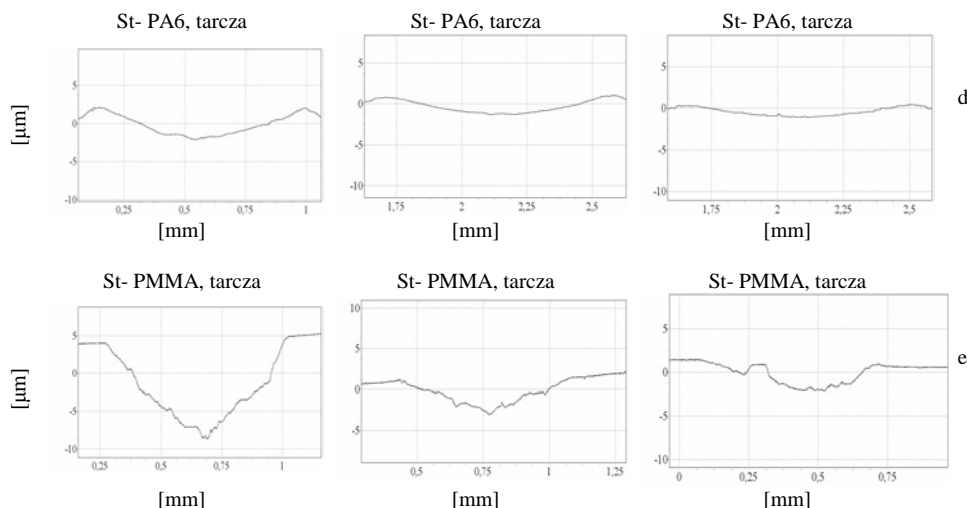
Fig. 2. Dependences of average friction coefficient on type of friction pair materials for water and 1% water solutions of APG

Praktycznie brak jest wpływu rodzaju alkilopoliglukozydów na opory ruchu. Natomiast dla większości badanych skojarzeń materiałowych obserwowany jest wyraźny 2-krotny spadek wartości  $\mu$  po wprowadzeniu do wody któregoś z alkilopoliglukozydów. Wyjątek stanowi skojarzenie: stal-PA6, które w obecności wody wykazuje niską wartość  $\mu$  (ok. 0,08), zmniejszającą się po wprowadzeniu jednego z dodatków (ok. 0,05). W zależności od rodzaju materiałów tarczy można ustalić następującą

gradację zmian wartości współczynnika tarcia:  $\mu(\text{PA6}) \leq \mu(\text{Al}_2\text{O}_3) \leq \mu(\text{ZrO}_2) < \mu(\text{stali})$ .

Ze względu na różne mechanizmy zużywania się testowanych materiałów trudno jest oszacować i porównać zużycie w wartościach bezwzględnych. Jako kryterium miary zużywania przyjęto zmiany zmierzzonego profilu kulki i tarczy. Na **Rys. 3** przedstawione zostały najbardziej charakterystyczne profile dla poszczególnych skojarzeń materiałowych i stosowanych substancji smarowych.





**Rys. 3. Profile szkar kulki i tarczy po testach tarciovych**

Fig. 3. Profiles of ball and disc scars after frictional tests

Przedstawiono tylko te elementy pary ciernej, których profil uległ zmianie w trakcie tarcia. Na podstawie uzyskanych rezultatów można uchwycić wpływ poszczególnych materiałów. Dla skojarzenia stal–stal w wodzie zużywa się głównie tarcza z charakterystycznym przemieszczaniem materiału poza strefę tarcia. W obecności roztworów alkilopoliglukozydów zużywają się zarówno kulka, jak i tarcza, przy czym intensywność zużycia jest zdecydowanie mniejsza (**Rys. 3 a**). Gdy tarcze wykonane są z ceramiki, zużywa się tylko stalowa kulka, a analiza profilu kulki wskazuje na zużycie ściernie (**Rys. 3 b, c**). Dla tarcz wykonanych z tworzyw (PA6 i PMMA) zużywają się tylko tarcze, zużycie jest związane z odkształceniami plastycznymi (**Rys. 3 d, e**). Dla wszystkich skojarzeń materiałowych wprowadzenie APG jako dodatków do wody powoduje obniżenie zużycia. Nie obserwuje się większego wpływu rodzaju APG na zmianę profilu elementów pary ciernej.

## PODSUMOWANIE

Alikilopoliglukozydy (APG) są związkami chemicznymi, które mają liczne zastosowania w różnych gałęziach przemysłu. Są one biodegradowalne i bezpieczne względem środowiska naturalnego i człowieka. APG jako dodatki zmniejszają opory ruchu i zużycie względem wody. Szczególnie istotny jest wpływ stosowanych dodatków na zmniejszenie współ-

czynnika tarcia ( $\mu$ ), który zmniejsza się nawet 2-krotnie względem wody jako bazy (np. skojarzenie stal–stal oraz skojarzenie stal–ZrO<sub>2</sub>: APG C8-C10, APG C12-C14, skojarzenie stal–PMMA: APG C12-C14). Natomiast różnice między alkilopoliglukozydami krótko- (APG C8-C10) i długołańcuchowymi (APG C12-C14) są niewielkie. Zgodnie z oczekiwaniami wielkość i rodzaj zużycia zależy od skojarzenia materiałowego par ciernych. Zużycie jest mniejsze w obecności roztworów APG w odniesieniu do wody.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008–2010 jako projekt badawczy rozwojowy NR 15-0023-04.*

## LITERATURA

1. Sułek M.W., Wasilewski T.: Antiseizure properties of aqueous solutions of compounds forming liquid crystalline structures, *Tribology Letters*, 18, 2005, 197–205.
2. Sułek M.W., Wasilewski T.: Tribological properties of aqueous solutions of alkyl polyglucosides, *Wear*, 260, 2006, 193–204.
3. Wasilewski T., Sułek M.W.: Paraffin oil solutions of the mixture of sorbitan monolaurate - ethoylated sorbitan monolaurate as lubricants, *Wear*, 261 (2006), 230–234.
4. Masuko M., Suzuki A., Sagae Y., Tokoro M., Yamamoto K.: Friction characteristics of inorganic or organic thin coatings on solid surfaces under water lubrication, *Tribology International*, 39, (2006), 1601–1608.
5. Ratoi M., Spikes H.A.: Lubricating properties of aqueous surfactant solutions, *Tribology Transactions*, 42, 1999, 479–486.
6. Boschkova K., Kronberg B., Stalgren J.J.R., Persson K., Ratoi-Salagean M.: Lubrication in aqueous solutions using cationic surfactants – a study of static and dynamic forces, *Langmuir*, 18, (2002), 1680–1687.
7. Ratoi M., Bovington C., Spikes H.: In situ study of metal oleate friction modifier additives, *Tribology Letters*, 14, (2003), 33–40.
8. Nickel D., Forster T., von Rybinski W.: Physicochemical properties of Alkyl Polyglucosides, ed. Hill K., von Rybiński W., Stoll G., *Alkyl Polyglucosides*”, VCH, 1996.
9. Balzer D.: Surfactant properties, ed. Balzer D., Luders H.: *Nonionic Surfactants: Alkyl Polyglucosides*, Marcel Dekker.
10. Luders H.: Structure and nomenclature of surface active alkyl glucosides, ed. Balzer D., Luders H.: *Nonionic Surfactants: Alkyl Polyglucosides*, Marcel Dekker.

11. Luders H.: Synthesis of alkyl glucosides and alkyl polyglucosides, ed. Balzer D., Luders H.: Nonionic Surfactants: Alkyl Polyglucosides, Marcel Dekker.

**Recenzent:**  
**Witold PIEKOSZEWSKI**

### Summary

**As additives improving water lubricity alkyl polyglucosides (APGs) were proposed. Two APGs having alkyl chains of various lengths and various polymerization degree were tested. The tribological tests were performed using a ball-on-disc tester. The balls were made of steel, the discs of alumina, zirconia, polyamide, and polymethylmethacrylate. Addition of APG improves water lubricity. The decrease of motion resistance and wear depends on the material of the tribosystem and the type of APG. The results of tribological tests were correlated with activity of APG measured as the wettability of the friction couples by the solutions.**