

Marian W. SUŁEK*, Anna BĄK*

KAPRYLOAMFOPROPONIAN SODU JAKO EFEKTYWNY DODATEK MODYFIKUJĄCY WŁAŚCIWOŚCI SMARNE WODY

SODIUM CAPRYLAMPHOPROPIONATE AS EFFECTIVE
ADDITIVE AFFECTING LUBRICATING PROPERTIES
OF WATER

Słowa kluczowe:

tribologia, tarcie, zużywanie, surfaktanty

Key words:

tribology, friction, wear, surfactants

Streszczenie

Przedstawiona tematyka jest kontynuacją dotychczas prowadzonych badań substancji smarowych na bazie wody i aktywnych powierzchniowo związków. Przewiduje się wykorzystanie uzyskanych rezultatów do opracowania składu cieczy eksploatacyjnych. Wytypowany dodatek, kaprylo-

* Politechnika Radomska, Katedra Chemii, ul. Chrobrego 27, 26-600 Radom, e-mail: a.bak@pr.radom.pl.

amfoproponian sodu (CyNa), modyfikujący właściwości smarne wody, jest amfoterycznym związkem powierzchniowo czynnym. Właściwości zatarciowe wodnych roztworów CyNa są określane za pomocą aparatu czterokulowego (T-02). Wyznaczono obciążenie zacierające (P_t), obciążenie zatarcia (P_{oz}) oraz graniczny nacisk zatarcia (p_{oz}). Na podstawie uzyskanych wyników analizowano zdolności przeciwzatarciowe wodnych roztworów stosowanego surfaktantu.

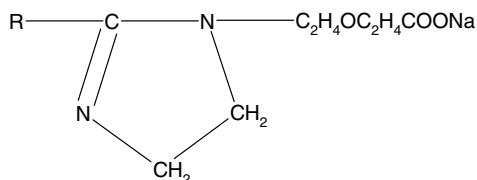
WPROWADZENIE

Substancje smarowe są materiałami inżynierskimi i podobnie jak materiał i geometria par ciernych powinny być odpowiednio dobrane do określonych rozwiązań konstrukcyjnych w maszynach i urządzeniach. W ostatnich latach ważnym kryterium doboru składu substancji smarowych są względy ekologiczne. W związku z tymi wymogami pojawiło się wiele prac o charakterze naukowym i aplikacyjnym, w których jako bazę substancji smarowych zaproponowano wodę, której niedostateczne właściwości smarne były modyfikowane za pomocą aktywnych powierzchniowo dodatków [L. 1–5].

W dotychczas publikowanych przez nas pracach [L. 1, 2, 6] jako aktywne powierzchniowo związki stosowano jonowe i niejonowe surfaktanty. Działanie tych związków w mniejszym lub większym stopniu zależy od stopnia twardości wody, a także pH. Z punktu widzenia tych zmian interesującym obiektem badań są amfoteryczne surfaktanty. Zarówno przy niskim pH (środowisko kwaśne), jak i wysokim (środowisko zasadowe) mogą tworzyć odpowiednio jony dodatnie i ujemne. Należy nadmienić, że zaproponowany kapryloamfoproponian sodu (amfoteryczny surfaktant) nie był dotychczas stosowany jako dodatek poprawiający właściwości smarne wody.

SUROWCE I METODYKI BADAWCZE

Kapryloamfoproponian sodu (CyNa) produkowany przez firmę Croda Chemicals należy do grupy amfoterycznych związków powierzchniowo czynnych. Jego strukturę przedstawiono na **Rys. 1**.



gdzie: R – reszta kwasu kaprylowego.

Rys. 1. Kapryloamfoproponian sodu

Fig. 1. Sodium caprylamphopropionate

Związek ten może być stosowany w szerokim zakresie pH. Wykazuje stabilność zarówno w niskim, jak i wysokim pH. Ma właściwości antystatyczne oraz jest odporny na działanie elektrolitów. Ponieważ jest biodegradowalny, wpisuje się w ogólnoświatowe tendencje dążące do stosowania surowców przyjaznych środowisku naturalnemu.

Do sporządzenia roztworów użyto podwójnie destylowanej wody.

Aktywność powierzchniowa

Miarą aktywności powierzchniowej było napięcie powierzchniowe wodnych roztworów kapryloamfoproponianu sodu. Pomiar wykonano metodą pierścieniową (du Noüy'a) za pomocą tensometru firmy Lauda.

Badania tribologiczne

Do badań wykorzystano aparat czterokulowy wyprodukowany w Instytucie Technologii Eksploatacji w Radomiu (urządzenie zgodne z normą PN-76/C-04147). Przeprowadzono testy z liniowym narostem obciążenia, pozwalające określić właściwości przeciwzatarciowe wodnych roztworów, zgodnie z metodyką prezentowaną w literaturze [L. 10–12]. Wyznaczano następujące wielkości:

- obciążenie zacierające (P_t) – nacisk, przy którym następuje przerwanie warstwy granicznej objawiające się gwałtownym przyrostem momentu sił tarcia,
- obciążenie zatarcia (P_{oz}) – obciążenie, przy którym moment sił tarcia wzrasta powyżej 10 N·m,
- graniczny nacisk zatarcia (p_{oz}), który obliczono z zależności (1):

$$P_{oz} = 0.52 \frac{F_{oz}}{d^2} \quad (1)$$

gdzie: P_{oz} – obciążenie zatarcia [N], d – średnica śladu zużycia kulki mierzona po zakończonym teście [mm].

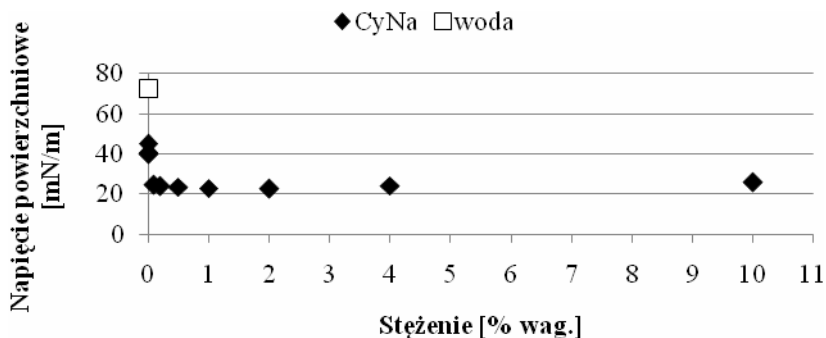
Na podstawie przeprowadzonych pomiarów obliczono względne wartości P_t , P_{oz} , p_{oz} , w odniesieniu do wody (równanie 2):

$$W_x = \left(\frac{x_R - x_W}{x_W} \right) 100\% \quad (2)$$

gdzie: W_x – względna wartość wielkości x [%], x_R – wartość mierzona wielkości (P_t , P_{oz} , p_{oz}) dla badanego roztworu, x_W – wartość mierzona wielkości (P_t , P_{oz} , p_{oz}) dla wody stanowiącej odniesienie.

REZULTATY BADAŃ

Aktywność powierzchniową surfaktantu oceniono na podstawie pomiarów napięcia powierzchniowego (σ) wodnych roztworów. Zmiany wartości σ w funkcji stężenia związku (c) przedstawia **Rys. 2**.



Rys. 2. Zależność napięcia powierzchniowego od stężenia wodnych roztworów kapryloamfopropionianu sodu (CyNa)

Fig. 2. Surface tension as a function of CyNa's concentration in water

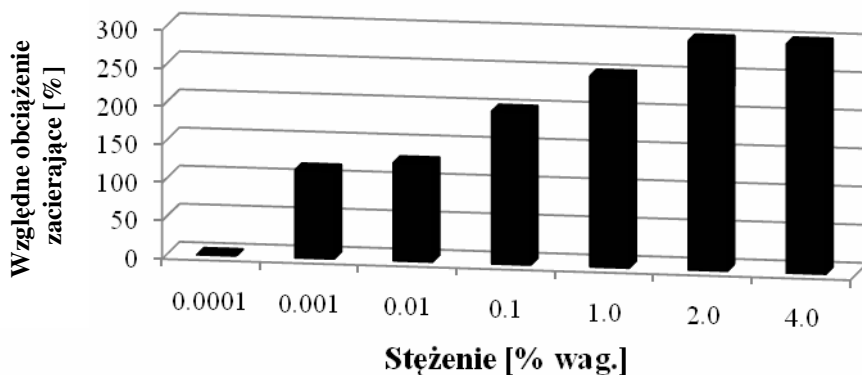
Wyznaczono wartości napięcia powierzchniowego dla „czystej” wody ($76 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$) oraz roztworów o stężeniach dodatku: 0,001, 0,005, 0,01, 0,1, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 10,0% wagowych. Już przy stężeniu 0,001% kapryloamfopropionianu sodu (CyNa) obserwuje się znaczący spadek wartości σ z 76 (woda) do $53 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. Dalszy wzrost stężenia CyNa powoduje zmniejszenie wartości σ . Powyżej stężenia 0,1% obserwuje się stabilizację wartości napięcia powierzchniowego na poziomie $25 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$,

a więc wartości ponadtrzykrotnie mniejszej niż dla wody. Rezultaty te wskazują na wysoką aktywność powierzchniową badanego związku.

Zmiany napięcia powierzchniowego (σ) w funkcji stężenia (c) mogą być podstawą do wyznaczenia wartości CMC (Critical Micelle Concentration). Określa ona stężenie, przy którym w roztworze tworzą się micelle, a proces tworzenia micel w fazie powierzchniowej jest zakończony [L. 7]. Na podstawie analizy zależności $\sigma(c)$ wielkość tę można oszacować na 0.1%.

Właściwości przeciwzatarciowe roztworów kapryloamfoproponianu sodu wyznaczono z użyciem testera tribologicznego T-02. Otrzymane wartości P_t , P_{oz} i p_{oz} odnoszono do wody. Zgodnie z przyjętą metodyką [L. 10–12] przeprowadzono testy z narastającym liniowo obciążeniem (409 N/s).

Wyznaczono wartość *obciążenia zacierającego* (P_t) dla wody i roztworów CyNa (0,0001, 0,001, 0,01, 0,1, 1,0, 2,0, i 4,0%). Następnie na podstawie równania 2 wyznaczono względne wartości P_t w odniesieniu do wody (Rys. 3).

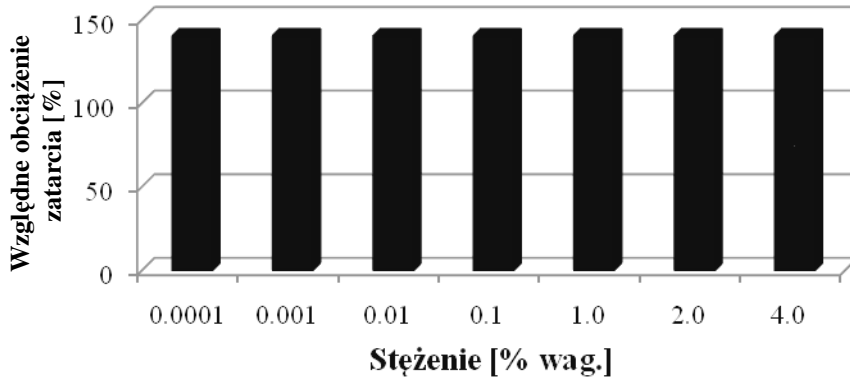


Rys. 3. Zależność względnego obciążenia zacierającego od stężenia wodnych roztworów kapryloamfoproponianu sodu (CyNa)

Fig. 3. Relative scuffing load as a function of concentration of sodium caprylamphopropionate (CyNa) in water

Już dla stężenia 0,001% uzyskano wartość P_t dwukrotnie wyższą niż dla wody. Powyżej tego stężenia utrzymywała się tendencja wzrostowa, a dla stężeń 2,0 i 4,0% uzyskano wartości w przybliżeniu równe 1200 N i są one około czterokrotnie wyższe niż wody (300 N).

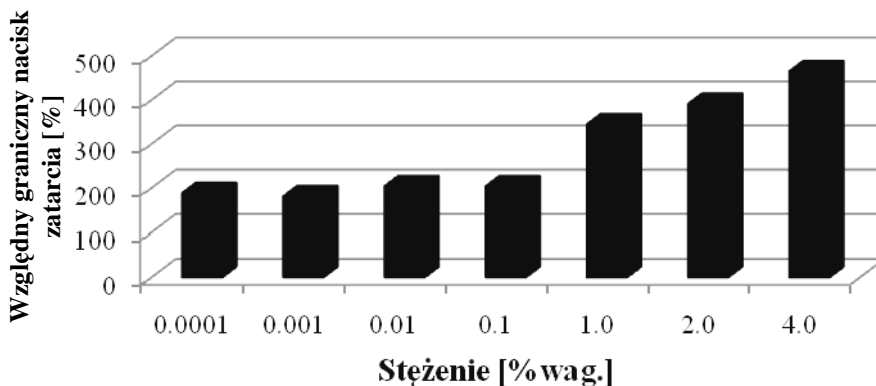
Wyznaczona wartość *obciążenia zatarcia* P_{oz} [L. 10–12] była podstawą do obliczenia względnych wartości obciążenia zatarcia ($W_{P_{oz}}$) liczonych względem wody (równanie 2). Uzyskane rezultaty przedstawiono na **Rys. 4**.



Rys. 4. Zależność względnego obciążenia zatarcia od stężenia wodnych roztworów kapryloamfopropionianu sodu (CyNa)

Fig. 4. Relative seizure load as a function of concentration of sodium caprylamfopropionate (CyNa) in water

Już od najniższych stężeń kapryloamfopropionianu sodu nie obserwowano zatarcia, podczas gdy woda ulegała zatarciu przy obciążeniu 3300 N. Maksymalną wartość P_{oz} (7200 N) dla tego przyrządu osiągnęły roztwory już od stężenia 0,0001%.



Rys. 5. Zależność względnego granicznego nacisku zatarcia od stężenia wodnych roztworów kapryloamfopropionianu sodu (CyNa)

Fig. 5. Relative limiting pressure of seizure as a function of concentration of sodium caprylamfopropionate (CyNa) in water

Na podstawie pomiarów obciążenia zatarcia (P_{oz}) obliczono *graniczny nacisk zatarcia* (p_{oz}), a następnie względny graniczny nacisk zatarcia w odniesieniu do wody (równanie 2).

Wszystkie ze zbadanych roztworów CyNa charakteryzowały się wyższymi wartościami granicznego nacisku zatarcia w odniesieniu do wody. Dla stężeń z przedziału 0,0001–0,1% wzrost wartości względem wody wynosił od ok. 180 do ok. 200%. Wraz ze wzrostem stężenia surfaktantu różnice te rosły i dla roztworów o stężeniu 4% wartość p_{oz} była sześciokrotnie wyższa niż dla wody.

WNIOSKI

W oparciu o analizę uzyskanych rezultatów można twierdzić, że roztwory kapryloamfoproponianu sodu (CyNa) charakteryzują się wysoką zdolnością do przeciwdziałania zacieraniu w porównaniu z wodą. Mogą więc być one wykorzystane jako dodatki modyfikujące właściwości przeciwzarcienne wody. Korzystny wpływ CyNa na wyznaczone właściwości tribologiczne jego wodnych roztworów można traktować jako wynik wysokiej aktywności tego związku, a także tworzenia micel w fazie powierzchniowej i objętościowej.

Praca finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008–2010 – Projekt Nr 15 0023 04.

LITERATURA

1. Sułek M.W., Wasilewski T., Antiseizure Properties of Aqueous Solutions Ethoxylated Sorbitan Esters, *Materials Science*, 9, 2003, 187–190.
2. Sułek M.W., Wasilewski T., Właściwości tribologiczne kompozycji smarowych zawierających alkilopoliglukozydy, *Tribologia*, 2, (182), 2002, 741–753.
3. Bouré Ph., Mazuyer D., Georges J.M., Lubrecht A.A., Lorentz G., Formation of boundary lubricating layers with water-based lubricant in a concentrated elastohydrodynamic contact, *Journal of tribology*, 1, 124, 2002, 91–102.
4. Jia J.H., Chen J.M., Zhou H.D., Wang J.B., Zhou H., Friction and wear properties of bronze-graphite composite under water lubrication, *Tribology International*, 37, 2004, 423–429.
5. Ratoi M., H. Spikes A., Lubricating properties of aqueous surfactant solutions, *Tribology Transactions*, 42, 1999, 479–486.

6. Sulek M.W., Wasilewski T., Influence of critical micelle concentration (CMC) on tribological properties of aqueous solutions of alkylpolyglucosides, *Tribology Transaction*, 52, 2009, 12–20.
7. Tanford C., Theory of micelle formation in aqueous solutions, *J. Phys Chem.*, 78, 1974, 2469–2479.
8. USA Patent 5 080 831 “aqueous cleaner/degreaser compositions, 1992.
9. Materiały informacyjne Croda Chemicals.
10. Szczerek M., Tuszyński W.: A method for assessing performance of automotive gear oils. *Handbuch der Tribologie und Schmierungstechnik*, Germany, 2002, pp. 108–115.
11. Burakowski T., Szczerek M., Tuszyński W.: Scuffing and Seizure – Characterization and Investigation. *Mechanical Tribology. Materials, Characterization, and Applications* Marcel Dekker, Inc. (USA) 2004, pp. 185–34.
12. Piekoszewski W., Szczerek M., Tuszyński W.: The action of lubricants under extreme pressure conditions in a modified four-ball tester. *Wear*, vol. 249, 2001, pp. 188–93.

Recenzent:
Stanisław PŁAZA

Summary

The subject matter of this paper is a continuation of research on water and surface active agents as lubricants. It is assumed that data obtained shall be used to develop working fluid formulations. The additive chosen, sodium caprylamphopropionate (acronym: CyNa), is an amphoteric surfactant. The seizure properties of water based solutions of CyNa were determined by the four-ball tester (T-02). Scuffing load (P_t), seizure load (P_{oz}) and limiting pressure of seizure (p_{oz}) were determined.