

BARBARA ŻMUDZIŃSKA-ŻUREK, MAGDALENA ŻÓŁTY*

BADANIE WPŁYWU CHARAKTERU BAZY OLEJOWEJ NA WŁAŚCIWOŚCI SMARÓW LITOWYCH

INFLUENCE OF BASE OILS CHARACTER ON LITHIUM GREASES PROPERTIES

Streszczenie

W artykule wytworzono smary litowe i kompleksowe litowe z udziałem różnych baz olejowych: naftenowej T 110, parafinowej SAE 30/95, parafinowej z dodatkiem aromatów SN 500, syntetycznej SYN 10. Określono efektywność zagęszczania w stosunku do baz olejowych mydłem litowym kwasu 12-hydroksystearynowego oraz kompleksowym mydłem litowym, do wytworzenia którego użyto kwasu 12-hydroksystearynowego oraz kwasu azelainowego. Zbadano wpływ stosunku masowego kwasów 12-hydroksystearynowego do azelainowego w zagęszczaczu kompleksowym litowym na efekt zagęszczający bazy olejowej. Określono wpływ ilości kompleksowego zagęszczacza na penetrację i temperaturę kroplenia. Przeprowadzono badania stabilności mechanicznej, stabilności strukturalnej oraz działania korodującego wybranych smarów litowych i kompleksowych litowych.

Słowa kluczowe: smar litowy, smar kompleksowy litowy, baza olejowa

Abstract

In this paper investigation the conventional and complex lithium greases were prepared with the following base oils: naphthenic T 110, paraffinic SAE 30/95, paraffinic with addition of aromates SN 500, synthetic SYN 10. There was determined capacity of saponification process with lithium 12-hydroxystearate salt on base oils. The influence of ratio of 12-hydroxystearic acid to azelaic acid in complex lithium soap on base oil saponification effect was studied. The influence of content complex lithium thickener on penetration and dropping point was determined. The researches included also mechanical and structural stability, corrosion effect of some conventional and complex greases.

Keywords: lithium grease, complex lithium grease, base oil

* Dr Barbara Żmudzińska-Żurek, mgr inż. Magdalena Żółty, Instytut Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Smary litowe stanowią dominującą grupę smarów plastycznych. Są to smary wielozadaniowe i często określane są jako uniwersalne, ponieważ znajdują szerokie zastosowanie w różnych skojarzeniach trących. Mogą być stosowane w szerokim zakresie temperatur, wykazują dobre właściwości ochrony smarowanych powierzchni przed korozją, dobrą odporność mechaniczną oraz odporność na działanie wody.

Do produkcji smarów litowych na szeroką skalę stosuje się kwas 12-hydroksystearynowy. Smary zagęszczane 12-hydroksystearianem są odporne na utlenienie oraz ścinanie [1].

Właściwości smarów litowych zależą w dużym stopniu od charakteru bazy olejowej, która jest ich głównym składnikiem. Do wytworzenia smarów litowych mogą być stosowane oleje pochodzenia mineralnego, oleje syntetyczne oraz roślinne. Na znaczeniu zyskują również oleje niekonwencjonalne, których produkcja pozwala w pełni wykorzystać wszystkie cenne składniki przerabianej ropy naftowej. Niektóre oleje syntetyczne, jak również oleje roślinne, charakteryzują się dużą zdolnością do biodegradacji oraz nietoksycznością produktów odpadowych, co ma wpływ na ochronę środowiska.

Podstawowymi parametrami określającymi przydatność oleju do produkcji smarów są: lepkość i wskaźnik lepkości, własności reologiczne w niskich temperaturach, temperatura zapłonu, własności smarne i zdolność do ochrony antykorozyjnej [2].

Lepkość bazy olejowej powinna być zbliżona do lepkości oleju, którym należałoby dany węzeł tarcia smarować, gdyby miał być smarowany olejem [3].

Za optymalne do produkcji smarów litowych należy przyjąć oleje mineralnego o wysokim wskaźniku lepkości, dobrej odporności na utlenianie, niskiej temperaturze krzepnięcia i wysokiej temperaturze zapłonu. Odpowiednio niska temperatura krzepnięcia bazy olejowej zapewnia dobrą pracę urządzenia w pobliżu dolnej granicy stosowania smaru. Odpowiednio wysoki stopień rafinacji oleju zapewnia dobrą odporność smaru na utlenianie i jego podatność na działanie inhibitorów utleniania, co jest szczególnie ważne dla smarów do łożysk tocznych. Temperatura zapłonu bazy olejowej określa możliwość odparowania oleju ze smaru i przygotowania smaru w wysokich temperaturach [2].

Właściwości mineralnych baz olejowych są związane z ich składem. Oleje te zawierają trzy zasadnicze grupy węglowodorów: parafiny, nafteny i aromaty. Spośród węglowodorów parafinowych izo-parafiny są pożądane z powodu ich doskonałej odporności na utlenianie, niskiej lotności i dobrej charakterystyce lepkościowej. Węglowodory n-parafinowe także posiadają dobrą odporność na utlenianie i niską lotność, ale wykazują bardzo słabe własności niskotemperaturowe [4]. Aromaty, jako składnik baz olejowych, są pożądane ze względu na ich zdolność do rozpuszczania dodatków i zanieczyszczeń, jednak nie są odporne na utlenianie i charakteryzują się zbyt wysoką lotnością. Im bardziej aromatyczny jest charakter bazy olejowej, tym mniej mydła trzeba wprowadzić, aby uzyskać większą wydajność smaru [5]. Nafteny wykazują zarówno dobrą odporność na starzenie, jak i odpowiednie własności niskotemperaturowe. Siarka i azot są często obecne w mineralnych bazach olejowych, ponieważ wchodzą w skład związków heterocyklicznych. Siarka może polepszać odporność baz olejowych na utlenianie, ale równocześnie przyczynia się do powstawania osadów i niestabilności koloru, związki azotu wspomagają utlenianie i tworzenie się osadów [4].

Wzrost wymagań stawianych smarom litowym zarówno pod względem ich właściwości użytkowych, jak też ochrony środowiska spowodował wprowadzenie w coraz szerszym zakresie syntetycznych baz olejowych [6].

W charakterze olejów syntetycznych stosuje się poli- α -olefiny, a także różnego rodzaju ciecze silikonowe, polialkilenoglikole, złożone estry kwasów dikarboksylowych (np. kwasu adypinowego, sebacynowego) i wyższych alkoholi C_{6+} , ciecze fluoro-, chloro- i krzemowęglowe, a także inne produkty syntezy organicznej (np. alkilobenzeny). Syntetyczne bazy olejowe do smarów charakteryzują się zazwyczaj wysokimi wskaźnikami lepkości, bardzo niską temperaturą krzepnięcia, niską prężnością par oraz stosunkowo wysoką temperaturą zapłonu (niejednokrotnie są to substancje niepalne). Smary uzyskane w oparciu o syntetyczne oleje stosuje się do smarowania mechanizmów specjalnych urządzeń aparatury [2].

Syntetyczne oleje są stosowane w takich warunkach, gdzie oleje mineralne już się nie nadają ze względu na występujące czynniki (np. ekstremalnie wysokie lub niskie temperatury, wysokie ciśnienia) lub nie są w stanie spełnić innych wymagań (np. niska odparowywalność). Powinny być stosowane wtedy, gdy są one w stanie zapobiec awariom lub zaburzeniom ruchu maszyn, krótkotrwałym okresom używalności oleju, powstawaniu ryzykownych stanów bezpieczeństwa, tak by ich zastosowanie pomimo wysokiej ceny było rozwiązaniem ekonomicznym [7]. Oprócz szeregu zalet olejów syntetycznych w porównaniu z olejami mineralnymi w odniesieniu do właściwości lepkościowo-temperaturowych, smarnościowych, zdolności do biodegradacji, posiadają również wady w zakresie innych własności np. stabilności oksydacyjnej [8].

W charakterze baz olejowych smarów litowych można stosować również oleje roślinne, głównie rzepakowy, sojowy, słonecznikowy [8]. Zaletą olejów roślinnych jest wysoka biodegradowalność, rzędu 95% oraz niska toksyczność. Ponadto charakteryzują się wysokim wskaźnikiem lepkości (≥ 200), dobrą smarownością, wysoką temperaturą zapłonu, kompatybilnością z dodatkami i olejem mineralnym oraz umiarkowanym kosztem [9,10]. Wadą natomiast jest słaba odporność termooksydacyjna, wynikająca z obecności glicerydów polinienasyconych kwasów tłuszczowych oraz niska temperatura pracy, którą można podwyższyć, wprowadzając w miejsce oleju roślinnego, syntetyczny olej estrowy [11, 12].

Celem pracy było określenie wpływu charakteru chemicznego baz olejowych na podstawowe właściwości smarów litowych.

2. Część doświadczalna

2.1. Charakterystyka składników smarów litowych

W charakterze bazy olejowej użyto:

- olej podstawowy T 110 produkcji firmy NYNAS,
- olej podstawowy SN 500 produkcji firmy SEMI,
- olej podstawowy SAE 30/95 produkcji firmy STATOIL,
- otrzymane z zachowawczej przeróbki ropy naftowej, selektywnie rafinowane furfurolem, odparafinowane metodą rozpuszczalnikową, a następnie poddane rafinacji wodorem,
- olej podstawowy SPECTRASYN 10 (poli- α -olefinowy), produkcji firmy EXXON MOBIL Oil Corporation-Synthetics, otrzymany w wyniku oligomeryzacji decenu-1.

Właściwości baz olejowych przedstawiono w tabeli 1.

Właściwości baz olejowych

Właściwości	Jednostka miary	Baza olejowa				Numer normy
		T 110	SAE 30/95	SN 500	SYN 10	
Charakter bazy	–	naftenowa	parafinowa	parafinowa z dodatkiem aromatów	syntetyczna	BN-64/0530-05
Barwa	–	żółty	jasny żółty	ciemny brąz	bezbarny	PN-80/C-04034
Gęstość w : 15°C 20°C	g/ml	0,9162 0,9160	0,8760 0,9134	0,9250 0,8796	0,8370 0,8277	PN-EN ISO 3838:2005(U)
Lepkość kinematyczna w: 40°C 100°C	mm ² /s	120,0 9,1	87,7 10,1	133,9 10,9	69,6 10,33	PN-81/C-04011
Wskaźnik lepkości	–	11	95	48	125	PN-79/C-04013
Punkt anilinowy	°C	86	112	64	–	PN-82/C-04028
Temperatura zapłonu	°C	209	252	215	259	PN-82/C-04008
Temperatura krzepnięcia	°C	–24	–9	–9	–50	ISO 3016/ASTM D97
Liczba kwasowa	mgKOH/g	<0,01	0,01	0,3	0,01	PN-88/C-04049
Zawartość siarki	%m/m	0,01	0,06	0,03	–	ISO 14596

W charakterze zagęszczacza zastosowano mydła litowe kwasu 12-hydroksystearynowego i litowe mydła kompleksowe, do wytworzenia których użyto kwas 12-hydroksystearynowy oraz kwas azelainowy.

2.2. Wytwarzanie smarów oraz zastosowane metody badawcze

Próbki smarów wytwarzano w laboratoryjnym reaktorze otwartym o pojemności 500 cm³, zaopatrzonym w mieszadło mechaniczne z płynną regulacją obrotów.

Smary litowe

Do reaktora wprowadzono 1/3 całkowitej ilości oleju, podgrzewano do 80°C przy ciągłym mieszaniu i w tej temperaturze wprowadzono kwas 12-KHS. Mieszając zawartość reaktora, podgrzewano do temperatury ok. 100°C w celu rozpuszczenia kwasu. Następnie mieszaninę chłodzono do 80°C i wprowadzano porcjami wodorotlenek litu w postaci wodnej zawiesiny (na 1 część wodorotlenku litu przypada 1,5 części wody). Po zakończeniu dozowania wodorotlenku litu zawartość reaktora mieszano przez 60 minut. Po tym czasie stopniowo podgrzewano mieszaninę do 210°C i utrzymywano w tej temperaturze przez 15 minut. Następnie do reaktora dodawano pozostałą część oleju, podgrzaną uprzednio do temperatury 100°C i ogrzewano jeszcze przez kolejne 15 minut, po czym smar stopniowo chłodzono przy ciągłym mieszaniu.

Kompleksowe smary litowe

Do reaktora wprowadzono 2/3 całkowitej ilości oleju, podgrzewano do 70°C przy ciągłym mieszaniu. W tej temperaturze wprowadzono kwas 12-KHS, a po jego rozpuszczeniu, dodano w temperaturze 85°C kwas azelainowy. Mieszając zawartość reaktora, podgrzewano do temperatury ok. 100°C w celu rozpuszczenia kwasu. Następnie mieszaninę chłodzono do 80°C i wprowadzono porcjami wodorotlenek litu w postaci wodnej zawiesiny (na 1 część wodorotlenku litu przypada 1,5 części wody). Po zakończeniu dozowania wodorotlenku litu, zawartość reaktora mieszano przez 30 minut. Po tym czasie stopniowo podgrzewano mieszaninę do 150°C w celu odparowania wody. Następnie w temperaturze 150°C dodawano pozostałą część oleju podgrzaną uprzednio do temperatury 100°C i szybko podnoszono temperaturę do 180°C, utrzymując przez kolejne 15 minut, po czym smar stopniowo chłodzono przy ciągłym mieszaniu.

Wytworzone smary w następnym dniu homogenizowano w egalizatorze typu Fryma, produkcji szwajcarskiej firmy Uhlman A.G., stosując szczelinę 0,2 mm.

Oznaczano następujące właściwości wytworzonych smarów:

- penetrację wg PN-84/C-04134,
- temperaturę kroplenia wg PN-84/C-04139,
- stabilność mechaniczną wg PN-62/C-04144,
- stabilność strukturalną wg BN-69/0536-11,
- działanie korodujące wg PN-75/C-05124.

Badanie penetracji polega na zmierzeniu głębokości na jaką zanurza się w ciągu 5 sekund znormalizowany stożek mikropenetrometru w ściśle określonych warunkach, a następnie przeliczeniu mikropenetracji na penetrację według cytowanego przez tą normę wzoru.

Badanie temperatury kroplenia polega na zmierzeniu temperatury, w której wydzieli się pierwsza kropla smaru w znormalizowanych warunkach.

Badanie stabilności mechanicznej polega na zmierzeniu zmian konsystencji smaru pod wpływem sił ścinających, działających przy wałkowaniu smaru w aparacie „Rolling Tester”, produkcji Stanhope Seta w temperaturze 60°C przez 4 godziny.

Badanie stabilności strukturalnej polega na określeniu ilości wydzielonego ze smaru oleju, podczas ogrzewania w termostacie, w temperaturze 100°C w ciągu 30 godzin.

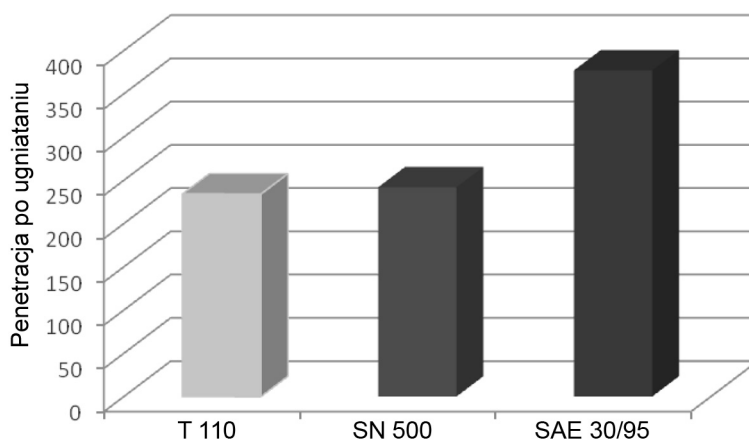
Badanie działania korodującego prowadzi się na płytkach miedzianych pokrytych cienką warstwą smaru, umieszczonych w 100°C przez 3 godziny. Następnie dokonuje się wizualnej oceny płytek w oparciu o skalę ASTM-130.

3. Opracowanie wyników badań

3.1. Badanie wpływu rodzaju bazy olejowej na konsystencję smarów

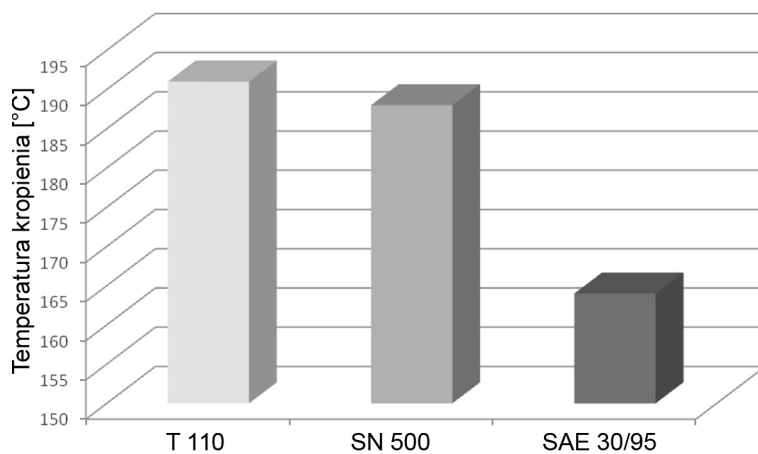
Wytworzono próbki smarów z udziałem mineralnych baz olejowych oraz jednakowej ilości zagęszczacza litowego, która wynosiła odpowiednio dla smarów prostych 8% m/m, dla smarów kompleksowych 17,5% m/m, przy czym stosunek 12-KHS do kwasu azelainowego był stały i wynosił 2,5:1.

Wytworzone smary poddano badaniom w zakresie podstawowych parametrów, tj. penetracji i temperatury kroplenia, a wyniki przedstawiono na rysunkach 1–4.



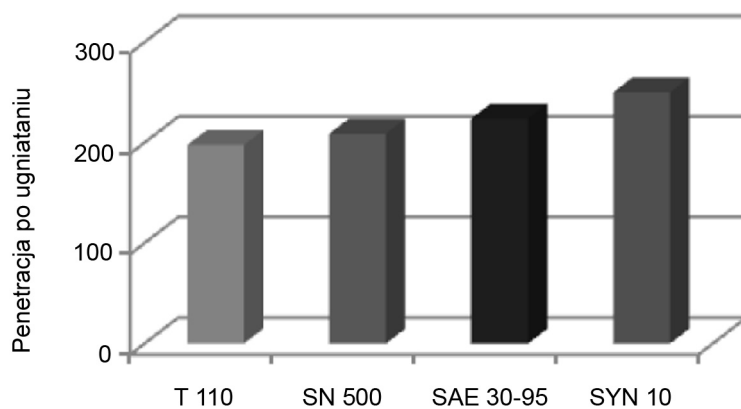
Rys. 1. Wpływ rodzaju mineralnej bazy olejowej na konsystencję smarów litowych

Fig. 1. Influence of mineral base oils type on lithium greases consistency



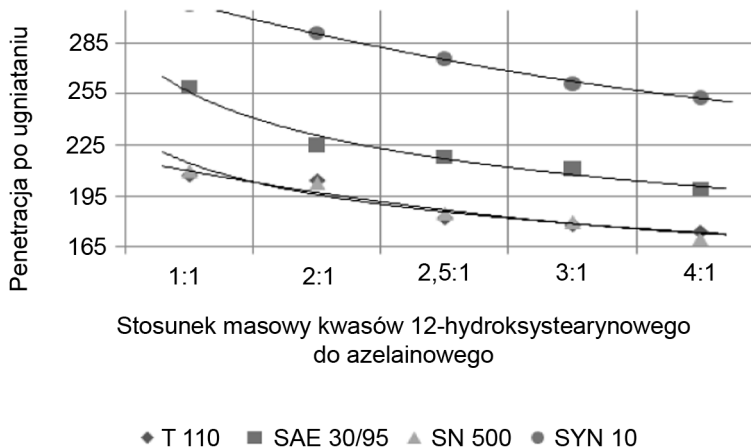
Rys. 2. Wpływ rodzaju mineralnej bazy olejowej na temperaturę kroplenia smarów litowych

Fig. 2. Influence of mineral base oils type on lithium greases dropping point



Rys. 3. Wpływ rodzaju bazy olejowej na konsystencję smarów litowych kompleksowych

Fig. 3. Influence of base oils type on lithium complex greases consistency



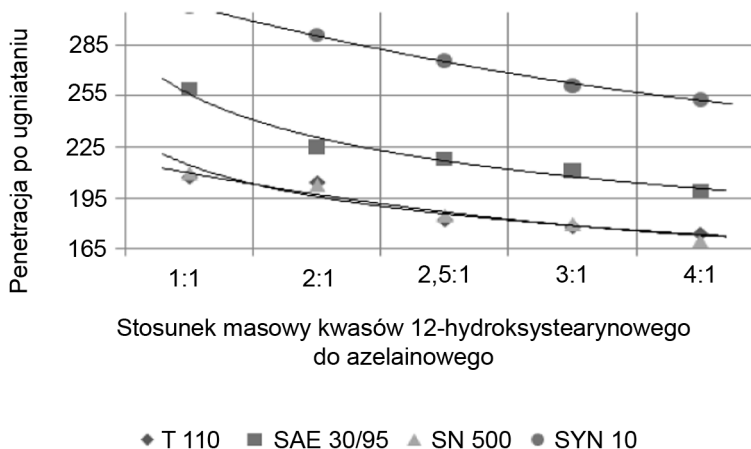
Rys. 4. Wpływ rodzaju bazy olejowej na temperaturę kroplenia smarów litowych kompleksowych

Fig. 4. Influence of base oils type on lithium complex greases dropping point

3.2. Badanie wpływu stosunku masowego użytych kwasów w zagęszczaczu na efekt zagęszczania bazy olejowej

Wytworzono próbki smarów, w których ilość zagęszczacza była stała i wynosiła 17,5%, a zmieniał się stosunek masowy kwasu 12-hydroksystearynowego do azelainowego.

Smary te poddano badaniom w zakresie penetracji i temperatury kroplenia, a wyniki przedstawiono na rysunkach 5 i 6.



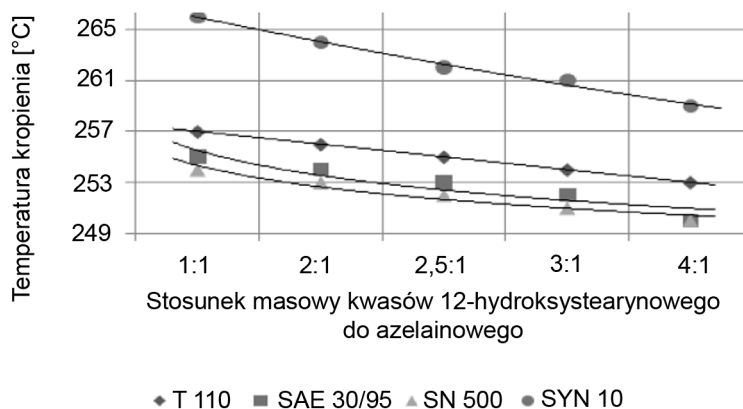
Rys. 5. Wpływ stosunku masowego kwasu 12-KHS do azelainowego na konsystencję smarów kompleksowych

Fig. 5. Influence of mass ratio of 12-OHSt acid to azelaic acid on lithium complex greases consistency

3.3. Badanie wpływu ilości zagęszczacza na efekt zagęszczania bazy olejowej

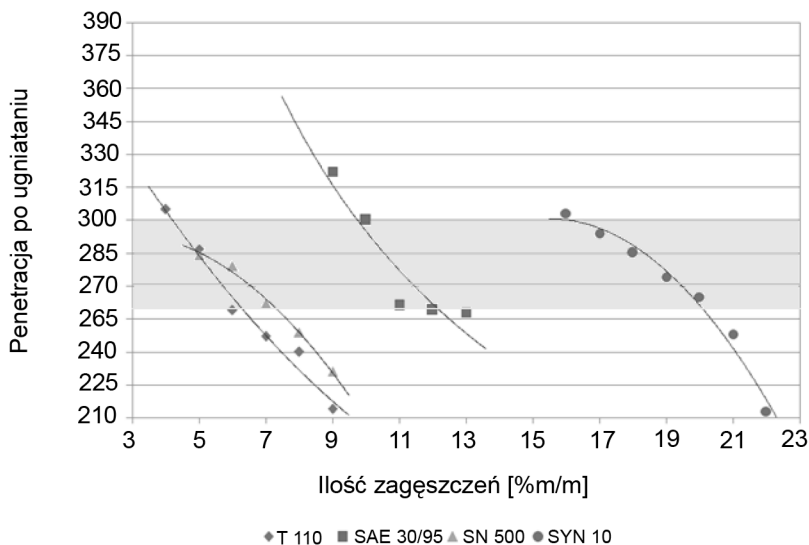
Z udziałem wszystkich baz olejowych oraz różnych ilości zagęszczacza wytworzono próbki smarów przy założeniu, że penetracja smarów będzie odpowiadała 2 i 3 klasie konsystencji. W przypadku smarów kompleksowych, stosunek masy kwasu 12-KHS do kwasu azelainowego użytych w zagęszczaczu był stały i wynosił 2,5:1.

Smary te poddano badaniom w zakresie penetracji i temperatury kroplenia. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 7–10.



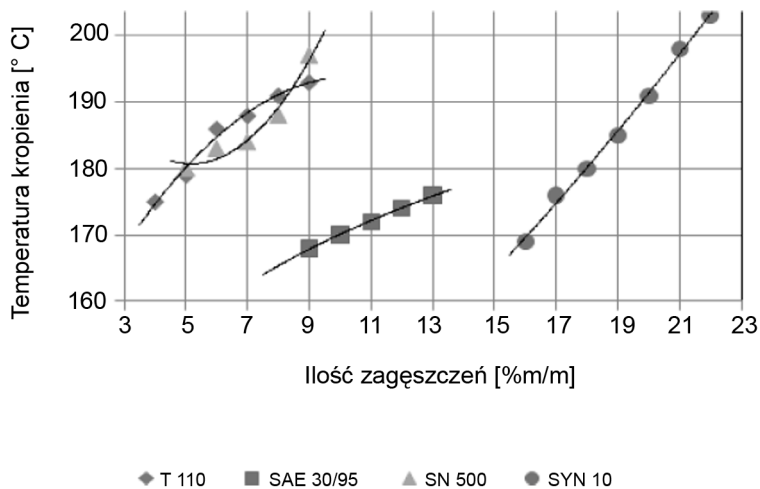
Rys. 6. Wpływ stosunku masowego kwasu 12-KHS do azelainowego na temperaturę kroplenia smarów kompleksowych

Fig. 6. Influence of mass ratio of 12-OHSt acid to azelaic acid on lithium complex greases dropping point



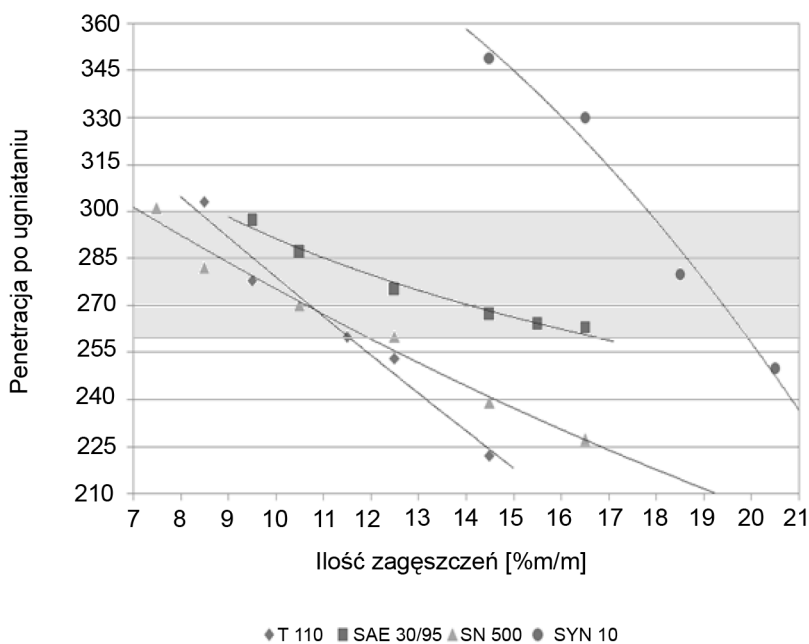
Rys. 7. Wpływ ilości zagęszczacza na konsystencję smarów litowych

Fig. 7. Influence of thickener amount on lithium greases consistency



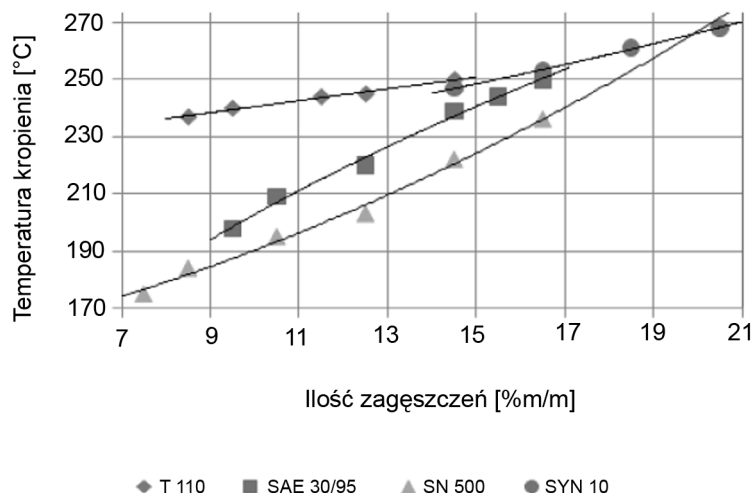
Rys. 8. Wpływ ilości zagęszczacza na temperaturę kroplenia smarów litowych

Fig. 8. Influence of thickener amount on lithium greases dropping point



Rys. 9. Wpływ ilości zagęszczacza, przy stosunku masowym kwasu 12-KHS do azelainowego 2,5:1 na konsystencję smarów kompleksowych

Fig. 9. Influence of thickener amount on lithium complex greases consistency by mass ratio of 12-OHSt acid to azelaic acid come to 2,5:1



Rys. 10. Wpływ ilości zagęszczacza, przy stosunku masowym kwasu 12-KHS do azelainowego 2,5:1 na temperaturę kroplenia smarów kompleksowych

Fig. 10. Influence of thickener amount on lithium complex greases dropping point by mass ratio of 12-OHSt acid to azelaic acid come to 2,5:1

3.4. Badanie właściwości fizykochemicznych wybranych smarów litowych

Badaniom poddano smary, których penetracja mieściła się w 2 klasie konsystencji, tj. 260–300 jednostek, wytworzone z udziałem zastosowanych w pracy baz olejowych i minimalnej ilości zagęszczacza. W przypadku smarów kompleksowych stosunek masowy kwasu 12-KHS do azelainowego w zagęszczaczu był stały i wynosił 2,5:1.

Wyniki badań zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2

Właściwości wybranych smarów litowych i kompleksowych smarów litowych

Właściwości	Rodzaj bazy olejowej			
	T110	SAE 30/95	SN 500	SYN 10
Smar litowy				
Ilość zagęszczacza [%m/m]	5	10	6	17
Stabilność mechaniczna [%]	20,2	14,3	30,8	5,1
Ilość wydzielonego oleju [%m/m]	13,5	12,2	17,1	12,7
Działanie korodujące	1b	1b	1a	1b

Kompleksowy smar litowy				
Ilość zagęszczacza [%m/m]	9,5	12,5	10,5	18,5
Stabilność mechaniczna [%]	14,6	7,9	9,3	7,9
Ilość wydzielonego oleju [%m/m]	6,1	6,0	5,4	4,1
Działanie korodujące	1a	1b	1b	1a

1a – lekkie zmatowienie; 1b – lekkie zmatowienie

4. Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że najwyższą podatność na zagęszczanie mydłem litowym kwasu 12-KHS wykazuje olej o charakterze naftenowym T 110, z kolei najniższą olej syntetyczny SYN 10. Wytworzenie smarów w klasie konsystencji 2, w przypadku bazy naftenowej T 110 wymaga użycia tylko $5\pm 6\%$ m/m zagęszczacza. Dla parafinowej bazy SN 500, która zawiera dodatek aromatów, ilość zagęszczacza jest nieco większa i wynosi $5\pm 8\%$ m/m. Największej ilości zagęszczacza, tj. 17–20% m/m, trzeba użyć w przypadku syntetycznej bazy SYN 10.

Najwyższymi temperaturami kroplenia charakteryzują się smary wytworzone na bazie syntetycznej. Smary wytworzone z udziałem olejów mineralnych posiadają nieco niższe temperatury kroplenia, przy czym w przypadku zastosowania oleju typu naftenowego oraz parafinowego z dodatkiem aromatów wartość ta jest podobna, rzędu 180°C. Smary wytworzone przy użyciu oleju parafinowego SAE 30/95 charakteryzują się najniższymi wartościami temperatur kroplenia, ok. 170°C.

Wzrost ilości zagęszczacza w smarze powoduje spadek wartości penetracji wytworzonych smarów oraz wzrost ich temperatury kroplenia.

Porównanie właściwości smarów litowych wytworzonych przy użyciu różnych baz olejowych wykazało, że smar wytworzony na SYN 10 charakteryzuje się doskonałą stabilnością mechaniczną oraz bardzo dobrą stabilnością strukturalną. Spośród mineralnych baz olejowych, smar wytworzony z udziałem oleju parafinowego wykazuje najmniejszą tendencję do wydzielania oleju oraz najlepszą stabilność mechaniczną. Żaden z wytworzonych smarów nie wykazuje korozji płytek miedzianych.

Zdolność zagęszczająca kompleksowych mydeł wzrasta wraz ze wzrostem udziału kwasu 12-KHS do kwasu azelainowego w zagęszczaczu. Ze względu na wartości podstawowych parametrów, tj. penetracji i temperatury kroplenia za optymalny stosunek kwasu 12-KHS do kwasu azelainowego w zagęszczaczu przyjęto 2,5:1. Przy tym stosunku składników zagęszczacza, najwyższą podatność na zagęszczanie wykazuje olej naftenowy parafinowy z dodatkiem aromatów, najmniejszą olej syntetyczny. Podobnie jak w smarach prostych największą podatność na zagęszczanie wykazują bazy T 110 i SN 500. W celu zagęszczenia bazy T 110 oraz SN 500 użyto odpowiednio 9,5–11,5 oraz 8,5–12,5% m/m zagęszczacza, a bazy syntetycznej SYN 10 użyto 18,8% m/m.

Kompleksowe smary litowe charakteryzują się zdecydowanie wyższą temperaturą kroplenia w porównaniu do temperatury kroplenia smarów litowych. Najwyższe temperatury kroplenia wykazują smary wytwarzane z udziałem oleju syntetycznego PAO, a z grupy olejów mineralnych, oleju naftenowego T 110.

Skłonność do wydzielania oleju pod wpływem temperatury jest najniższa dla smarów wytworzonych na bazie oleju syntetycznego i wynosi 4,1% m/m, dla pozostałych olejów ok. 6% m/m. Najlepszą stabilnością mechaniczną charakteryzują się smary na bazie naftenowej, najgorszą na bazie parafinowej z dodatkiem aromatów.

Olej typu naftenowego posiada bardzo dobrą podatność na zagęszczanie mydłami litowymi. Smary na bazie oleju naftenowego charakteryzują wysokie temperatury kroplenia, dobra stabilność strukturalna oraz niezbyt wysoka stabilność mechaniczna.

Olej typu parafinowego posiada najgorszą spośród mineralnych olejów bazowych podatność na zagęszczanie mydłami litowymi. Smary na bazie oleju parafinowego wykazują wysokie temperatury kroplenia oraz bardzo dobrą stabilność strukturalną i mechaniczną.

Olej typu parafinowego z dodatkiem aromatów ma porównywalną do oleju naftenowego podatność na zagęszczanie mydłami litowymi. Smary na bazie oleju parafinowego z dodatkiem aromatów posiadają wysokie temperatury kroplenia, porównywalne do temperatur kroplenia smarów na bazie naftenowej. Smary te charakteryzują się słabą stabilnością strukturalną i mechaniczną.

Olej typu syntetycznego posiada najgorszą spośród zastosowanych olejów podatność na zagęszczanie. W zakresie takich właściwości jak temperatura kroplenia, stabilność mechaniczna, skłonność do wydzielania oleju, smary charakteryzują się wyższą jakością w stosunku do smarów na bazie olejów mineralnych.

Literatura

- [1] Czarny R., *Smary plastyczne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
- [2] Praca zbiorowa po redakcją Żmudzińska-Żurek B., *Chemia i technologia ropy naftowej w laboratorium*, Wydawnictwo PK, 1987.
- [3] Podniało A., *Paliwa, oleje i smary w eksploatacji*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- [4] Deckamn D.E., Louis J.R., Murphy W.R., *Base Stock: The Real Story*, Hart's Lubricants World, 1997, 7, 46-50.
- [5] Beret S., *Impact of base Oil Changes on grease Performance*, NLGI Spokesman, 1993, 9, 12-18.
- [6] Szałajko U., Fiszer S., *Stabilność oksydacyjna mineralnych, syntetycznych i roślinnych olejów smarowych*, Nafta-Gaz, 1998, 9, 373-379.
- [7] Buczyński P., *Syntetyczne środki smarowe (część 1)*, Paliwa, oleje i smary w eksploatacji, 2002, 4, 15-18.
- [8] Stempfel E.M., Schmit L.A., *Biodegradable Lubricating Greases*, NLGI Spokesman, 1991, 8, 313-321.

- [9] Szałajko U., Fiszer S., Niemec P., Klomfas J., *Kompozycje olejów roślinnych i produktów ich epoksydacji jako środki smarowe*, Nafta-Gaz, 2004, 12, 653-658.
- [10] Fiszer S., Szałajko U., *Oleje roślinne jako substraty środków smarowych pochodzenia naftowego*, Nafta-Gaz, 2000, 3, 181-188.
- [11] Zajeziarska A., Steinmec F., Trzaska E., *Badania nadwytwarzaniem biodegradowalnych smarów plastycznych*, Nafta-Gaz, 1995, 12, 506-512.
- [12] Stempfel E.M., *Practical Experience with Highly Biodegradable Lubricants, Especially Hydraulic oils and Lubricating Greases*, NLGI Spokesman, 1998, 4, 8-23.