

Elżbieta Trzaska, Magdalena Żółty, Agnieszka Skibińska

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Badanie stabilności termooksydacyjnej smarów plastycznych. Część 1 – smary na oleju o charakterze parafinowym

W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych odporności na utlenianie smarów litowych i polimocznikowych, wytworzonych na bazie oleju o charakterze parafinowym, z zastosowaniem dodatków przeciwutleniających o różnej strukturze chemicznej. Badanie odporności na utlenianie prowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-C-04143:1956 przeznaczonej dla smarów oraz przy użyciu zmodyfikowanej metody Petrooxy.

Słowa kluczowe: smary, inhibitory utlenienia, odporność na utlenianie.

Determination of thermal-oxidation stability of lubricating greases. Part 1 – Greases based on paraffinic base oil

The article presents results of laboratory tests of the oxidation stability of lithium greases and polyurea greases manufactured on the basis of paraffinic oils, with the use of antioxidants characterized by a different chemical structure. Oxidation stability was carried out both according to the Polish Standard PN-C-04143:1956 which is dedicated to lubricating greases and with the modified Petrooxy method.

Key words: greases, antioxidants, oxidation stability.

Wprowadzenie

Smary plastyczne są układami o budowie koloidalnej, w których fazą rozpraszającą jest olej bazowy, a fazą rozproszoną substancja zagęszczająca [4, 6].

Faza rozpraszająca jest podstawowym składnikiem smaru plastycznego, stanowi ona 70÷90% (*m/m*) i decyduje między innymi o:

- właściwościach smarnych,
- zmianach właściwości w zależności od temperatury,
- odporności na utlenianie,
- właściwościach niskotemperaturowych,
- skłonności do odparowywania w podwyższonych temperaturach.

Najczęściej stosowanymi olejami bazowymi stanowiącymi fazę rozpraszającą smarów są oleje mineralne, syntetyczne oleje węglowodorowe, oleje poliglikolowe, syntetyczne estry, oleje silikonowe, tłuszcze roślinne i zwierzęce oraz

estry kwasów tłuszczowych i alkoholi monowodorotlenowych lub wielowodorotlenowych (smary biodegradowalne), etery polifenylowe oraz chlorofluorowęglowodory [6].

Zagęszczacz, stanowiący około 7÷25% (*m/m*), w istotny sposób wpływa na parametry eksploatacyjne smaru plastycznego. W zależności od rodzaju zagęszczacza smary dzieli się na:

- mydlane, z mydłami prostymi i kompleksowymi,
- zawierające zagęszczacze mieszane,
- węglowodorowe,
- z zagęszczaczami nieorganicznymi,
- z zagęszczaczami polimerowymi [4].

W celu nadania odpowiednich cech użytkowych do smaru wprowadza się substancje modyfikujące jego strukturę i właściwości. W skład smarów plastycznych mogą wchodzić różnego rodzaju dodatki uszlachetniające, tj.:

- modyfikatory struktury,
- stabilizatory,
- inhibitory korozji,
- inhibitory utlenienia,
- dodatki smarowościowe (przeciwzużyciowe AW – *AntiWear* i przeciwzatarciowe EP – *Extreme Pressure*),
- dodatki adhezyjne (zwiększające przyczepność smaru do metali),
- barwniki i środki zapachowe [6].

Smary litowe, zagęszczone 12-hydroksystearynianem litu, stanowią obecnie 65% wszystkich wytwarzanych na świecie smarów plastycznych [3]. Są to smary wielozadaniowe, uniwersalne i specjalne. Smary te są odporne na działanie wody, wykazują dobre właściwości ochrony przed korozją, a także charakteryzują się dobrą wytrzymałością mechaniczną (niepodatnością na wałkowanie i ścinanie). Są odporne na utlenianie, co jest istotne w przypadku pozostawiania smaru w łożysku w podwyższonej temperaturze przez dłuższy czas [2, 6, 7].

Smary polimocznikowe obecnie stanowią 5% wszystkich wytwarzanych na świecie smarów plastycznych [3]. Zostały one zagęszczone substancjami organicznymi. Charakteryzują się dobrą odpornością na działanie wody, a także

na ścinanie, niewielką skłonnością do wydzielania oleju, a przede wszystkim bardzo dobrą odpornością na starzenie. Wysoka trwałość smaru podczas pracy w łożyskach związana jest z obecnością bezpopiołowego zagęszczacza, odpornego na procesy utleniania. Starzenie tego typu smarów jest wynikiem utleniania oleju [2, 7].

Podczas eksploatacji środek smarowy, spełniając w układzie smarowania swoje podstawowe funkcje, narażony jest przede wszystkim na działanie wysokiej temperatury. Jedną z metod zapobiegania procesowi utleniania środków smarowych jest dobór odpowiednich dodatków uszlachetniających, co gwarantuje uzyskanie wymaganej stabilności oksydacyjnej tych środków.

Dodatki przeciwutleniające (antyutleniające, inhibitory utlenienia) są substancjami, których zadanie polega na spowolnieniu degradacji smaru na skutek procesów utleniania. Smar plastyczny w czasie pracy jest w kontakcie z tlenem z powietrza, a wysoka temperatura i katalityczne właściwości powierzchni tarcia metalu stwarzają bardzo dobre warunki do utleniania. Produkty utleniania zwiększają lepkość oleju, tworząc kwaśne zanieczyszczenia o właściwościach korozyjnych oraz osady typu: żywice, laki i polimery [1, 5].

Metodyki badawcze

Badanie odporności smarów na utlenianie prowadzono według następujących metod badawczych:

- PN-C-04143:1956 *Przetwory naftowe – Smary stałe – Badanie odporności na utlenianie*,
- PN-EN 16091:2011 *Ciekłe przetwory naftowe – Paliwa i mieszaniny ze średnich destylatów naftowych i estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME) – Oznaczenie stabilności oksydacyjnej metodą szybkiego utleniania w małej skali*.

Badanie odporności na utlenianie według PN-C-04143:1956

Standardowa metoda badania odporności smarów na utlenianie według PN-C-04143:1956 [8] polega na utlenianiu badanej próbki w ściśle określonych warunkach ciśnienia i temperatury. W zależności od wymagań norm przedmiotowych wyraża się ją wysokością spadku ciśnienia tlenu w bombie w określonym czasie lub czasem, w którym ciśnienie spadnie o ustaloną wartość oraz zmianą zawartości wolnych zasad lub kwasów organicznych.

Badanie prowadzone jest w naczyniu ciśnieniowym, tzw. bombie (rysunek 1). Naczynka ze smarem (pięć naczynek zawierających po 4 g smaru) umieszcza się w statywie (rysunek 2), który następnie wkłada się do odpowiednio przygotowanej bomby. Bombę wyposażoną w manometr, w temperaturze

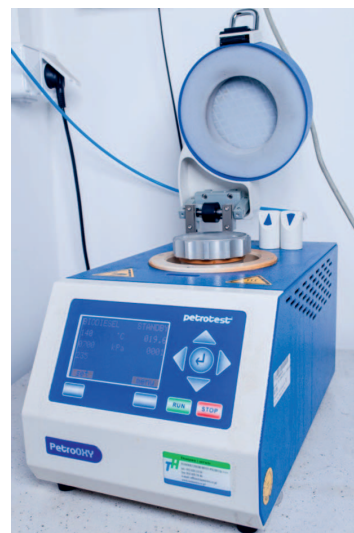


Rys. 1. Aparat do oznaczania odporności na utlenianie według PN-C-04143:1956 (fot. INiG – PIB)



Rys. 2. Zestaw do oznaczania odporności na utlenianie według PN-C-04143:1956 (fot. INiG – PIB)

otoczenia napełnia się tlenem do ciśnienia 700 kPa, które pozwoli obniżyć się, osiągając wartość około 50 kPa. Należy to wykonać czterokrotnie w celu usunięcia powietrza z bomby. Jeszcze raz napełnia się bombę do ciśnienia 800 kPa i pozostawia na co najmniej 6 h, w celu sprawdzenia szczelności. Następnie wypuszcza się z bomby część tlenu, aby uzyskać w temperaturze 100°C ciśnienie 800 kPa, o ile normy przedmiotowe nie określają innych warunków ciśnienia i temperatury. Bombę wstawia się do termostatu ogrzanego do temperatury badania. Moment umieszczenia bomby w termostacie należy traktować jako początek pomiaru. Od tej chwili trzeba zapisywać co 2 godziny ciśnienie tlenu w bombie, aż do osiągnięcia stałego maksymalnego ciśnienia, utrzymującego się przez okres nie krótszy niż 2 godziny. Po uzyskaniu maksymalnego ciśnienia należy dokonywać odczytu nie rzadziej niż co 18 h. Pomiar trzeba prowadzić do określonego czasu lub do osiągnięcia ustalonej wartości spadku ciśnienia [8].



Rys. 3. Aparat do oznaczania stabilności oksydacyjnej zmodyfikowaną metodą Petrooxy według PN-EN 16091:2011 (fot. INiG – PIB)

Zmodyfikowana metoda Petrooxy do badania odporności na utlenianie

Metoda Petrooxy, według PN-EN 16091:2011[9] dedykowana głównie do badania odporności na utlenianie paliw, została wykorzystana do pomiaru stabilności termooksydacyjnej smarów plastycznych. W stosunku do warunków badania paliw zmieniono następujące parametry:

- temperatura 100 i 140°C,
- ciśnienie 800 kPa,
- ilość próbki (4 g smaru).

Metoda badania polega na umieszczeniu naczynka testowego (zawierającego 4 g smaru) w temperaturze otoczenia w naczyniu reakcyjnym. Naczynie reakcyjne wstępnie przepłukuje się tlenem, a następnie napełnia do ciśnienia 800 kPa ± 5 kPa. Ogrzewa się je do zadanej temperatury (rysunek 3). Ciśnienie w naczyniu spada w miarę zużycia tlenu do utleniania próbki i jest rejestrowane w odstępach 1 s, aż do osiągnięcia punktu załamania. Czas upływający od początku oznaczania do punktu załamania jest okresem indukcyjnym w temperaturze badania [9].

Surowce do wytworzenia próbek smarów

Surowce zastosowane do wytworzenia próbek smarów:

- olej bazowy o charakterze parafinowym, grupy I według klasyfikacji API,
- zagęszczacze:
 - mydła metaliczne: 12-hydroksystearynian litu,
 - organiczny: polimocznik,
- inhibitory utleniania najnowszej generacji, typu:
 - A – fenolowy prosty,
 - B – fenolowy rozgałęziony,
 - C – aminowy,
 - D – mieszany fenolowo-aminowy,
 - E – ZnDTP (dialkiloditiofosforan cynku),
 - F – karbaminian.

Właściwości oleju bazowego przedstawiono w tablicy 1, a charakterystykę dodatków zamieszczono w tablicy 2.

Tablica 1. Właściwości fizykochemiczne oleju bazowego

| Właściwości | Olej bazowy | Metody badań |
|--|-------------|-----------------------------|
| Lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C [mm ² /s] | 86,6 | PN-EN ISO 3104:2004 |
| Lepkość kinematyczna w temperaturze 100°C [mm ² /s] | 10,24 | PN-EN ISO 3104:2004 |
| Wskaźnik lepkości | 99 | PN-ISO 2909:2009 + Ap1:2010 |
| Barwa | 1,5 | PN-ISO 2049:2010 |
| Temperatura płynięcia [°C] | -12 | PN-ISO 3016:2005 |
| Zawartość siarki [% (m/m)] | 0,551 | PN-EN 8745:2007 + Ap1:2014 |
| Liczba kwasowa [mg KOH/g] | 0,01 | PN-C-04049:1988 |
| Temperatura zapłonu [°C] | 270 | PN-EN ISO 2592:2008 |
| Skład grupowy węglowodorów [% (m/m)] | 77,9 | ASTM D 2007-11 |
| – węglowodory nasycone | 20,8 | |
| – węglowodory aromatyczne | 1,3 | |
| – związki polarne | | |

Tablica 2. Charakterystyka inhibitorów utleniania

| Nazwa handlowa | A | B | C | D | E | F |
|---|----------------------------------|---|---|---|--|--|
| Typ związku chemicznego | fenolowy prosty | fenolowy rozgałęziony | aminowy | mieszany fenolowo-aminowy | ZnDTP | karbaminian |
| Związek chemiczny | 2,6-di-tert-butyl-p-cresol (BHT) | 2,2',6,6'-tetra-tertbutyl-4,4'-methylene diphenol | benzenamine, N-phenyl-, styrenated, diphenylamine | bis(4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenyl) amine, di-octylated diphenylamine | zinc dialkyldithio-phosphate with primary alkyl groups | 4,4'-methylene-bis-dibutyldithio carbamate |
| Właściwości: | | | | | | |
| Wygląd w temperaturze 20 ±5°C | proszek barwy białej | proszek barwy żółtej | ciecz barwy żółtej | granulki jasnobrązowe | ciecz barwy żółtej | ciecz barwy żółtej |
| Temperatura zapłonu [°C] | 127 | > 170 | > 230 | 257 | > 150 | ok. 220 |
| Temperatura topnienia [°C] | ok. 69 | 154 | – | 85 | – | – |
| Gęstość w temperaturze 20°C [g/ml] | 1,030 | – | 1,090 | 0,99 | 1,100 | 1,060 |
| Lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C [mm ² /s] | – | – | ok. 700 | – | ok. 150 | ok. 360 |

Tablica 3. Właściwości smarów litowych

| Numer próbki | SOLi0 | SOLi1 | SOLi2 | SOLi3 | SOLi4 | SOLi5 | SOLi6 |
|--|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rodzaj inhibitora | N brak | A | B | C | D | E | F |
| Właściwości: | | | | | | | |
| Penetracja w temperaturze 25°C po ugniataniu 60 razy [mm/10] | 283 | 281 | 281 | 291 | 289 | 281 | 290 |
| Klasa konsystencji | 2 | | | | | | |
| Temperatura kroplenia [°C] | 198 | 204 | 200 | 199 | 210 | 198 | 198 |

Tablica 4. Właściwości smarów polimocznikowych

| Numer próbki | SOPu0 | SOPu1 | SOPu2 | SOPu3 | SOPu4 | SOPu5 | SOPu6 |
|--|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rodzaj inhibitora | N brak | A | B | C | D | E | F |
| Właściwości: | | | | | | | |
| Penetracja w temperaturze 25°C po ugniataniu 60 razy [mm/10] | 275 | 275 | 278 | 278 | 285 | 257 | 261 |
| Klasa konsystencji | 2 | | | | | 3 | |
| Temperatura kroplenia [°C] | 245 | 243 | 245 | 245 | 244 | 243 | 243 |

Sposób wytworzenia próbek do badań

Smary bazowe (N – bez inhibitorów utleniania) oraz smary zawierające dodatki antyutleniające (od A do F) wytwarzano w reaktorze o pojemności 1 kg i poddawano homogenizacji na młynie korundowym typu Fryma, przy szczelinie 0,2 mm.

Wytworzone smary zawierały jako zagęszczacz 12-hydroksystearynian litu, w ilości około 7%, lub polimocznik, w ilości około 15%.

Właściwości smarów przedstawiono w tablicach 3 i 4.

Badanie odporności smarów na utlenianie

Metoda PN-C-04143:1956

Wytworzone bazowe smary: litowy i polimocznikowy, oraz smary zawierające inhibitory utleniania przebadano w zakresie odporności na utlenianie według PN-C-04143:1956. Wyniki badań przedstawiono w tablicach 5 i 6 oraz na rysunku 4.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że smary wytworzone z zastosowaniem zagęszczacza po-

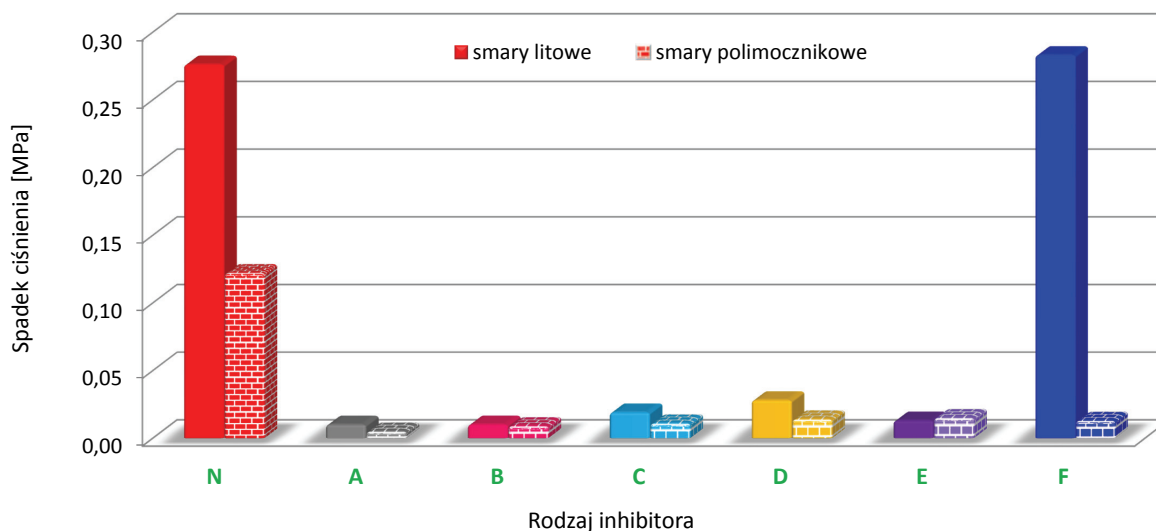
limocznikowego charakteryzują się lepszą odpornością na utlenianie niż smary litowe. Dla smarów litowych najskuteczniejszym inhibitorem utleniania okazały się być dodatki typu fenolowego A i B, a najmniej skutecznym – dodatek typu karbaminianu F. Dla smarów polimocznikowych najlepszym inhibitorem utleniania był dodatek A typu fenolowego.

Tablica 5. Odporność na utlenianie według metody PN-C-04143:1956 smarów litowych: bazowego oraz zawierających 0,5% (m/m) inhibitora utleniania

| Numer próbki | SOLi0 | SOLi1 | SOLi2 | SOLi3 | SOLi4 | SOLi5 | SOLi6 |
|--|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rodzaj inhibitora | N brak | A | B | C | D | E | F |
| Utlenianie 100°C/100 h, spadek ciśnienia [MPa] | 0,276 | 0,010 | 0,010 | 0,019 | 0,028 | 0,013 | 0,283 |

Tablica 6. Odporność na utlenianie według metody PN-C-04143:1956 smarów polimocznikowych: bazowego oraz zawierających 0,5% (m/m) inhibitora utleniania

| Numer próbki | SOPu0 | SOPu1 | SOPu2 | SOPu3 | SOPu4 | SOPu5 | SOPu6 |
|--|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rodzaj inhibitora | N brak | A | B | C | D | E | F |
| Utlenianie 100°C/100 h, spadek ciśnienia [MPa] | 0,122 | 0,005 | 0,009 | 0,011 | 0,014 | 0,015 | 0,013 |



Rys. 4. Wpływ rodzaju zagęszczacza na odporność smarów na utlenianie według metody PN-C-04143:1956

Zmodyfikowana metoda Petrooxy

Wytworzone bazowe smary: litowy i polimocznikowy, oraz smary zawierające inhibitory utleniania przebadano w zakresie odporności na utlenianie według zmodyfikowanej metody Petrooxy według PN-EN 16091:2011. Wyniki badań przedstawiono w tablicach 7 i 8 oraz na rysunkach 5–8.

W badaniu metodą Petrooxy stwierdzono, że w smarach litowych najskuteczniejszymi inhibitorami utleniania są dodatki typu fenolowego A i B, a najmniej skuteczny jest dodatek typu karbaminianu F. Dla smarów polimocznikowych najlepszym inhibitorem utleniania w niższej temperaturze (100°C)

okazał się być dodatek A typu fenolowego, a w wyższej temperaturze (140°C) – dodatek C typu aminowo-fenolowego.

Równocześnie stwierdzono, że podwyższenie temperatury badania do 140°C powoduje znaczny spadek odporności na utlenianie.

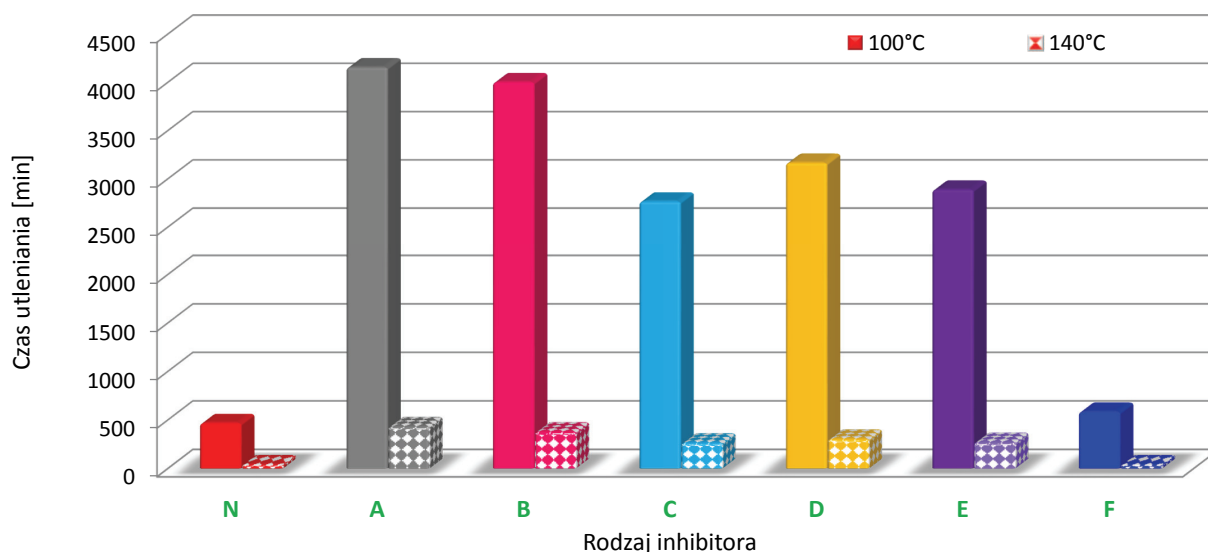
W temperaturze 100°C smary litowe wykazują wyższą odporność na utlenianie niż smary polimocznikowe (z analogicznymi inhibitorami utleniania), wyjątek stanowi próbka smaru zawierająca inhibitor utleniania typu karbaminianu F. Natomiast w temperaturze 140°C wyższą odpornością na utlenianie charakteryzują się smary z zagęszczaczem polimocznikowym.

Tablica 7. Odporność na utlenianie metodą Petrooxy smarów litowych: bazowego oraz zawierających 0,5% (m/m) inhibitora utleniania w temperaturach 100 i 140°C

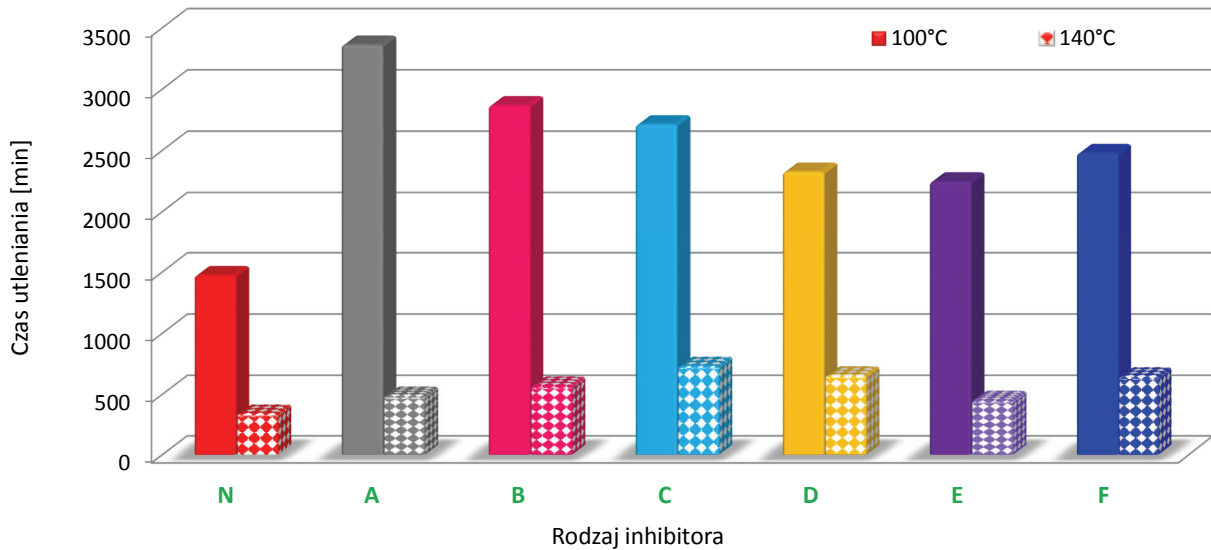
| Numer próbki | SOLi0 | SOLi1 | SOLi2 | SOLi3 | SOLi4 | SOLi5 | SOLi6 |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rodzaj inhibitora | N brak | A | B | C | D | E | F |
| Ciśnienie 800 kPa, temperatura 100°C [min] | 467 | 4156 | 4001 | 2765 | 3166 | 2888 | 584 |
| Ciśnienie 800 kPa, temperatura 140°C [min] | 39 | 436 | 382 | 268 | 307 | 275 | 38 |

Tablica 8. Odporność na utlenianie metodą Petrooxy smarów polimocznikowych: bazowego oraz zawierających 0,5% (m/m) inhibitora utleniania w temperaturach 100 i 140°C

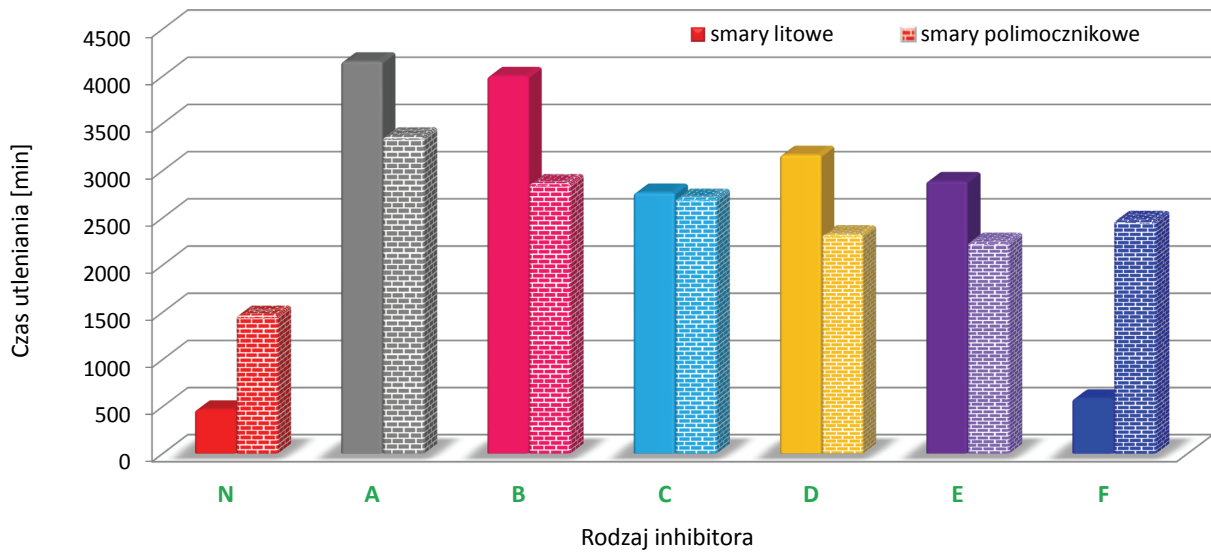
| Numer próbki | SOPu0 | SOPu1 | SOPu2 | SOPu3 | SOPu4 | SOPu5 | SOPu6 |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rodzaj inhibitora | N brak | A | B | C | D | E | F |
| Ciśnienie 800 kPa, temperatura 100°C [min] | 1472 | 3361 | 2866 | 2711 | 2324 | 2245 | 2476 |
| Ciśnienie 800 kPa, temperatura 140°C [min] | 340 | 488 | 572 | 734 | 655 | 453 | 647 |



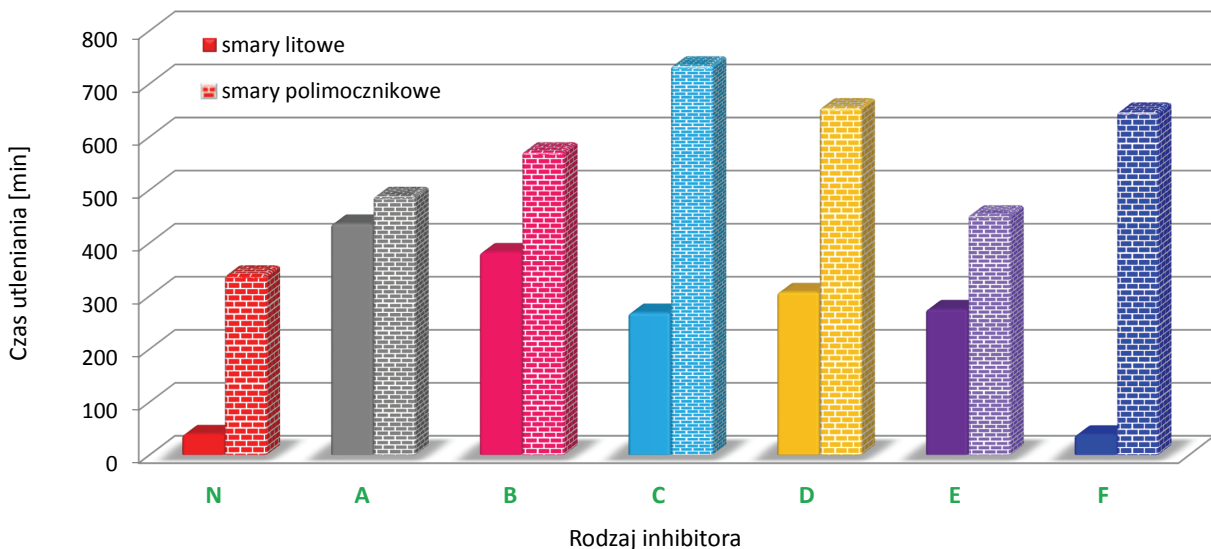
Rys. 5. Odporność na utlenianie metodą Petrooxy smarów litowych w temperaturach 100 i 140°C



Rys. 6. Odporność na utlenianie metodą Petrooxy smarów polimocznikowych w temperaturach 100 i 140°C



Rys. 7. Wpływ rodzaju zagęszczacza na odporność smarów na utlenianie metodą Petrooxy w temperaturze 100°C



Rys. 8. Wpływ rodzaju zagęszczacza na odporność smarów na utlenianie metodą Petrooxy w temperaturze 140°C

Podsumowanie

Przeprowadzono badania stabilności termooksydacyjnej smarów skomponowanych na oleju o charakterze parafinowym grupy I według API, zawierających jako zagęszczacze 12-hydroksystearynian litu oraz polimocznik, a także wzbogaconych inhibitorami utleniania o różnym charakterze chemicznym w ilości 0,5% (*m/m*).

Badanie odporności na utlenianie smarów prowadzono według metody PN-C-04143:1956 – przeznaczonej dla smarów, oraz przy użyciu zmodyfikowanej metody Petrooxy według PN-EN 16091:2011.

Stabilność smarów plastycznych może być modyfikowana poprzez wprowadzenie odpowiednich przeciwutleniaczy, których dobór zależy od rodzaju zagęszczacza smaru plastycznego oraz temperatury pracy smaru. Zmodyfikowana metoda Petrooxy jest skutecznym narzędziem pozwalającym na badanie stabilności oksydacyjnej smarów plastycznych. Badania odporności na utlenianie z zastosowaniem obu me-

tod wykazały, że smary skomponowane z udziałem zagęszczacza polimocznikowego charakteryzują się lepszą odpornością na utlenianie niż smary litowe. Dodatki o strukturze fenolowej okazały się najlepszymi inhibitorami utleniania w przypadku smarów litowych, natomiast dodatek typu karbaminianu – najmniej skutecznym.

W smarach polimocznikowych badanych według PN-C-04143:1956 najskuteczniejszym inhibitorem był dodatek fenolowy prosty. Natomiast wyniki uzyskane w badaniu metodą Petrooxy dla tego rodzaju smarów różniły się w zależności od temperatury prowadzenia testu. Dla smarów polimocznikowych najskuteczniejszym inhibitorem utleniania w niższej temperaturze (100°C) okazał się być dodatek fenolowy prosty, a w wyższej temperaturze (140°C) – dodatek typu aminowo-fenolowego. Równocześnie stwierdzono, że podwyższenie temperatury badania do 140°C powoduje znaczny spadek odporności na utlenianie.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2016, nr 11, s. 984–991, DOI: 10.18668/NG.2016.11.13

Artykuł nadesłano do Redakcji 11.08.2016 r. Zatwierdzono do druku 6.10.2016 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Badanie możliwości modyfikacji stabilności termooksydacyjnej smarów plastycznych* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 0007/TE/TO/15, nr archiwalny: DK-4100-7/15.

Literatura

- [1] Celichowski W., Margielewski L., Płaza S.: *Wstęp do tribologii i tribochemia*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2005.
- [2] Czarny R.: *Smary plastyczne*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
- [3] Grease Production Survey Report 2008–2011, NLGI.
- [4] Rembiesa-Śmiszek A., Skibińska A.: *Smary sulfonianowe do trudnych zastosowań*. Nafta-Gaz 2012, nr 12, s. 1140–1146.
- [5] Skibińska A., Żółty M.: *Badanie możliwości modyfikacji stabilności termooksydacyjnej olejów bazowych*. Nafta-Gaz 2015, nr 5, s. 327–336.
- [6] TOTAL – poradnik, *Smary plastyczne*, rozdział XIX.
- [7] Zajezierska A.: *Smary polimocznikowe – nowoczesny gatunek smarów do wielofunkcyjnych zastosowań*. Nafta-Gaz 2009, nr 1, s. 44–49.

Akty prawne i normatywne

- [8] Norma PN-C-04143:1956 *Przetwory naftowe – Smary stałe – Badanie odporności na utlenianie*.
- [9] Norma PN-EN 16091:2011 *Ciekłe przetwory naftowe – Paliwa i mieszaniny ze średnich destylatów naftowych i estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME) – Oznaczanie stabilności oksydacyjnej metodą szybkiego utleniania w małej skali*.



Mgr inż. Magdalena ŻÓŁTY
Specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych; kierownik Laboratorium Badań Właściwości Użytkowych.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A, 31-503 Kraków
E-mail: magdalena.zolty@inig.pl



Mgr inż. Agnieszka SKIBIŃSKA
Asystent w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: agnieszka.skibinska@inig.pl



Mgr inż. Elżbieta TRZASKA
Kierownik Laboratorium Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A, 31-503 Kraków
E-mail: elzbieta.trzaska@inig.pl