

Anna Zajeziarska

Institut Nafty i Gazu, Kraków

Smary polimocznikowe – nowoczesny gatunek smarów do wielofunkcyjnych zastosowań

Przedstawiono podstawowe właściwości użytkowe i eksploatacyjne smarów polimocznikowych, będących aktualnie nowoczesnym gatunkiem smarów do specjalistycznych i wielofunkcyjnych zastosowań. Określono rynek smarów polimocznikowych na tle światowej produkcji smarów plastycznych oraz główne kierunki ich zastosowań w różnych gałęziach gospodarki. Przewidywany stan prac w kraju oraz aktualne tendencje w zakresie stawianych wymagań jakościowych.

Polyurea greases – modern type of lubricants for multi-purpose applications

The basic functional and operational properties of polyurea greases are presented. In today's market polyurea greases provide a modern type of lubricating greases for specialist and multi-purpose applications. The market for polyurea thickened greases is determined and compared to the global production of lubricating greases. The main trends of application in various branches of industry are described. The state of domestic research and present trends regarding quality requirements is assessed.

Wstęp

Smary wielofunkcyjne, zwane również smarami ogólnego zastosowania, stanowią główną grupę asortymentową smarów do łożysk. Z uwagi na swe zalety użytkowe, tj. dobre właściwości reologiczne w szerokim zakresie temperatur pracy, właściwości przeciwkorozyjne i przeciwrzeczne, dobre właściwości smarne a także odporność na procesy utlenienia; smary wielofunkcyjne mogą być aplikowane do łożysk eksploatowanych w zróżnicowanych warunkach o szerokim zakresie parametrów jakościowych. Aktualnie dominującym gatunkiem smarów wielofunkcyjnych są smary litowe, wytwarzane z udziałem 12-hydroksystearnianu litu; ich udział w ogólnej ilości produkowanych smarów wynosi ok. 53%. Drugą pod względem ilościowym grupę smarów do wielofunkcyjnych zastosowań stano-

wią smary kompleksowe, litowe; aktualne ich zużycie w gospodarce światowej wynosi ok. 13%.

Obecne tendencje w zakresie jakości środków smarowych, związane z szybkim postępem techniki, powodują konieczność stosowania produktów o wysokiej trwałości użytkowej, aplikowanych do węzłów tarcia na cały okres trwałości urządzenia.

Takie wymagania jakościowe w zakresie trwałości eksploatacyjnej – niespotykane w przypadkach konwencjonalnych smarów plastycznych, zawierających klasyczne zagęszczacze – spełniają smary polimocznikowe. Wysoka trwałość pracy smarów polimocznikowych w łożyskach związana jest z obecnością bezpopiołowego zagęszczacza, odpornego na procesy utleniania [4, 16, 18, 20, 21].

Synteza zagęszczaczy, proces wytwarzania smarów polimocznikowych

Synteza zagęszczaczy polimocznikowych opiera się na opracowanej przez O. Bayera metodzie poliaddycji izocyjanianowej [6]. Reakcja ta umożliwia, w zależności od typu zastosowanych komponentów, szerokie modyfikowanie struktury i właściwości zagęszczaczy.

W literaturze opisywane są najczęściej następujące typy związków, stosowanych w charakterze zagęsz-

czaczy smarów plastycznych [1, 7, 8, 12, 17, 22, 31, 33, 35, 36]:

- polimocznikomoczniki,
- polimocznikouretany,
- polimocznikoamidy.

Związki te dyspergowane są w olejach podstawowych, mineralnych lub syntetycznych, nadając im stabilną strukturę plastyczną.

Polimocznikomoczniki stanowią związki o ogólnym wzorze:



gdzie:

- R i R₃ – rodnik alkilowy lub aryłowy monoaminy,
 R₁ – rodnik alkilowy lub aryłowy diizocyjanianu,
 R₂ – rodnik alkilowy lub aryłowy diaminy,
 n – 1÷5.

Związki te wytwarzane są w reakcji syntezy alkilo- lub aryłodiizocyjanianów z monofunkcyjnymi i difunkcyjnymi aminami, przy zachowaniu stosunku molowego reagentów MA : DA : IC = 2 : 1 : 2 [1, 7, 8, 33].

Polimocznikouretany stanowią związki, zawierające obok grup mocznikowych również grupy uretanowe, o ogólnym wzorze:



gdzie:

- R i R₃ – rodnik alkilowy lub aryłowy monoalkoholu,
 R₁ – rodnik alkilowy lub aryłowy diizocyjanianu,
 R₂ – rodnik alkilowy lub aryłowy diaminy,
 n – 1÷5.

Synteza zagęszczaczy polimocznikouretanowych prowadzona jest poprzez reakcję alkoholu jednowodorotlenowego, alkilo- lub aryłozocyjanianów i diaminy, przy zachowaniu stosunku molowego reagentów MA1 : DA : DIC = 2 : 1 : 2 [17, 35, 36].

Polimocznikoamidy to związki, zawierając obok grup mocznikowych również grupy amidowe, o ogólnym wzorze:



gdzie:

- R i R₃ – rodnik alkilowy lub aryłowy kwasu karboksylowego,
 R₁ – rodnik alkilowy lub aryłowy diizocyjanianu,
 R₂ – rodnik alkilowy lub aryłowy diaminy,
 n – 1÷5.

Synteza zagęszczaczy polimocznikoamidowych prowadzona jest w reakcji monofunkcyjnego kwasu karboksylowego, alkilo- lub aryłodiizocyjanianu i diaminy, przy zachowaniu stosunku molowego reagentów MK : DA : DIC = 2 : 1 : 2 [12, 22, 31].

Wytworzenie zagęszczacza o odpowiedniej strukturze, a w szczególności o określonym stosunku ilości grup oleofilowych do oleofobowych, zapewnia jego dobrą dyspergowalność w oleju bazowym. Ponadto dzięki dużej reaktywności diizocyjanianów możliwe

jest modyfikowanie struktury zagęszczaczy polimocznikowych, poprzez usieciowanie ich wiązaniami biuretowymi; co prowadzi do zwiększenia odporności smaru na działanie sił ścinających i podwyższenie stabilności mechanicznej.

Proces wytwarzania smarów polimocznikowych obejmuje następujące etapy: syntezę zagęszczacza „*in situ*” w oleju podstawowym, dyspergowanie zagęszczacza w oleju, wprowadzenie dodatków oraz homogenizację. Proces technologiczny może być prowadzony

na typowej instalacji do produkcji smarów, lecz z uwagi na rodzaj stosowanych komponentów (diizocyjaniiny, aminy) wiąże się on z koniecznością hermetyzacji aparatury.

Powyższe ograniczenia technologiczne zostały w ostatnich latach wyeliminowane przez zastosowanie w produkcji smarów polimocznikowych zagęszczacza, uprzednio wytworzonego w osobnym procesie [14].

Pozwoliło to na znaczne uproszczenie produkcji smarów, która polega na dyspergowaniu zagęszczacza w oleju, w określonej temperaturze oraz homogenizacji wytworzonego „pre-zagęszczacza” w tarczowym młynie koloidalnym lub homogenizatorze typu zaworu ścinającego.

Modyfikacja właściwości użytkowych smarów polimocznikowych dokonywana jest poprzez wprowadzenie dodatków uszlachetniających. Na ogół są to typowe dodatki, stosowane w konwencjonalnych smarach plastycznych, a więc: inhibitory korozji, dodatki smarne, inhibitory utlenienia, deaktywatory metali i modyfikatory tarcia.

W charakterze dodatków antykorozyjnych stosowane są: zasady Mannicha, pochodne kwasu alkenobursztynowego, sulfoniany metali alkalicznych, pochodne imidazoliny oraz pochodne sarkozyny [3, 34].

Jako dodatki smarne stosowane są sole kwasu fosforowego oraz dialkilotiofosforany i dialkilotiokarbaminiany [34]. Dobre rezultaty w zakresie modyfikowania odporności na wysokie naciski smarów polimocznikowych uzyskano stosując, w charakterze dodatków, borany i karboksylany metali ziem alkalicznych [3, 25, 34].

Niekiedy do smarów polimocznikowych wprowadzane są deaktywatory metali (głównie pochodne 1,2,3-triazolu) lub modyfikatory tarcia, na przykład stałe substancje smarowe: teflon, grafit czy disiarczek molibdenu.

Rolę inhibitorów utlenienia spełniają połączenia aminowe, na przykład: fenyloalfanaftyloamina, difenyloamina, fenylobetanaftyloamina, fenotiazyna, alkiłowane aminy aromatyczne, a także dodatki o wielofunkcyjnym działaniu: dialkilotiofosforany cynku i dialkilotiokarbaminiany cynku [25, 26].

Właściwości smarów polimocznikowych

Smary polimocznikowe charakteryzują się wysokimi walorami eksploatacyjnymi; szerokim zakresem temperatur pracy oraz dobrymi właściwościami smarowymi w warunkach wysokich prędkości obrotowych łożysk – także w obecności agresywnych czynników. Szczególną ich cechą jest odporność termiczna i trwałość pracy w wysokich temperaturach.

W publikacji T. Nadasdi [21] przedstawiono wyniki badania trwałości smaru polimocznikowego i smaru kompleksowego litowego. Badania prowadzono według metodyki ASTM D 3336. Stwierdzono, że w temperaturze 177°C trwałość eksploatacyjna smaru polimocznikowego jest około trzykrotnie wyższa, w porównaniu z wysokiej jakości smarem kompleksowym litowym i wynosi około 800 godzin.

Równocześnie badania prowadzone na stanowisku FAG FE9 wykazały, że maksymalna temperatura pracy smaru polimocznikowego wynosi 175°C. W warunkach prowadzenia tego samego testu, maksymalna temperatura pracy ciągłej smaru kompleksowego litowego jest niższa o 30°C i wynosi 145°C.

Trwałość eksploatacyjna smaru polimocznikowego, wytworzonego z udziałem syntetycznego oleju estrowego, była przedmiotem badań Krönera i Kleinleina [18].

Zastosowano metodykę DIN 51 821 z wykorzystaniem stanowiska badawczego FAG FE9. Badania prowadzono w warunkach zmiennych prędkości obrotowych łożysk, zmiennych obciążeniach i różnych temperatur. Wyniki badania przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Smary polimocznikowe – trwałość pracy w łożysku, w badaniu w aparacie FAG FE9 według DIN 51 821

	1	2	3	4	5
Warunki badania:					
▪ prędkość obrotowa [min ⁻¹]	1500	1500	4500	1500	1500
▪ obciążenie osiowe [kN]	3000	3000	3000	6000	6000
▪ temperatura [°C]	160	180	160	160	180
Trwałość pracy łożysk:					
▪ L 10 – czas bezawaryjnej pracy 90% badanych łożysk [h]	500*	170	365	198	110
▪ L 50 – czas bezawaryjnej pracy 50% badanych łożysk [h]	600*	195	390	298	130

W temperaturze 160°C i warunkach wysokich obciążeń osiowych (4500 kN), trwałość pracy smaru, określona jako czas bezawaryjnej pracy 90% łożysk, wynosi około 360 godzin. W warunkach maksymalnych temperatur, rzędu 180°C, smar polimocznikowy charakteryzuje się trwałością rzędu 200 godzin.

Aplikowanie smaru polimocznikowego do łożysk eksploatowanych w warunkach niskich prędkości obrotowych i obciążeń rzędu 1500 kN umożliwia eksploatację łożysk w czasie ok. 500 godzin.

Z badań przedstawionych przez Loderera [19] wynika, że zastosowanie syntetycznego oleju estrowego do produkcji smaru polimocznikowego umożliwia wytworzenie produktu charakteryzującego się wysoką trwałością; w teście stanowiskowym prowadzonym według metodyki DIN 51 821 (FAG FE9), trwałość smaru, określana jako czas bezawaryjnej pracy 50% łożysk, wynosi 500 godzin.

Właściwości smarne smarów polimocznikowych w badaniu w aparacie czterokulowym, określane jako najwyższe obciążenie niezacierające, są na poziomie smarów kompleksowych glinowych, mają zaś nieco niższe właściwości przeciwzużyciowe [10].

Produkcja smarów polimocznikowych, kierunki zastosowań

Smary polimocznikowe stanowią obecnie ok. 5% ogólnej ilości produkcji światowej smarów plastycznych. Produkcja ich rozwijana jest głównie w krajach Ameryki Północnej oraz w Japonii. W Europie Zachodniej udział w rynku smarów polimocznikowych jest niewielki i wynosi ok. 2% [23].

Najbardziej dynamiczny rozwój i wzrost zastosowania smarów polimocznikowych obserwowany jest w Japonii. Wprowadzone do gospodarki w latach osiemdziesiątych, obecnie stanowią ok. 23% ogólnej ilości stosowanych smarów. Poziom produkcji i zastosowania w gospodarce smarów polimocznikowych stanowi o wyjątkowej specyfice rynku japońskiego, w porównaniu ze światowym rynkiem smarów plastycznych (rysunek 1).

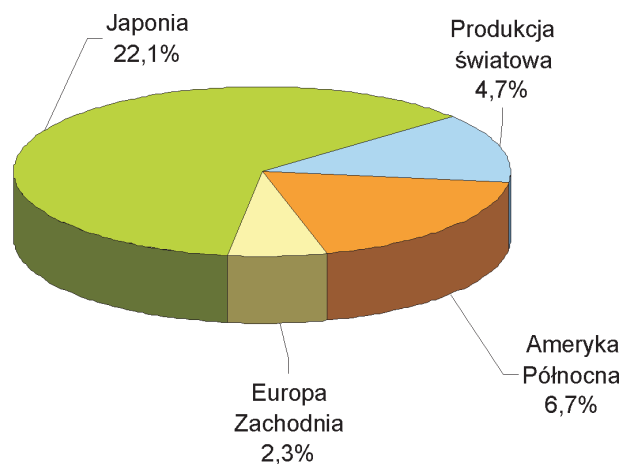
Smary polimocznikowe stosowane są głównie jako smary wielofunkcyjne do łożysk oraz jako smary do specyficznych zastosowań.

Głównym kierunkiem zastosowania jest aplikowanie ich do łożysk pracujących w warunkach podwyższonych temperatur (160-180°C) i montowanych w urządzeniach na cały okres eksploatacji. Częstym przykładem tego typu zastosowania są małogabarytowe, wysokoobro-

Wysokimi właściwościami przeciwzatarciowymi i przeciwzużyciowymi charakteryzują się smary zawierające – w charakterze zagęszczacza – kompleks polimocznika i octanu wapnia (smary polimoczniko-octanowe). Jest to ich szczególną cechą, wyróżniającą je z grupy smarów polimocznikowych i polimoczniko-uretanowych [11, 32].

Właściwości niskotemperaturowe smarów polimocznikowych zależne są głównie, jak u większości smarów, od charakteru chemicznego oleju, stosowanego do ich wytworzenia. W przypadku stosowania oleju mineralnego, właściwości te są porównywalne ze smarami litowymi. Dobre właściwości reologiczne w niskich temperaturach można uzyskać przez wytworzenie smarów polimocznikowych z udziałem oleju polialfaolefinowego [19, 32].

Oprócz wymienionych cech, smary polimocznikowe charakteryzują się również innymi, korzystnymi cechami eksploatacyjnymi, takimi jak: wysoka odporność na wodę, dobre właściwości reologiczne i łatwość przetłaczania w układach centralnego smarowania oraz niski stopień oddziaływania na materiał uszczelniający [2, 32].



Rys. 1. Produkcja smarów polimocznikowych – rynek światowy oraz kraje Ameryki Północnej, Europy Zachodniej i Japonii

towe silniki elektryczne małej mocy [9, 24]. Z uwagi na wysoką trwałość oraz odporność na wodę, smary polimocznikowe stosowane są również jako łożyskowe smary samochodowe [13, 15].

W Japonii od szeregu lat smary polimocznikowe stosowane są w przemyśle stalowym. Eksploatowane

w trudnych warunkach, tj. wysokich obciążeniach i podwyższonych temperaturach, umożliwiły znaczne wydłużenie okresu pracy łożysk, w porównaniu ze stosowanymi uprzednio smarami wysokotemperaturowymi (głównie bentonitowymi) [13, 29].

Podobne, dobre rezultaty uzyskano w wyniku eksploatacji smarów polimocznikowych w urządzeniach pracujących w przemyśle papierniczym oraz urządzeniach stosowanych przy utylizacji odpadów miejskich.

Smary polimocznikowe wytwarzane z udziałem wyselekcjonowanej grupy olejów podstawowych i dodatków uszlachetniających zostały dopuszczone przez Amerykański Urząd do Spraw Żywności i Leków (*Food and Drug Administration*) do stosowania w urządzeniach eksploatowanych w przemyśle spożywczym [30].

W ostatnich latach, w oparciu o przeprowadzone długotrwałe badania stanowiskowe i eksploatacyjne, smary polimocznikowe zostały zastosowane do łożysk kolejowych układów jezdnych [5].

Stan prac w Polsce

Prace badawcze, koncepcyjne i technologiczne, dotyczące smarów polimocznikowych, prowadzone były w Instytucie Technologii Nafty w latach 1975-1980. Rozpoczęto je w związku z planowanym uruchomieniem produkcji małogabarytowych łożysk do wysokoobrotowych silników małej mocy. W silnikach tych środek smarowy stosowany jest tylko przy montażu, tj. bez dalszego uzupełniania, na cały okres trwałości urządzenia.

Rezultatem rozpoczętych badań było opracowanie technologii smarów opartych na dwu typach zagęszczaczy:

- polimocznikowym, wytwarzanym w reakcji długolącuchowej aminy alifatycznej i alifatycznej aminy dwufunkcyjnej z aromatycznym diizocyjanianem,
- polimocznikouretanowym, wytwarzanym w reakcji alkoholu tłuszczowego, alifatycznej aminy dwufunkcyjnej z aromatycznym diizocyjanianem.

Wobec zbliżonych własności obu typów smarów, ze względu na większą dostępność surowców oraz prostszą technologię, jako perspektywiczny wytypowano zagęszczacz polimocznikouretanowy. Dzięki odpowiedniej strukturze, uzyskanej przez zastosowanie określonego stosunku między grupami oleofilnymi i oleofobowymi, zagęszczacz polimocznikouretanowy charakteryzował się wysoką zdolnością zagęszczającą, w odniesieniu do typowych olejów smarowych.

Szerokie badania stanowiskowe i eksploatacyjne potwierdziły wysoki poziom jakościowy smarów polimocznikouretanowych w zakresie większości podstawowych parametrów użytkowych.

Produkcję smaru polimocznikouretanowego, dla którego przyjęto nazwę smar *Syntex 2*, uruchomiono w Przedsiębiorstwie Doświadczalno-Produkcyjnym Naftochem w Krakowie. Smar *Syntex 2* z powodzeniem stosowany był przez kilkanaście lat w przemyśle łożyskowym; głównie w Fabryce Łożysk Toczących w Kielcach oraz Fabryce Silników Elektrycznych Silma w Sosnowcu.

Dokonujące się w kraju przemiany społeczno-gospodarcze oraz przekształcenia własnościowe spowodowały zasadnicze zmiany również na rynku środków smarowych. Smary polimocznikowe występują w asortymencie większości światowych koncernów naftowych. Asortyment ten obejmuje wielofunkcyjne smary polimocznikowe, smary polimocznikowe przeznaczone do łożysk eksploatowanych w warunkach wysokich temperatur i obciążeń, a także smary do specjalnych zastosowań: w kolejnictwie, przemyśle spożywczym oraz górnictwie.

Aktualnie w kraju smary polimocznikowe stosowane są w przemyśle łożyskowym jako smary o wysokiej trwałości i wysokiej zdolności do tłumienia drgań łożysk oraz w przemyśle samochodowym, w charakterze smarów stosowanych w przekładniach samochodowych.

Rozwijany systematycznie w kraju i na świecie rynek smarów polimocznikowych wskazuje na ich perspektywiczny charakter, jako nowoczesnych wielofunkcyjnych smarów łożyskowych, o wysokiej trwałości użytkowej, zapewniającej wysoką niezawodność urządzeń.

Literatura

- [1] Armstrong E., Hill M.: Mobil Oil Corporation. *Polyurea Thickened Greases*. Patent USA 3 725 279, zgłoszenie 12.08.1970.
- [2] Bailey W.: *Manufacture and Properties of Polyurea Greases*. NLGI Spokesman, 49, 6, 261-265, 1985.
- [3] Baker R., Vaast P.: *Sulfonates as Corrosion Inhibitors in Greases*. NLGI Spokesman, 54, 11, 465-471, 1991.

- [4] Bartz W.: *Synthetic Lubricating Greases*. 6th International LFE Congress Lubricants for the Future and Environment, Brussels, June 1999.
- [5] Baum W.M.: *The First Polyurea Thickened Grease Developed Specifically for Railroad Journal Bearings*. NLGI Spokesman, 63, 2, 8-19, 1999.
- [6] Bayer O.: *Angew. Chem.*, 59, 257-272, 1947.
- [7] Caruso G.: Shell Oil Company. *Grease composition*. Patent USA 4 261 844, zgłoszenie 21.12.1979.
- [8] Custurida M.: Texaco Development Corporation. *Novel polyureas and their use as grease thickening agents*. Patent USA 4 261 845, zgłoszenie 18.01.1980.
- [9] Di Sapia A., Gustafson J., Quall G.: *Selection of Grease for long-term Performance Testing in Ball Bearings Under Thrust Loads*. Lubrication Engineering, 33, 9, 481-486, 1977.
- [10] Dreher J., Carter C.F.: *New Polyurea Greases*. NLGI Spokesman, 34, 11, 390-393, 1979.
- [11] Dreher J.L., Crocker E.: *Polyurea – Acetate Greases*. NLGI Spokesman, 39, 12, 410-415, 1976.
- [12] Dreher L., Hotten B.: Chevron Research Corporation. *Greases Containing Amidourea Thickeners*. Patent USA 3 346 497, zgłoszenie 1.04.1965.
- [13] Endo T.: *Current Trends in Diurea Greases in Japan*. NLGI Spokesman, 61, 12, 1998.
- [14] Fessenbecker A., Rossrucker T.: *Polyurea Powder Technology of Greases – Latest Results*. NLGI Spokesman, 69, 2, 8-14, 2005.
- [15] Focke R.H.: *Multi-Purpose Greases. A New Dimension*. NLGI Spokesman, 57, 10, 430-434, 1994.
- [16] Iwamatsu H., Okamura S.: *The influence of Diurea Grease Composition on Film Thickness in Rolling EHD Contacts*. NLGI Spokesman, 63, 9, 30-35, 1999.
- [17] Kinoshita H.: NSK Nippon. *Grease Composition containing Urea, Urea – Urethane or Urethane Thickeners*. Patent USA 5 043 085, zgłoszenie 27.08.1991.
- [18] Kröner H., Kleinlein E.: *Forecasting lifetime expectancy of grease – lubricated roller bearings by using FE 9 test equipment*. NLGI Spokesman, 63, 3, 8-14, 1999.
- [19] Loderer D.: *Lifetime Lubrication of Rolling Bearing Under Extreme Conditions*. NLGI Spokesman, 60, 8, 8-13, 1996.
- [20] Loderer D.: *Lifetime Lubrication of Bearings at High Temperatures*. NLGI Spokesman 63, 7, 12-15, 1999.
- [21] Nadasdi T.: *Next Generation Long – Life Polyurea Greases*. NLGI Spokesman, 65, 8, 8-14, 2001.
- [22] Naka M., Kaizumi H.: NSK Ltd, Kyoto. *Grease Composition for High-Temperature, High-speed and High-load Bearings*. Patent USA 5 498 357, zgłoszenie 27.12.1993.
- [23] NLGI – 2005 Annual Production Survey. NLGI Spokesman, 27-48, January 2007.
- [24] Okamura S., Toyota M., Komiya H.: *Long Life Urea Grease for High Temperature and Speed Application*. NLGI Spokesman, 56, 3, 14-19, 1992.
- [25] Reys-Gavilan, Odoriso P.: *A Review of the Mechanism of Action of Antioxidants, Metal Deactivators and Corrosion Inhibitors*. NLGI Spokesman, 64, 11, 22-33, 2001.
- [26] Roers I., Fessenbecker A.: *A New Additive for the Hydrolytic and Oxidative Stabilization of Ester based Lubricants and Greases*. NLGI Spokesman, 61, 3, 10-17, 1997.
- [27] Root J.C.: *A Comparative Study of Polyurea and Lithium Complex Grease Thickeners*. NLGI Spokesman, 58, 9, 364-366, 1994.
- [28] Root J.C.: *The World's First Fibrous Polyurea Greases*. NLGI Spokesman, 59, 11, 439-441, 1995.
- [29] Rush R.E.: *Greases for Steel Mill Lubrication*. NLGI Spokesman, 57, 6, 240-243, 1993.
- [30] Solzman C.M., Waren R.E.: *Field Testing and Marketing A New Food Machinery Greases*. NLGI Spokesman, 41, 12, 404-408, 1978.
- [31] Stemke J.: Chevron Research Corporation. *Grease Composition*. Patent USA 4 661 276 zgłoszenie 28.04.1987.
- [32] Vartanian P.F.: *Polyurea Complex Greases. Ten Years Later*. NLGI Spokesman, 49, 3, 98-102, 1985.
- [33] Wayne W., Balley G.: Gulf Research Development Company. *Aryl Diurea – Thickened Greases*. Patent USA 4 065 395, zgłoszenie 22.01.1978.
- [34] Whitehead R., Röhrs I.: *Heavy Metal-Free Additives for Lubricating Greases*. NLGI Spokesman, 57, 8, 335-341, 1993.
- [35] Wulfer F.T.: Shell Oil Company. *Diurethane – diurea Thickened Grease Compositions*. Patent USA 3 766 070, zgłoszenie 1.10.1970.
- [36] Wulfer F.T.: Shell Oil Company. *Grease Compositions*. Patent USA 3 766 071, zgłoszenie 1.10.1970.



Dr inż. Anna ZAJEZIERSKA – absolwentka Wydziału Chemicznego Politechniki Krakowskiej. Zastępca Kierownika Zakładu Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów INiG. Specjalizuje się w zagadnieniach technologii wytwarzania środków smarowych do zastosowań przemysłowych i dla motoryzacji oraz oceną ich właściwości eksploatacyjnych. Autorka wielu publikacji patentowych.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski