

Oddziaływanie środków smarowych na materiały polimerowe

Effects of lubricants on polymeric materials

Agnieszka Skibińska, Dariusz Sacha

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: Wyroby z tworzyw sztucznych produkowane są na skalę przemysłową już od ponad 100 lat. Ze względu na dużą różnorodność polimerów i ich właściwości wyroby z tworzyw sztucznych można spotkać w każdej dziedzinie życia. Stosunkowo niewielka gęstość większości tworzyw sztucznych sprawia, że wyroby z nich wykonane są bardzo lekkie. Polimery są odporne na działanie różnych czynników powodujących degradację wielu innych materiałów. Tworzywom z łatwością można nadać pożądany kształt, a stosując różne dodatki, można modyfikować ich właściwości. Tworzywa sztuczne można łatwo łączyć z innymi materiałami konstrukcyjnymi. Te właściwości powodują, że tworzywa sztuczne to niezwykle wszechstronne materiały, dzięki czemu możliwości ich zastosowania są praktycznie nieograniczone. Wyjątkowa wszechstronność tworzyw sztucznych sprawia, że stosuje się je w produkcji opakowań, budownictwie i konstrukcjach, transporcie, przemyśle elektrycznym i elektronicznym, rolnictwie, medycynie czy sporcie. Nie oznacza to jednak, że są niezniszczalne. Zdarza się, że różne substancje oddziałują agresywnie na polimery, powodując zmianę ich właściwości. Zmiana parametrów, fizycznych i mechanicznych, może wpłynąć bardzo niekorzystnie na możliwość stosowania polimerów w środowisku narażonym na te właśnie czynniki, prowadząc do uszkodzenia maszyn i urządzeń, jak również niekorzystnie oddziałując na środowisko naturalne i człowieka. Kompatybilność materiałowa jest bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na trwałość, bezpieczeństwo i niezawodność stosowanych urządzeń mechanicznych. Wprowadzenie na rynek nowo opracowanych środków smarowych do nowych zastosowań lub takich środków, w których zmieniono bazy olejowe lub pakiety dodatków uszlachetniających, wymaga sprawdzenia ich współoddziaływania z materiałami konstrukcyjnymi urządzeń, w których będą one stosowane. W artykule przedstawiono wyniki badania współoddziaływania olejów wykorzystywanych jako komponenty środków smarowych oraz pozyskanych z rynku środków smarowych stosowanych do smarowania rozjazdów kolejowych z tworzywami polimerowymi, tj. poliuretanem i polipropylenem.

Słowa kluczowe: materiały polimerowe, kompatybilność, polietylen, poliuretan, środki smarowe.

ABSTRACT: Plastic products have been produced on an industrial scale for more than 100 years. Due to the wide variety of polymers and their properties, plastic products can be found in every walk of life. The relatively low density of most plastics makes products made from them very lightweight. Polymers are resistant to a variety of factors that cause degradation of many other materials. Plastics can easily be shaped into the desired shape, and by using various additives their properties can be modified. Plastics can be easily combined with other construction materials. These properties make plastics extremely versatile materials, so the possibilities for their use are virtually unlimited. The exceptional versatility of plastics means that they are used in packaging, building and construction, transportation, electrical and electronic industry, agriculture, medicine or sports. However, this does not mean that they are indestructible. Various substances interact aggressively with polymers, causing a change in their properties. The change in parameters, physical and mechanical, can adversely affect the possibility of their use in an environment exposed to these very factors, leading to damage to machinery and equipment, as well as detrimental effects on the natural and human environment. Material compatibility is a very important factor affecting the durability, safety and reliability of mechanical equipment in use. The introduction of newly developed lubricants to the market for new applications or those in which oil bases or additive packages have been changed requires checking their interaction with the structural materials of the equipment in which they will be used. This article presents the results of a study of the interaction of oils used as lubricant components and lubricants obtained from the market used for lubricating railroad turnouts with polymeric materials, i.e. polyurethane and polypropylene.

Key words: polymeric materials, compatibility, polyethylene, polyurethane, lubricants.

Wstęp

Materiały polimerowe, powszechnie zwane tworzywami sztucznymi lub tworzywami polimerowymi, znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach życia codziennego i techniki. Dobre właściwości mechaniczne, dobry stosunek wytrzymałości do gęstości materiału, stawia je na równi ze stopami metali nieżelaznych i pozwala z nimi konkurować w różnych zastosowaniach (Rybiński i Janowska, 2013). Na rynek wprowadzane są również materiały polimerowe kompozytowe o jeszcze bardziej zwiększonej wytrzymałości mechanicznej (Datta i Piszczyk, 2006). Dodatkowo są to materiały, dla których ilość energii potrzebna do wyprodukowania gotowego wyrobu jest zdecydowanie mniejsza niż w przypadku innych materiałów. Przetwórstwo tworzyw polimerowych, czyli wytwarzanie z nich wyrobów, zalicza się do technologii energooszczędnych i materiałooszczędnych. Wyroby z tych materiałów są ekologiczne i można je powtórnie wykorzystywać (Garbarski, 2001; Fabijański, 2010). Produkcja poliuretanów może być jeszcze bardziej ekologiczna.

W ostatniej dekadzie nastąpił błyskawiczny rozwój w dziedzinie poliuretanów związany z wykorzystaniem surowców

pochodzących z tzw. źródeł szybko odnawialnych. Komponenty te pozyskiwane są głównie z upraw roślin przeznaczonych do celów niespożywczych (np. produkcja biodiesla) lub roślinnych odpadów poprodukcyjnych. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się rośliny takie jak soja, rzepak czy kukurydza. Z roślin tych pozyskuje się głównie tłuszcze i cukry, które poddane obróbce chemicznej i biochemicznej zasilają rynek przemysłu chemicznego w komponenty takie jak bioglikole, estry kwasów tłuszczowych czy alifatyczne diizocyjaniany oparte na kwasach tłuszczowych (Datta i Głowińska, 2014). Powszechnie stosowanymi komponentami pochodzenia szybko odnawialnego do produkcji biomonomerów są oleje roślinne, m.in. olej sojowy, słonecznikowy, palmowy, rzepakowy, rycynowy, lniany i wiele innych. W literaturze opisanych jest kilka metod pozwalających na ich pozyskiwanie z roślin oleistych oraz chemiczne metody ich modyfikacji w celu otrzymania polioli (Liang et al., 2017), przeznaczonych przede wszystkim do syntezy sztywnych pianek poliuretanowych, rzadziej lanych poliuretanów (Małewska et al., 2016; Ryszkowska et al., 2017; Głowińska et al., 2018).

Najczęściej stosowane materiały polimerowe zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka najczęściej stosowanych materiałów polimerowych (Plastem, Plasteopedia, Fabijański i Milczarek, 2013)

Table 1. General characteristics of the most often used polymeric materials (Plastem, Plasteopedia, Fabijański and Milczarek, 2013)

Rodzaj polimeru Symbol	Warunki stosowania: temperatura od/do, pH	Cechy charakterystyczne	Właściwości
Poliuretan PUR	do +80°C środowisko pH 5–12	Tworzywo gumopodobne o wysokich wskaźnikach eksploatacyjnych. Jego właściwości można kształtować w bardzo szerokim zakresie, co czyni je tworzywem niezwykle uniwersalnym. Poliuretany mają duży zakres twardości z równoczesnym zachowaniem dużej elastyczności. Wysokie właściwości mechaniczne oraz duża odporność chemiczna powodują, że wypierają one materiały tradycyjne, jak guma metale czy ceramika.	Wytrzymałość na rozciąganie i rozdzielanie, doskonałe tłumienie drgań, odporność na wiele agresywnych środowisk, w tym rozpuszczalniki, kwasy i ropopochodne, wybitna odporność na ścieranie, wielokrotnie większa niż w przypadku gumy czy stopów trudnościeralnych, odporność na warunki atmosferyczne, odporne na starzenie, samogasnące, elektroizolujące, niebrudzące.
Polietylen PE	do +80°C środowisko pH 5–12	Charakteryzuje się znakomitymi właściwościami ślizgowymi, niewielką ścieralnością, przy jednoczesnym zachowaniu dużej odporności na korozję naprężeniową, umożliwiającą wykorzystanie PE w przemyśle spożywczym, pakującym i magazynowym czy rozlewniczym.	Doskonałe właściwości ślizgowe, niska ścieralność, niewielka gęstość, znakomite właściwości elektroizolacyjne, duża stabilność wymiarowa, bardzo dobra odporność chemiczna, niewielka wodochłonność, dzięki modyfikacji olejem mineralnym w procesie polimeryzacji możliwe jest osiągnięcie ciągłego smarowania w trakcie eksploatacji, wysoka udarność.
Poliamid PA	–30°C / +100°C	Wyróżnia się znakomitymi parametrami mechanicznymi, dużą odpornością na rozciąganie i ścieranie, a także niewielkim współczynnikiem tarcia. Duża chłonność wilgoci (od 2,5% do 2,8%). Tworzywo to wykazuje również pełzanie na zimno. Stosowane jest w przeróżnych sektorach przemysłu. Jest to jedno z podstawowych tworzyw konstrukcyjnych, wykorzystywanych w produkcji różnego typu elementów konstrukcyjnych maszyn.	Wysoka granica plastyczności daje niezwykle właściwości elastyczne, bardzo dobre właściwości ślizgowe (m.in. przy prowadnicach czy kołach zębatych), duża udarność, także przy niskiej temperaturze, możliwość utrzymania stabilności wymiarowej przy dużych wahańach temperatury, niewielki współczynnik tarcia, duża odporność na ścieranie, dzięki tłumieniu drgań możliwe jest zmniejszenie hałasu, są to materiały o dobrej skrawalności, duża odporność chemiczna na różnego rodzaju płyny, w tym tłuszcze, oleje czy benzyny.

cd. Tabela 1/ cont. Table 1

Rodzaj polimeru Symbol	Warunki stosowania: temperatura od/do, pH	Cechy charakterystyczne	Właściwości
Teflon PTFE	do +260°C	Sprawdza się w różnych gałęziach przemysłu. Wykorzystywany jest między innymi do budowy aparatury chemicznej, maszyn, w technice transportowej, elektrotechnice, elektronice oraz technice laserowej. Sprawdza się w produkcji pomp oraz armatury, oczyszczaniu spalin, kriotechnice, a także w technice laserowej, filtracyjnej, medycznej czy środków spożywczych.	Materiał bezzapachowy i bezzapachowy, obojętność fizjologiczna – brak szkodliwości dla organizmu aż do temperatury +270°C, doskonałe właściwości ślizgowe i ściernalne, wytrzymałość na hydrolizę oraz gorącą parę, w zasadzie brak zjawiska drgań ściernych, wysoka udurowienie nawet w niskich temperaturach, duża wytrzymałość na promienie UV, nietoksyczny, odporność na działanie mikroorganizmów i grzybów, w zależności od typu antystatyczny lub elektrycznie izolujący, wysoka odporność na działanie prawie wszystkich czynników chemicznych i rozpuszczalników, wysoka temperatura ciągłego użytkowania (+260°C).

Badając oddziaływanie substancji chemicznych na zmianę właściwości materiałów polimerowych (Fabijański i Milczarek, 2013), oceniano wpływ środków agresywnych: mineralnego oleju hydraulicznego, 5-proc. roztworów soli kuchennej, kwasu siarkowego i wodorotlenku sodu oraz 10-proc. roztworu kwasu octowego. Jako materiały zastosowano polietylen, polipropylen, polistyren oraz poliamid. Po 21-dniowej ekspozycji w tych środkach próbki zostały poddane badaniom cech wytrzymałościowych podczas rozciągania oraz badaniu twardości metodą wciskania kulki. Stwierdzono, że polietylen o wysokiej gęstości HDPE wykazał odporność na działanie silnych kwasów i zasad, natomiast najmniejszą – na działanie kwasu siarkowego. Twardość polietylenu wyraźnie zmniejszyła się w przypadku oddziaływania oleju i kwasu siarkowego. W przypadku polipropylenu środowiska agresywne nie miały negatywnego wpływu na jego wytrzymałość, natomiast kwas siarkowy i olej mineralny zwiększyły jego twardość. Polistyren wykazał odporność na działanie środowisk agresywnych, jego wytrzymałość nie zmieniła się, natomiast działanie oleju mineralnego spowodowało zmniejszenie twardości. W przypadku poliamidu 6.6 działanie oleju mineralnego zwiększyło wytrzymałość na rozciąganie i znacząco zmniejszyło twardość materiału.

Jednym z podstawowych polimerowych materiałów konstrukcyjnych, stosowanym w transporcie szynowym, jest poliamid. Używany jest on między innymi na wkładki dociskowe w przytwierdzeniach sprężystych. Występuje on w wielu różnych odmianach i ma różnorodne właściwości. W artykule Fabijańskiego (2014) przedstawiono wpływ wody na kondycjonowanie materiałów poliamidowych, poliamidu 6 oraz poliamidu 6 z 30-proc. zawartością włókna szklanego. Próbkę materiałów poddano kondycjonowaniu w wodzie, w temperaturach 20°C i 95°C, przez 4 i 8 godzin. Zmianę wytrzymałości oznaczono w teście statycznego rozciągania, a zmianę

twardości – metodą wciskania kulki. Największe odkształcenie poliamidu 6 zaobserwowano w teście 95°C/8 h, natomiast w przypadku poliamidu z włóknem szklanym – w teście 20°C/8 h.

Im wyższa była temperatura kondycjonowania próbek, tym bardziej malała twardość badanych materiałów. Ponieważ jedną z cech poliamidów jest zdolność do pochłaniania i gromadzenia wody, co ma znaczący wpływ na właściwości materiału, konieczne jest określenie wilgotności materiału stosowanego do badań.

W pracy Kowalika i Fabijańskiego (2020) wykorzystano materiały polimerowe stosowane m.in. do wytwarzania przekładek podszynowych: polietylen o dużej gęstości oraz poliuretan. Wykonano badania oddziaływania rynkowego biodegradowalnego oleju na zmianę właściwości mechanicznych. Oznaczono zmiany wytrzymałości w próbie statycznego rozciągania oraz twardości po 168-godzinnym procesie oddziaływania oleju na kształtki z materiałów polimerowych w temperaturach 20°C i 40°C.

Badania wykazały mały wpływ badanej próbki oleju na zmianę wytrzymałości materiałów, większy dla poliuretanu PUR niż dla polietylenu HDPE: 1,9% (HDPE 20°C), 2,9% (HDPE 40°C), 4,7% (PUR 20°C), 8,5% (PUR 40°C). Badania wykazały również niewielki wpływ badanej próbki oleju na zmianę twardości materiałów – oznaczanej metodą wciskania kulki dla HDPE: 1,5% (w 20°C), 0,3% (w 40°C), oznaczanej metodą Shore'a dla PUR: 0,3% (w 20°C) oraz 0,8% (w 40°C).

Kompatybilność materiałów polimerowych ze środkami smarowymi jest jednym z badań stosowanych przy dopuszczaniu olejów i smarów do smarowania rozjazdów kolejowych. Zgodnie z instrukcją Ir-27 – zmiana wytrzymałości na rozciąganie i zmiana twardości dla polietylenu, a także poliuretanu nie mogą przekroczyć 15% (Instrukcja Ir-27, 2022).

Metodyka badawcza

Badania kompatybilności środków smarowych z materiałami uszczelnień wykonywane są według znormalizowanych metod:

- ASTM D 471 Standard test method for rubber property – effect of liquids;
- ISO 1817:2022 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of the effect of liquids;
- ISO 37:2017 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties;
- PN-C-04238:1980 Guma – Oznaczanie twardości według metody Shore’a;
- ISO 48-1:2018 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of hardness – Part 1: Introduction and guidance;
- ISO 48-2:2018 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of hardness – Part 2: Hardness between 10 IRHD and 100 IRHD.

Metodyka badawcza dotycząca kompatybilności elementów uszczelnień ze środkami smarowymi została szczegółowo przedstawiona w innych artykułach autorów niniejszej publikacji (Sacha i Skibińska, 2023a, 2023b).

Badania przeprowadzono w następujących etapach, zgodnie z wytycznymi wyżej wymienionych norm:

- przygotowanie materiałów polimerowych – z arkuszy o grubości około 2 mm wycięto kształtownikami elementy prostokątne wielkości 5 cm × 2,5 cm (do badań zmiany objętości i twardości) oraz próbki w kształcie wiosełek (typ II według PN-82/C-04205) do badań wytrzymałościowych – do badania stosuje się co najmniej po trzy próbki każdego rodzaju materiału (właściwości zestawiono w tabeli 2);

Tabela 2. Właściwości fizyczne i mechaniczne tworzyw polimerowych zastosowanych do badań

Table 2. Physical and mechanical properties of the polymeric materials used in the tests

Rodzaj tworzywa polimerowego	Symbol	Oznaczana wielkość	Właściwości wyjściowe
Poliuretan	PUR	gęstość	1,102 g/cm ³
		twardość	98,3 pkt
		wytrzymałość w chwili zerwania	64 MPa
		wydłużenie w chwili zerwania	520%
Polietylen	HDPE	gęstość	0,953 g/cm ³
		twardość	99,8 pkt
		wytrzymałość w chwili zerwania	33 MPa
		wydłużenie w chwili zerwania	383%

- wstępne określenie parametrów – oznaczono objętość, twardość i właściwości mechaniczne badanych materiałów;
- kondycjonowanie – przygotowane elementy zanurzone w badanych środkach smarowych w określonych procedurą badawczą warunkach temperaturowych na czas kontaktu – w niniejszej pracy w temperaturze 40°C przez 168 godzin;
- określenie parametrów po kondycjonowaniu – elementy wyjęto z badanego środka smarowego, umyto, wysuszono, a następnie wykonano badanie objętości, twardości oraz właściwości mechanicznych;
- ocena zmian – porównano wyniki wstępne i końcowe, uzyskując obraz wpływu badanego środka na poszczególne rodzaje elastomerów – jako wynik podano zmiany: twardości Shore’a (lub względnej twardości IRHD), wydłużenia przy zerwaniu, wytrzymałości na rozciąganie oraz zmianę objętości.

Próbki badawcze

Badaniom oddziaływania na materiały polimerowe poddano:

- próbki olejów, które są stosowane jako komponenty środków smarowych;
- pozyskane z rynku środki smarowe (5 smarów i 2 oleje) stosowane do smarowania rozjazdów.

Próbki olejów:

- niskolepki olej poliestrowy firmy Cargill;
- syntetyczny ester o niskiej lotności i dobrych właściwościach wysokotemperaturowych firmy Cargill;
- ester trimetylopropanu firmy Oleon;
- utleniony („dmuchany”) olej rzepakowy firmy Lehmann & Voss;
- olej jojoba – pochodzenie: Jordania;
- olej rzepakowy – ZT Kruszwica;
- olej słonecznikowy firmy Komagra.

Właściwości próbek olejów i środków smarowych zestawiono w tabelach 3 i 4.

Wyniki badań

Badania kompatybilności środków smarowych z tworzywami polimerowymi polegały na określeniu zmian właściwości fizycznych polietylenu i poliuretanu poddanych działaniu badanych środków w temperaturze 40°C przez 168 godzin. Oznaczono wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie przy zerwaniu, twardość i zmianę objętości tworzywa przed badaniem i po nim. Wyniki zestawiono w tabelach 5–8 i na rysunkach 1–4.

Tabela 3. Oznaczone właściwości fizykochemiczne próbek olejów

Table 3. Determined physical and chemical properties of oil samples

Właściwości	Jednostka	Próbka nr						
		1	2	3	4	5	6	7
Lepkość kinematyczna: – w temperaturze 40°C – w temperaturze 100°C	[mm ² /s]	20,150 4,441	125,4 14,4	20,530 4,527	463,70 35,03	24,870 6,509	33,560 8,257	39,410 8,598
Wskaźnik lepkości	–	134	155	140	160	237	207	205
Temperatura płynięcia	[°C]	–51	–27	<–42	–21	8	–21	–18
Temperatura zapłonu	[°C]	250	297	>235	273	225	325	322

Tabela 4. Oznaczone właściwości fizykochemiczne próbek środków smarowych

Table 4. Determined physical and chemical properties of lubricant samples

Skład i właściwości	Próbka nr						
	8	9	10	11	12	13	14
Zagęszczacz	litowy	litowo-wapniowy	litowo-wapniowy	nieorganiczny żel	organiczny	–	–
Baza olejowa	mieszanina 2 olejów estrowych	mieszanina oleju estrowego i PAO	syntetyczny olej estrowy	estry syntetyczne	biodegradowalny	syntetyczny	biodegradowalny
Klasa konsystencji wg NLGI	1/0	0	1	>000	>000	–	–
Penetracja po ugniataniu 60x [mm/10]	342	–	332	–	–	–	–
Penetracja bez ugniatania [mm/10]	–	425	–	>500	>500	–	–
Temperatura kroplenia [°C]	180	145	128	275	–	–	–
Lepkość dynamiczna w 25°C [mPas]	–	–	–	ok. 155	ok. 145	–	–
Lepkość kinematyczna w 40°C [mm ² /s]	66,65*	41,67*	120,9*	–	30,82*	32,15	–
Temperatura płynięcia [°C]	–36*	–33*	–	–30*	–60*	–51	–42
Temperatura zapłonu [°C]	253*	262*	–	130*	215*	79	196

* Właściwości oznaczono dla oleju bazowego wydzielonego ze smaru.

Tabela 5. Kompatybilność HDPE z olejami bazowymi

Table 5. Compatibility of HDPE with base oils

Właściwości	Jednostka	Próbka nr						
		1	2	3	4	5	6	7
Zmiana wytrzymałości na rozciąganie	[%]	–0,16	–5,73	–3,78	–6,06	–6,21	–5,83	–4,07
Zmiana wydłużenia przy zerwaniu	[%]	–0,27	–3,24	–5,56	–3,27	–2,88	–3,22	–5,56
Zmiana twardości Shore'a	[°sh]	–3,00	–3,00	–4,00	–2,00	–2,00	–1,00	–2,00
Zmiana objętości	[%]	–0,41	–0,08	0,19	0,78	0,82	0,41	0,09

Tabela 6. Kompatybilność PUR z olejami bazowymi**Table 6.** Compatibility of PUR with base oils

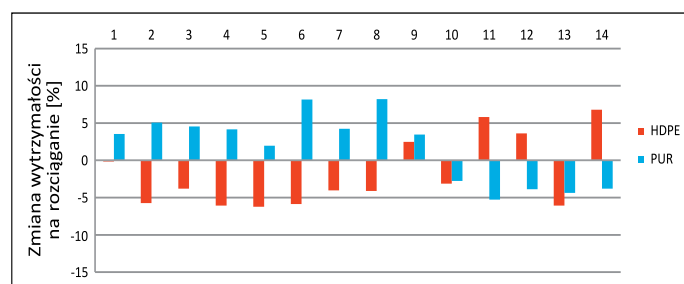
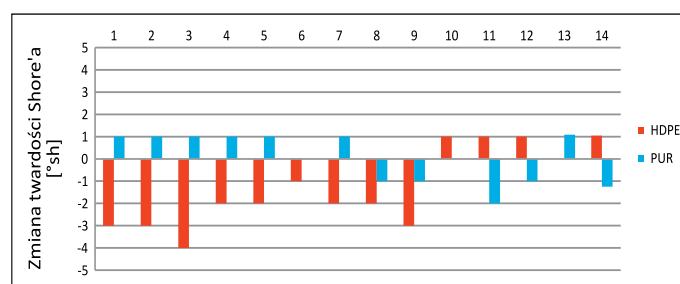
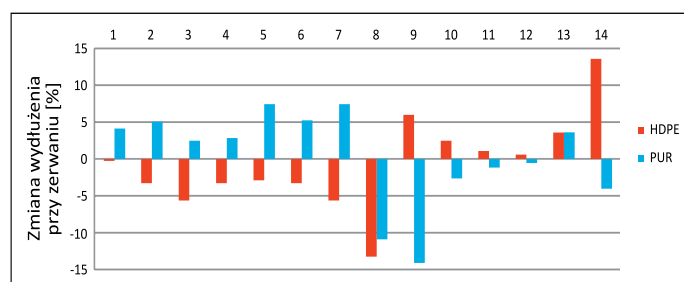
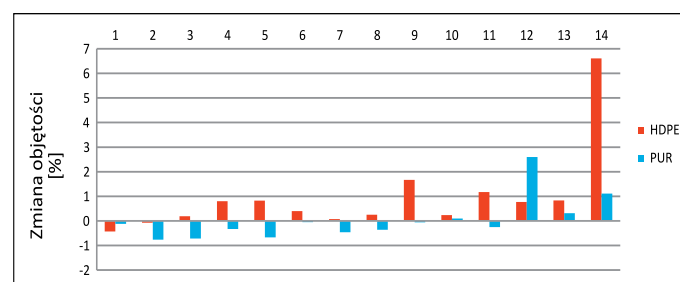
Właściwości	Jednostka	Próbka nr						
		1	2	3	4	5	6	7
Zmiana wytrzymałości na rozciąganie	[%]	3,56	5,05	4,52	4,17	1,94	8,13	4,26
Zmiana wydłużenia przy zerwaniu	[%]	4,09	4,97	2,43	2,85	7,32	5,16	7,32
Zmiana twardości Shore'a	[°sh]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Zmiana objętości	[%]	-0,15	-0,73	-0,72	-0,36	-0,65	-0,06	-0,48

Tabela 7. Kompatybilność HDPE z handlowymi środkami smarowymi**Table 7.** Compatibility of HDPE with commercial lubricant samples

Właściwości	Jednostka	Próbka nr						
		8	9	10	11	12	13	14
Zmiana wytrzymałości na rozciąganie	[%]	-4,11	2,47	-3,14	5,80	3,63	-6,05	6,76
Zmiana wydłużenia przy zerwaniu	[%]	-13,08	5,93	2,48	1,08	0,59	3,55	13,40
Zmiana twardości Shore'a	[°sh]	-2,00	-3,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Zmiana objętości	[%]	0,21	1,64	0,26	1,16	0,76	0,82	6,58

Tabela 8. Kompatybilność PUR z handlowymi środkami smarowymi**Table 8.** Compatibility of PUR with commercial lubricant samples

Właściwości	Jednostka	Próbka nr						
		8	9	10	11	12	13	14
Zmiana wytrzymałości na rozciąganie	[%]	8,19	3,48	-2,78	-5,24	-3,85	-4,36	-3,82
Zmiana wydłużenia przy zerwaniu	[%]	-10,76	-13,95	-2,65	-1,18	-0,58	3,54	-4,04
Zmiana twardości Shore'a	[°sh]	-1,00	-1,00	0,00	-2,00	-1,00	1,00	-1,00
Zmiana objętości	[%]	-0,35	-0,08	0,12	-0,28	2,61	0,33	1,14

**Rysunek 1.** Zmiana wytrzymałości na rozciąganie**Figure 1.** Change in tensile strength properties (after immersion)**Rysunek 3.** Zmiana twardości Shore'a**Figure 3.** Change of Shore hardness (after immersion)**Rysunek 2.** Zmiana wydłużenia przy zerwaniu**Figure 2.** Change in elongation at break (after immersion)**Rysunek 4.** Zmiana objętości polietylenu HDPE i poliuretanu PUR**Figure 4.** Change in volume (after immersion)

Interpretacja wyników i wnioski

W przypadku polietylenu i poliuretanu po kondycjonowaniu tych materiałów w próbkach olejów bazowych w temperaturze 40°C przez 168 h zaobserwowano następujące zmiany:

- wytrzymałość polietylenu na rozciąganie, zmiana wydłużenia przy zerwaniu, a także twardość uległy zmniejszeniu;
- wytrzymałość poliuretanu na rozciąganie, zmiana wydłużenia przy zerwaniu, a także twardość uległy zwiększeniu;
- objętość PUR zawsze malała, natomiast w przypadku HDPE zaobserwowano niewielkie fluktuacje – jednakże zmiany objętości nie przekraczały 1%. Największy wzrost wytrzymałości na rozciąganie zaobserwowano dla PUR po kontakcie z olejem rzepakowym, natomiast na obniżenie wytrzymałości na rozciąganie HDPE najbardziej wpłynął olej jojoba.

Handlowe środki smarowe wykazały niewielki wpływ na zmiany twardości HDPE i PUR. Największy wpływ zaobserwowano na zmiany wydłużenia przy zerwaniu, nawet na poziomie powyżej 13%. Zmiany objętości HDPE i PUR spowodowane działaniem środków smarowych były nieco większe niż w przypadku olejów bazowych, HDPE w środkach handlowych zawsze pęczniał, a w jednym z przypadków zmiana objętości przekroczyła nawet 6%. Wszystkie badane oleje bazowe oraz handlowe środki smarowe spełniły wymóg instrukcji Ir-27 (zmiana do 15%) dotyczące kompatybilności z tworzywami polimerowymi HDPE i PUR.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w zakresie kompatybilności z tworzywami polimerowymi przebadane oleje i smary nie wpływają znacząco na ich właściwości fizyczne i mechaniczne. Środki te nie będą wykazały nadmiernie negatywnego wpływu na polimerowe elementy konstrukcyjne, których próbki zostały użyte w badaniach. Uzyskane w trakcie badań pozytywne wyniki dla przebadanych olejów i smarów nie uprawniają jednak do stwierdzenia, że ich zastosowanie jako jednego z komponentów nowo opracowywanych kompozycji smarowych nie spowoduje przekroczenia dopuszczalnych limitów zawartych w wymaganiach. Każdy nowy komponent wprowadzony do stosowanych już środków smarowych może w wyniku interakcji z innymi składnikami danego środka spowodować wzrost niekorzystnego oddziaływania na elementy polimerowe.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Modyfikacja metodyki oceny kompatybilności współczesnych elastomerów i tworzyw polimerowych ze środkami smarowymi*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0053/TO/TE/2021, nr archiwalny: DK-4100-41/2021.

Literatura

Datta J., Głowińska E., 2014. Effect of hydroxylated soybean oil and bio-based propanediol on the structure and thermal properties of

synthesized bio-polyurethanes. *Industrial Crops and Products*, 61: 84–91. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.050.

Datta J., Piszczyk Ł., 2006. Analiza właściwości wytrzymałościowych elastomerów uretanowych napełnionych włóknem szklanym. *Elastomery*, 10(3): 15–19.

Fabijański M., 2010. Podstawy recyklingu materiałów w transporcie szynowym ze szczególnym uwzględnieniem tworzyw sztucznych. *Problemy Kolejnictwa*, 151: 19–27.

Fabijański M., 2014. Właściwości poliamidu przeznaczonego na wkładki dociskowe stosowane w przytwierdzeniu sprężystym szyn. *Problemy Kolejnictwa*, 165: 21–33.

Fabijański M., Milczarek D., 2013. Oddziaływanie substancji chemicznych na materiały polimerowe stosowane w transporcie kolejowym. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, 98: 137–148.

Garbarski J., 2001. Materiały i kompozyty niemetalowe. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, 1–302.

Głowińska E., Datta J., Włoch M., Różańska M., 2018. Wpływ budowy chemicznej na zmiany właściwości mechanicznych i termomechanicznych elastomerów biopoliuretanowych. *Elastomery*, 22(1): 40–50.

Instrukcja Ir-27, 2022. Warunki dopuszczenia do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. środków do smarowania części trących w rozjazdach kolejowych Ir-27.

Kowalik P., Fabijański M., 2020. Effect of biodegradable oil use on the mechanical properties of plastics used in the railway surface. *WUT Journal of Transportation Engineering*, 128: 81–88. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0906.

Liang H., Feng Y., Yang Z., Yuan T., Luo Y., Li P., Yang Z., Zhang C., 2017. A Solvent-Free and Scalable Method To Prepare Soybean-Oil-Based Polyols by Thiol–Ene Photo-Click Reaction and Biobased Polyurethanes Therefrom. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(8): 7365–7373. DOI: 10.1021/acssuschemeng.7b01672.

Malewska E., Bąk S., Kurańska M., Prociak A., 2016. The effect of various rapeseed oil-based polyols on selected properties of flexible polyurethane foams. *Polimery*, 61(11–12): 799–806. DOI: 10.14314/polimery.2016.799.

Plastchem. Tworzywa sztuczne. <<https://www.plastem.pl/oferta/tworzywa-sztuczne>> (dostęp: 15.03.2023).

Plastechopedia. <<https://www.plastech.pl/plastechopedia/popularne>> (dostęp: 15.03.2023).

Rybiński P., Janowska G., 2013. Palność oraz inne właściwości materiałów i nanomateriałów elastomerowych. Cz. I. Nanokompozyty elastomerowe z montmorylonitem lub haloizytem. *Polimery*, 58(5): 327–341.

Ryszkowska J., Auguścik M., Kurańska M., Oliwa R., Czech-Polak J., Prociak A., 2017. Preparation and characterization of poly(urea-urethane) elastomers synthesized from rapeseed oil-based polyols. Part II. Thermal properties. *Polimery*, 62(2): 136–143. DOI: 10.14314/polimery.2017.136.

Sacha D., Skibińska A., 2023a. Ocena kompatybilności współczesnych elastomerów z olejami bazowymi stosowanymi do produkcji smarów plastycznych. *Nafta-Gaz*, 79(7): 490–498. DOI: 10.18668/NG.2023.07.07.

Sacha D., Skibińska A., 2023b. Ocena kompatybilności współczesnych elastomerów ze smarami plastycznymi. *Nafta-Gaz*, 79(5): 349–359. DOI: 10.18668/NG.2023.05.06.

Akty prawne i dokumenty normatywne

ASTM D 471-16 (2021) Standard test method for rubber property – effect of liquids.

ISO 1817:2022 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of the effect of liquids.

ISO 37:2017 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties.

ISO 48-1:2018 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of hardness – Part 1: Introduction and guidance.

ISO 48-2:2018 Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of hardness – Part 2: Hardness between 10 IRHD and 100 IRHD.

PN-C-04238:1980 Guma – Oznaczanie twardości według metody Shore'a.



Mgr inż. Agnieszka SKIBIŃSKA
Starszy specjalista badawczo-techniczny
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. Dariusz SACHA
Starszy specjalista badawczo-techniczny
w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: dariusz.sacha@inig.pl

OFERTA BADAWCZA ZAKŁADU OCENY WŁAŚCIWOŚCI EKSPLOATACYJNYCH

- ocena w testach laboratoryjnych właściwości fizykochemicznych oraz użytkowo eksploatacyjnych wg najnowszych procedur badawczych zarówno europejskich jak i amerykańskich:
 - » paliw ciekłych, biopaliw i biokomponentów,
 - » materiałów smarnych w tym: olejów silnikowych, przekładniowych i przemysłowych zarówno świeżych, jak i przetworzonych;
- pełny zakres usług w zakresie nowoczesnego planowania, monitorowania i oceny zmian właściwości olejów smarowych w eksploatacji, doradztwo i ekspertyzy w zakresie problemów powstających na skutek użytkowania olejów niewłaściwej jakości lub ich niewłaściwej eksploatacji;
- szeroki zakres ocen stanowiskowych właściwości trybologicznych paliw, środków smarowych oraz cieczy hydraulicznych;
- oceny liczb oktanowych i cetanowych w testach silnikowych wg procedur europejskich i amerykańskich;
- jedyne w kraju oceny właściwości użytkowo-eksploatacyjnych paliw silnikowych prowadzone na silnikowych stanowiskach badawczych wg ogólnoeuropejskich procedur opracowanych przez CEC i wymaganych między innymi przez Światową Kartę Paliw;
- oceny kompatybilności dodatków do paliw i olejów smarowych, usługi eksperckie w zakresie problemów związanych z niekompatybilnością wymienionych produktów w eksploatacji;
- usługi eksperckie w zakresie wpływu jakości paliw na możliwości powstania dysfunkcji i uszkodzeń silnikowych układów wtrysku paliwa;
- doradztwo w zakresie eksploatacji silnikowych układów oczyszczania spalin wyposażonych w filtry cząstek stałych.

