

Dariusz Sacha

Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Filtrowalność olejów smarowych według PN-ISO 13357

Ciecze w systemach hydraulicznych służą również jako środki smarowe. Z tego względu bardzo istotne jest usuwanie znajdujących się w nich zanieczyszczeń. Jest to szczególnie ważne, gdy działanie systemu zależy od utrzymania małych prześwitów i otworów. Usuwanie zanieczyszczeń z cieczy roboczych odbywa się z zastosowaniem różnego rodzaju filtrów. W artykule opisano procedurę filtrowalności olejów smarowych, w szczególności przeznaczonych do stosowania w układach hydraulicznych i turbinowych.

Słowa kluczowe: środki smarowe, oleje hydrauliczne, oleje turbinowe, filtrowalność, metody badawcze.

The filterability of lubricating oils according to PN-ISO 13357

The fluid in a hydraulic system acts as a lubricant, it is important to reduce the concentrations of circulating hard contaminant particle. This is particularly necessary when the performance of the system depends on the maintenance of small clearances and orifices. This article shows the procedure for the evaluation of the filterability of lubricating oils, particularly those designed for hydraulic and turbine applications.

Key words: lubricants, hydraulic oil, turbine oil, filterability, research methods.

Wstęp

W ostatnich latach rozwój techniki oraz zmieniające się przepisy dotyczące ochrony środowiska spowodowały duży postęp na rynku środków smarowych, głównie w dziedzinie dostosowywania produktów do wymagań użytkowników. Prawidłowy dobór tych produktów, zwłaszcza olejów hydraulicznych i turbinowych, stał się kluczową kwestią dla długotrwałej, bezawaryjnej i bezpiecznej pracy nowoczesnych urządzeń i maszyn.

Ciecze hydrauliczne stosowane w różnego rodzaju układach hydraulicznych muszą spełniać wiele zadań. Nie jest to tylko przekazywanie energii strumienia cieczy między pompą a elementami odbiorczymi, siłownikami hydraulicznymi. Ciecze hydrauliczne muszą również smarować ruchome elementy układów, odprowadzać ciepło i zanieczyszczenia mechaniczne powstałe w trakcie eksploatacji układów hydraulicznych, a także chronić elementy układu przed działaniem wody, w szczególności przed korozją.

Aby ciecz hydrauliczna mogła spełnić stawiane przed nią zadania, musi posiadać odpowiednie właściwości fizyczne,

chemiczne, mechaniczne i użytkowe. Ciecze hydrauliczne powinny mieć właściwie dobraną do warunków pracy lepkość (odpowiednio wysoki wskaźnik lepkości). Muszą być pompowalne w niskich temperaturach, szybko wydzielać zawarte w nich powietrze, mieć dobre właściwości przeciwkorozyjne, przeciwzużyciowe, przeciwpienne oraz muszą być odporne na ścinanie, wysoką temperaturę i utlenianie. Nie mogą niekorzystnie oddziaływać na uszczelnienia elastomerowe.

Wymagania, jakie muszą spełniać produkowane i sprzedawane na polskim rynku ciecze hydrauliczne, zostały zawarte w przyjętych w Polsce normach:

- PN-ISO 11158 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (Układy hydrauliczne) – Wymagania dla olejów kategorii HH, HL, HM, HV i HG;*
- PN-ISO 15380 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (Układy hydrauliczne) – Wymagania dla olejów kategorii HETG, HEPG, HEES i HEPR;*
- ISO/DIS 12922 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i pro-*

duki podobne (klasa L) – Grupa H (Układy hydrauliczne) – Wymagania dla olejów kategorii HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR i HFDU.

Normy te, w stosunku do wcześniej obowiązujących norm przedmiotowych na te produkty, wprowadzają nowe wymagania jakościowe:

- **filtrwalność bez wody – ISO 13357-2;**
- **filtrwalność z wodą – ISO 13357-1;**
- poziom czystości – ISO 4406;
- stabilność oksydacyjna – oznaczanie osadów nierozpuszczalnych – ISO 4263-1;
- stabilność oksydacyjna, test Baadera – DIN 51554-3;
- kompatybilność z elastomerami po 1000 h w ustalonej temperaturze testu – ISO 6072.

Oleje turbinowe stosowane są w turbinach, w których energia czynnika roboczego (pary wodnej, gazów spalinyowych, wody) przetwarzana jest na energię obrotową za pośrednictwem różnego rodzaju wirników. Oleje turbinowe zgodnie z normą ISO 6743-5 można podzielić na oleje do turbin parowych (TS), oraz do turbin gazowych (TG). Oprócz tych grup olejów stosowane są również oleje do turbin hydraulicznych (TH) oraz oleje dla lotnictwa (TA).

Funkcje, jakie musi spełniać olej turbinowy, są podobne jak w przypadku oleju hydraulicznego. Oleje turbinowe ze względu na długookresową pracę bez przestojów muszą mieć odpowiednie właściwości przeciwzużyciowe, smarne i temperaturowe. Z uwagi na pracę w kontakcie z wodą lub

parą wodną oleje te muszą wykazywać dobre właściwości przeciwkorozyjne, przeciwrzdzewne i demulgujące. Powinny one także odpowiednio szybko wydzielać zawarte w nich powietrze.

Dla określenia wymagań odnośnie do produkowanych olejów turbinowych wprowadzona została norma: PN-ISO 8068:2009 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa T (Turbiny) – Wymagania dla olejów smarowych do turbin.* Zastąpiła ona normę PN-84/C-96059.

Norma ta zawiera nowe, dodatkowe wymagania jakościowe dla olejów turbinowych, jakimi są:

- stabilność oksydacyjna – ISO 7624;
- stabilność oksydacyjna, test Baadera – DIN 51554-3;
- stabilność oksydacyjna (po przedmuchu azotem) – ASTM D2272;
- stabilność oksydacyjna w wysokiej temperaturze – ASTM D4636;
- właściwości demulgujące – ASTM D2711;
- **filtrwalność bez wody – ISO 13357-2;**
- **filtrwalność z wodą – ISO 13357-1;**
- poziom czystości – ISO 4406 (ISO 11500);
- kompatybilność z elastomerami po 168 h lub 1000 h w ustalonej temperaturze testu i dla ustalonych elastomerów – ISO 6072,

oraz wymagania związane z ochroną środowiska:

- biodegradowalność – ISO 14593 lub ISO 9439;
- toksyczność – ISO 7346-2, ISO 6341, ISO 8192.

Filtrowalność olejów smarowych

Układy hydrauliczne i turbinowe wymagają starannej obsługi, w szczególności w zakresie kontroli czystości cieczy hydraulicznej czy oleju turbinowego. Aby spełnić kryteria czystości wymagane dla danego układu, niezbędne jest stosowanie w zamkniętych obiegach hydraulicznych i turbinowych odpowiednich zespołów filtrujących. Odgrywa to szczególną rolę w przypadku układów, w których stosowane są kryzy lub odpowiednio małe luzy.

Dla określenia czystości tego typu cieczy oznacza się zawartość zanieczyszczeń stałych, której pomiar polega na przesączeniu 100 ml cieczy przez sączonego o średnicy porów 0,8 µm. Wążąc sączonego przed testem i po sączeniu, można określić ilość zanieczyszczeń w mg na 100 ml oleju.

W celu określenia składu granulometrycznego zawartych w badanej cieczy zanieczyszczeń stosowany jest test wyznaczający ilość cząstek zawartych w 100 ml badanej cieczy w określonym przedziale wymiarowym. Badanie polega na zliczaniu pod mikroskopem cząstek zanieczyszczeń o określonych wymiarach zatrzymanych w trakcie sączenia 100 ml cieczy przez sączonego o średnicy porów 0,8 µm.

Dla oznaczenia czystości cieczy przed filtracją i po filtracji wyznacza się współczynnik filtracji, określający skuteczność tego procesu oraz jego nominalną dokładność. Przedstawione wyżej testy charakteryzują jakość, a w szczególności skuteczność stosowanych w układzie filtrów, nie mówią jednak, jak będzie się zachowywała ciecz w trakcie samej filtracji.

Aby móc coś powiedzieć o tym procesie, należy określić jeszcze jeden parametr użytkowy, bardzo ważny zarówno dla cieczy hydraulicznych, jak i olejów turbinowych, a mianowicie – filtrowalność.

Filtrowalność definiuje się jako podatność cieczy na filtrację przez zespół filtrujący bez jego blokowania. Parametr ten można oznaczać dla olejów bez wody, jak również dla olejów zawodnionych. Filtrowalność zależy od czystości stosowanych cieczy oraz od ich skłonności do tworzenia różnego rodzaju żeli, szlamów czy galaretowatych osadów, będących produktami reakcji baz olejowych lub – stosowanych w olejach – dodatków uszlachetniających z wodą, powietrzem lub materiałem konstrukcyjnym obsługiwanych układów, zwłaszcza w podwyższonych temperaturach.

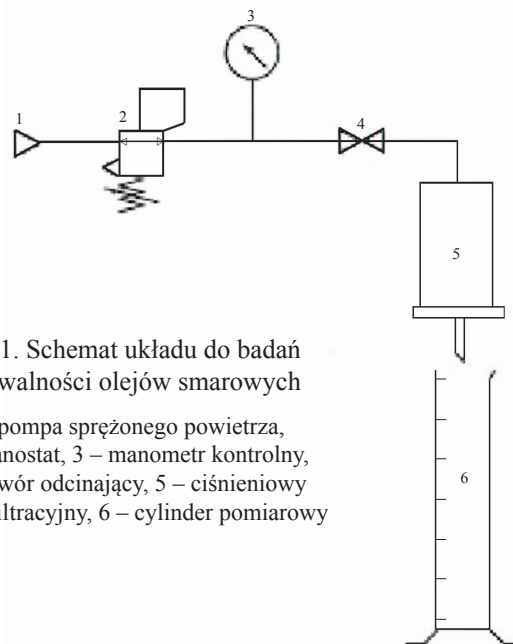
Testy filtrowalności olejów należy wykonać zgodnie z normą PN-ISO 13357-1 *Przetwory naftowe – Oznaczanie filtrowalności olejów smarowych – Część 1: Procedura dla olejów w obecności wody* oraz normą PN-ISO 13357-2 *Przetwory naftowe – Oznaczanie filtrowalności olejów smarowych. Część 2: Procedura dla olejów pozbawionych wody*.

Filtrowalność to właściwość eksploatacyjna danej cieczy. Opisują ją dwie wielkości, tzw. stopnie.

Filtrowalność stopnia I jest wyliczona poprzez porównanie średniego natężenia przepływu płynu poprzez testowy filtr membranowy do początkowego natężenia przepływu.

Filtrowalność stopnia II wyznacza się jako stosunek początkowego natężenia przepływu przez testowy filtr membranowy do natężenia przepływu na końcu testu.

Oleje odznaczające się dobrą filtrowalnością stopnia I i stopnia II nie będą stwarzać problemów w układach wyposażonych nawet w najdokładniejsze filtry – o średnicy porów mniejszych niż 5 μm.



Rys. 1. Schemat układu do badań filtrowalności olejów smarowych

- 1 – pompa sprężonego powietrza,
- 2 – manostat, 3 – manometr kontrolny,
- 4 – zawór odcinający, 5 – ciśnieniowy zestaw filtracyjny, 6 – cylinder pomiarowy

Wymagania dla olejów smarowych w zakresie filtrowalności zgodnie z normami PN-ISO 13357-1 oraz PN-ISO 13357-2

Testy filtrowalności PN-ISO 13357-1 oraz PN-ISO 13357-2 przewidziane zostały w wymaganiach dla olejów hydraulicznych grup:

- HV – produkowanych z głęboko rafinowanych, odparafinowanych i hydrorafinowanych olejów mineralnych, otrzymywanych z przeróbki ropy naftowej. Oleje te zawierają odpowiednio dobrany zestaw dodatków uszlachetniających o działaniu: lepkościowo-temperaturowym, przeciwkorozyjnym, przeciwutleniającym, smarnym, deemułgującym i antypiennym. Oleje hydrauliczne HV stosuje się w wysoko obciążonych układach przenoszenia siły oraz napędu i sterowania hydraulicznego oraz w ukła-

- dach hydraulicznych maszyn budowlanych i górniczych, tam gdzie wymagany jest olej o bardzo niskiej zależności lepkości od temperatury. Badanie filtrowalności przewidziano dla wszystkich klas lepkości: od VG 10 do VG 150;
- HM – produkowanych z wykorzystaniem wysokiej jakości, głębokorafinowanych mineralnych baz olejowych, wzbogaconych pakietem dodatków uszlachetniających. Przeznaczone są one do stosowania jako ciecze robocze w wysoko obciążonych układach przeniesienia siły oraz napędu i sterowania hydraulicznego, tj. w przekładniach hydraulicznych, mechanizmach regulujących i sterujących oraz innych podobnych urządzeniach, w których

Tablica 1. Wymagania dla olejów hydraulicznych

Wymagania	Jednostka	Oleje typu HV o podwyższonych właściwościach lepkościowo-temperaturowych							
		VG 10	VG 15	VG 22	VG 32	VG 46	VG 68	VG 100	VG 150
Klasa lepkości	–	VG 10	VG 15	VG 22	VG 32	VG 46	VG 68	VG 100	VG 150
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2	Poziom I min. [%]	80	80	80	80	80	80	80	80
	Poziom II min. [%]	60	60	60	60	60	60	60	60
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	Poziom I min. [%]	50	50	50	50	50	50	50	50
	Poziom II min. [%]	50	50	50	50	50	50	50	50
		Oleje typu HM o poprawionych właściwościach przeciwzuzyciowych i lepszej filtrowalności							
Klasa lepkości	–	VG 10	VG 15	VG 22	VG 32	VG 46	VG 68	VG 100	VG 150
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2	Poziom I min. [%]	80	80	80	80	80	80	80	80
	Poziom II min. [%]	60	60	60	60	60	60	60	60
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	Poziom I min. [%]	50	50	50	50	50	50	50	50
	Poziom II min. [%]	50	50	50	50	50	50	50	50

występują trudne warunki pracy oraz panuje podwyższona temperatura i wilgotność otoczenia. Oleje tej klasy charakteryzuje bardzo dobra stabilność termiczna oraz wysoka odporność na utlenianie. Produkowane są w ośmiu klasach lepkości: L-HM 10, L-HM 15, L-HM 22,

L-HM 32, L-HM 46, L-HM 68, L-HM 100, L-HM 150. Badanie filtrowalności przewidziane jest dla wszystkich klas lepkości oraz dla olejów turbinowych grup: L-TSA, L-TGA, L-TSE, L-TGE, L-TGB, L-TGSB, L-TGF, L-TGSE, L-TGCH, L-THA, L-THE, L-THCH, L-THC.

Tablica 2. Wymagania dla olejów turbinowych

Wymagania	Jednostka	Olej turbinowy L-TSA i L-TGA		
Klasa lepkości	–	32	46	68
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	85	85	85
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	%	wytrzymuje		
Olej turbinowy L-TSE i L-TGE				
Klasa lepkości	–	32	46	68
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	85	85	85
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	%	wytrzymuje		
Olej turbinowy L-TGB i L-TGSB				
Klasa lepkości	–	32	46	68
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	85	85	85
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	%	wytrzymuje		
Olej turbinowy L-TGF i L-TGSE				
Klasa lepkości	–	32	46	68
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	85	85	85
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	%	wytrzymuje		
Olej turbinowy L-THA i L-THE				
Klasa lepkości	–	68	100	150
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	85	85	85
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	%	wytrzymuje		
Olej turbinowy L-TGCH				
Klasa lepkości	–	32	46	
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	80	80	
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	%	wytrzymuje		
Olej turbinowy L-THCH				
Klasa lepkości	–	46	68	100
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	80	80	80
Filtrowalność z wodą zgodnie z PN-ISO 13357-1	%	wytrzymuje		
Olej turbinowy L-THCE				
Klasa lepkości	–	46	68	100
Filtrowalność bez wody zgodnie z PN-ISO 13357-2 (minimum)	%	80	80	80

Stanowisko badawcze

Ze względu na nowe wymagania jakościowe w odniesieniu do olejów hydraulicznych i turbinowych, w których przewidziano badanie filtrowalności zgodnie z normami PN-ISO 13357-1 i PN-ISO 13357-2, w Instytucie Nafty i Gazu – PIB w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploata-

cyjnych zbudowano stanowisko badawcze do oceny filtrowalności olejów smarowych.

Stanowisko to składa się z:

- elementu filtrującego, wyposażonego w specjalną podporę dla sączka;

- elementów układu ciśnieniowego, zapewniającego możliwość utrzymania stałego ciśnienia w trakcie testu;
- zaworów odcinających;
- odpowiednio przygotowanego cylindra miarowego;
- urządzenia do pomiaru czasu.

Element filtrujący to zbiornik ciśnieniowy wykonany ze stali nierdzewnej. Składa się on z metalowej grubościenniej rury (tulei), zakończonej w części dolnej gwintem zewnętrznym, a w części górnej – gwintem wewnętrznym. Do dolnej części rury mocowany jest metalowy lejek ze statywem, na którym umieszcza się sącdek. W górnej części metalowej tulei montuje się szczelne zamknięcie, wyposażone w króciec doprowadzający sprężone powietrze pod odpowiednim, przewidzianym normą ciśnieniem. Wszystkie elementy stanowiska połączone zostały za pomocą wysokociśnieniowych przewodów, wykonanych z tworzywa sztucznego. Części rozłączne wyposażono w szybkozłączki pneumatyczne. Całość zamontowano na statywie wykonanym z przezroczystego tworzywa sztucznego (polimetakrylanu metylu). Na płycie pionowej umieszczono element filtrujący, manometr, manostat oraz zawory odcinające. Na płycie poziomej zamontowano element łączący aparat z butlą ze sprężonym powietrzem.

Element filtrujący po pierwszych próbach testowych

przekonstruowano, modyfikując sposób zamknięcia jego górnej części. W celu usprawnienia zamykania tego elementu zmieniono stosowany pierwotnie gwint drobnozwojowy na gwint o dużym skoku, co skróciło czas przygotowania aparatu do testu (czas szczelnego zamknięcia elementu filtrującego) i umożliwiło badanie próbek o niższej klasie lepkości, dla których proces filtracji rozpoczynał się w krótkim czasie od umieszczenia próbki w aparaturze badawczej.

Na tak przygotowanym stanowisku badawczym przeprowadzono walidację metod badawczych zgodnie z normami PN-ISO 13357-1 i PN-ISO 13357-2.

Wykonano badania dwóch olejów hydraulicznych klasy 32 i 46 oraz dwóch olejów turbinowych klasy 46 i 68. Przeprowadzono je, wyznaczając filtrowalność stopnia I oraz stopnia II. Badania każdego oleju powtórzono dziesięciokrotnie dla każdego poziomu filtrowalności.

Testy jednego oleju wykonano również w dłuższych odstępach czasu w celu wyznaczenia odtwarzalności wewnątrzlaboratoryjnej. Łącznie wykonano 100 oznaczeń filtrowalności.

Uzyskane wyniki pozwoliły obliczyć powtarzalność wewnątrzlaboratoryjną, odtwarzalność wewnątrzlaboratoryjną oraz niepewność pomiaru filtrowalności dla badań wykonanych na zbudowanym w Instytucie stanowisku badawczym.



Fot. 1. Stanowisko badawcze zbudowane w INiG – PIB



Fot. 2. Element filtrujący

Podsumowanie

Niepewność uzyskana w Laboratorium Badań Właściwości Użytkowych w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych INiG – PIB wynosi: $\pm 11,9\%$ wartości średniej.

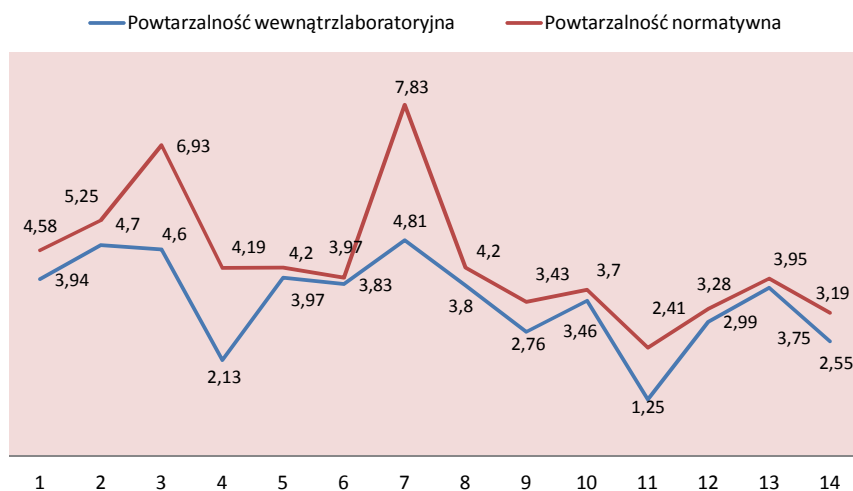
Wynik ten otrzymano na podstawie badań próbek, dla których filtrowalność mieści się w zakresie od 8 do 96. Zakres

ten pokrywa cały obszar oczekiwanych wyników badań dla próbek potencjalnych zleceńodawców.

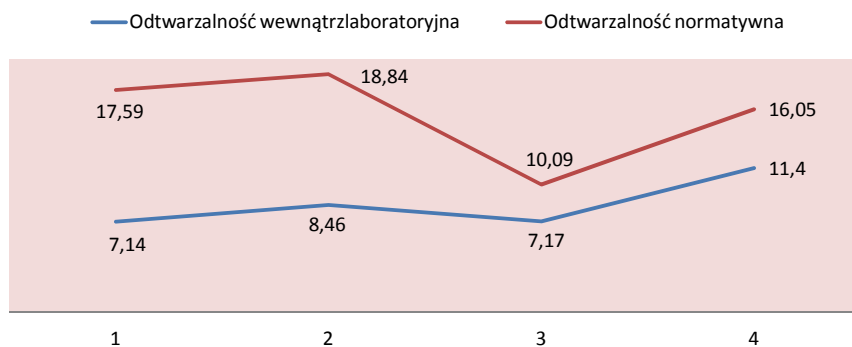
Wyznaczona wewnątrzlaboratoryjna powtarzalność i odtwarzalność metod PN-ISO 13357-1 i PN-ISO 13357-2 jest we wszystkich badanych przypadkach niższa niż powtarzalność

i odtwarzalność normatywna. Świadczy to, iż jakość przeprowadzonych badań jest zgodna z jakością założoną normą przedmiotową.

Stanowisko badawcze po przeprowadzonej walidacji i uzyskaniu pozytywnych wyników badań zostało włączone do zbioru metod stosowanych w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych, w Laboratorium Oceny Właściwości Użytkowych Instytutu Nafty i Gazu – PIB, a po przeprowadzeniu badań okrężnych zostanie zgłoszone do akredytacji przez PCA.



Rys. 1. Porównanie powtarzalności wewnątrzlaboratoryjnej z powtarzalnością normatywną dla kolejnych serii pomiarów



Rys. 2. Porównanie odtwarzalności wewnątrzlaboratoryjnej z odtwarzalnością normatywną dla kolejnych serii pomiarów

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2014, nr 4, s. 262–267

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Walidacja i wdrożenie metody oznaczania filtrowalności olejów smarowych według PN-ISO 13357* – praca INiG na zlecenie MNiSW; nr archiwalny DK-4100-92/2013, nr zlecenia 0092/TE/13.

Literatura

- [1] ISO/DIS 12922 *Srodki smarowe, oleje przemyslowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (Uklady hydrauliczne) – Wymagania dla olejow kategorii HFAG, HFAS, HFB, HFC, HFDR i HFDU.*
- [2] Krasodomski W.: *Nanocząsteczki w srodkach smarowych.* Nafta-Gaz 2013, nr 3, s. 220–225.
- [3] PN-ISO 11158 *Srodki smarowe, oleje przemyslowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (układy hydrauliczne) – Wymagania dla olejow kategorii HH, HL, HM, HV i HG.*
- [4] PN-ISO 13357-1 *Przetwory naftowe – Oznaczanie filtrowalności olejow smarowych – Część 1: Procedura dla olejow w obecności wody.*
- [5] PN-ISO 13357-2 *Przetwory naftowe – Oznaczanie filtrowalności olejow smarowych – Część 2: Procedura dla olejow pozbawionych wody.*
- [6] PN-ISO 15380 *Srodki smarowe, oleje przemyslowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (Uklady hydrauliczne) – Wymagania dla olejow kategorii HETG, HEPG, HEES i HEPR.*
- [7] PN-ISO 8068:2009 *Srodki smarowe, oleje przemyslowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa T (Turbin) – Wymagania dla olejow smarowych do turbin.*
- [8] Sacha D.: *Nowe metody oceny właściwości użytkowo-eksploatacyjnych olejow hydraulicznych i turbinowych wprowadzone w specyfikacjach produktowych według PN-ISO.* Nafta-Gaz 2013, nr 3, s. 263–270.



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