

Dariusz Sacha
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Nowe metody oceny właściwości użytkowo-eksploatacyjnych olejów hydraulicznych i turbinowych wprowadzone w specyfikacjach produktowych według PN-ISO

Wstęp

Zmiany na rynku środków smarowych następują w wyniku zmian gospodarczych, dostosowania się do wymogów coraz nowocześniejszego przemysłu oraz zmieniających się przepisów dotyczących ochrony środowiska. W XX wieku duży postęp odnotowano na rynku olejów silnikowych, natomiast w dziedzinie olejów przemysłowych zmiany technologiczne następowały znacznie wolniej i skupiały się głównie na specjalizacji oraz dostosowaniu produktów do konkretnych specyficznych wymagań użytkowników. W ostatnich latach rozwój techniki spowodował, iż prawidłowy dobór środków smarowych, olejów, cieczy hydraulicznych i turbinowych stał się kluczową kwestią dla długotrwałej bezawaryjnej oraz bezpiecznej pracy nowoczesnych maszyn i urzą-

dzeń, głównie w takich dziedzinach jak górnictwo, energetyka, przemysł ciężki, budownictwo. Znacząco wzrosły wymagania odnośnie do właściwości użytkowych oraz eksploatacyjnych stosowanych olejów i cieczy przemysłowych. Wzrosły również wymagania dotyczące ochrony środowiska.

Odpowiadając na zapotrzebowanie producentów i użytkowników środków smarowych, Komitet Techniczny 222 przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym zintensyfikował prace nad wdrożeniem specyfikacji ISO dla środków smarowych w formie PN-ISO. W normach przedmiotowych dla olejów hydraulicznych i olejów turbinowych opisujących wymagania oraz zakres badań wprowadzono szereg nowych wymagań.

Oleje hydrauliczne

Dla olejów hydraulicznych norma klasyfikująca PN-C-96099-09:1984 *Przetwory naftowe – Klasyfikacja środków smarowych, olejów przemysłowych i produktów podobnych wg zastosowania – Klasyfikacja grupy H* została wycofana w 2003 r. i zastąpiona przez normę PN-EN ISO 6743-4:2003 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Klasyfikacja – Część 4: Grupa H (Układy hydrauliczne)* (org.).

Dla określenia wymagań każdego rodzaju oleju hydraulicznego przywołana jest norma z zakresem badań i wymaganiami. Normy obowiązujące do 2012 r. dla olejów hydraulicznych to:

- PN-C-96057-03:1991 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych – Oleje hydrauliczne L-HH,*
- PN-C-96057-04:1991 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych – Oleje hydrauliczne L-HL,*
- PN-C-96057-5:1994 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych – Oleje hydrauliczne L-HM,*
- PN-C-96057-6:1994 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych – Oleje hydrauliczne L-HV,*

- PN-EN ISO 12922:2003 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (układy hydrauliczne) – Wymagania techniczne dla kategorii HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR i HFDU*,

Od 2012 r. normami obowiązującymi są normy PN-ISO:

- 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*, zatwierdzona w marcu 2012 r.
 - 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*, zatwierdzona w sierpniu 2012 r.
- W trakcie konsultacji jest norma ISO/DIS 12922

Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (układy hydrauliczne) – Wymagania dla olejów kategorii HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR i HFDU.

Nowe wymagania jakościowe wprowadzone ww. normami to:

- filtrowalność bez wody – ISO 13357-2,
- filtrowalność z wodą – ISO 13357-1,
- poziom czystości – ISO 4406,
- odporność na utlenianie – oznaczanie osadów nierozpuszczalnych – ISO 4263-1,
- odporność na utlenianie – test Baadera – DIN 51554-3,
- kompatybilność z elastomerami po 1000 h w ustalonej temperaturze testu – ISO 6072.

Oleje turbinowe

Dla olejów turbinowych norma klasyfikująca PN-C-96099-15:1984 *Przetwory naftowe – Klasyfikacja środków smarowych, olejów przemysłowych i produktów podobnych według zastosowania – Klasyfikacja grupy T* została wycofana w 2009 roku i zastąpiona normą PN-EN ISO 6743-5:2009 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Klasyfikacja – Część 5: Grupa T (Turbin)* (org.).

Norma ta dzieli oleje turbinowe na 3 kategorie i 18 typów cieczy turbinowych. Dla określenia wymagań dla każdego rodzaju cieczy turbinowej przywołana jest norma z zakresem badań i wymaganiami.

Polska norma zawierająca zakres badań i wymagania PN-C-96059:1984 *Przetwory naftowe – Oleje turbinowe TU* w 2008 r. została wycofana bez zastąpienia, a w 2009 roku wprowadzona została nowa norma PN-ISO 8068:2009 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa T (Turbin) – Wymagania dla olejów smarowych do turbin.*

Norma ta zawiera nowe wymagania jakościowe dla olejów turbinowych:

- odporność na utlenianie – ISO 7624,
- odporność na utlenianie – test Baadera – DIN 51554-3,
- odporność na utlenianie (po przedmuchu azotem) – ASTM D 2272,
- odporność na utlenianie w wysokiej temperaturze – ASTM D 4636,
- właściwości demulgujące – ASTM D 2711,
- filtrowalność bez wody – ISO 13357-2,
- filtrowalność 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.

Wymagania związane z ochroną środowiska:

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

Nowe metody badawcze

Filtrowalność ISO 13357

W celu zminimalizowania zużycia części składowych skomplikowanych układów nowoczesnych maszyn istotne jest ograniczenie koncentracji zawartych w płynach i olejach twardych cząsteczek zanieczyszczeń. Jest to szczególnie ważne, gdy właściwości użytkowe układu zależą od zachowania odpowiednio małych luzów. Usunięcie zanieczyszczeń jest dokonywane przy zastosowaniu filtrów, a zdolność płynów do przepływania przez dokładne filtry bez ich zatykania jest nazywana filtrowalnością.

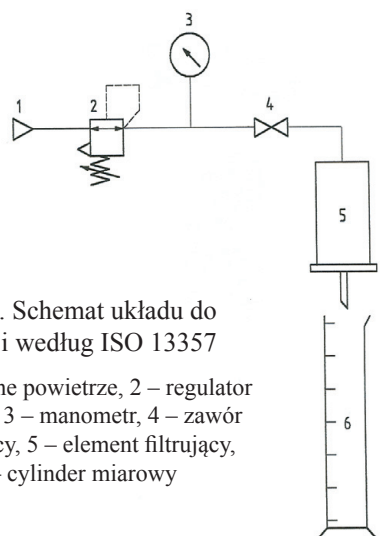
Filtrowalność jest podstawowym wymogiem dla olejów smarowych używanych w systemach hydraulicznych, gdzie stosowane są filtry dokładnego oczyszczania.

Metoda oznaczenia filtrowalności zgodnie z ISO 13357 polega na odpowiednim przygotowaniu próbki, która jest następnie filtrowana w określonych warunkach przez membranę o średniej średnicy porów 0,8 μm, i pomiarze czasu przepływu określonych objętości filtrowanego płynu (rysunek 1).

Filtrowalność jest obliczana ze stosunku wielkości filtracji na początku filtrowania do wielkości filtracji po prze-



Fot. 1. Aparat do testów zgodnie z ISO 13357



Rys. 1. Schemat układu do filtracji według ISO 13357

1 – sprężone powietrze, 2 – regulator ciśnienia, 3 – manometr, 4 – zawór odcinający, 5 – element filtrujący, 6 – cylinder miarowy

filtrowaniu większych, określonych objętości. Wynik badania stanowi średnia z trzech wyznaczonych wartości.

Procedura ISO 13357 może być stosowana tylko do olejów na bazie mineralnej, ponieważ ciecze wyprodukowane z innych materiałów mogą być niekompatybilne z wymaganymi do prowadzenia badań membranami.

Metoda ISO 13357-1 opisuje filtrowalność olejów w obecności wody (niektóre oleje będą w takich warunkach przedstawiały słabsze charakterystyki filtrowalności).

Metoda ISO 13357-2 opisuje filtrowalność olejów bez wody.

Wymagania w zakresie filtrowalności dla olejów hydraulicznych i turbinowych przedstawiono w tablicach 1 i 2.

Odporność na utlenianie – test Baadera DIN 51554

Test Baadera (fot. 2) jest testem przyspieszonego utleniania pozwalającym przewidzieć zachowanie środków smarowych w trakcie eksploatacji w zakresie odporności oksydacyjnej.

Stosowany jest do oceny odporności na utlenianie olejów na bazie mineralnej i syntetycznej. Obecnie dopuszczony jest także do uży-

Tablica 1. Wymagania w zakresie filtrowalności olejów hydraulicznych według nowych specyfikacji

Klasa lepkości	Jednostka	Filtrowalność bez wody poziom I / poziom II	Filtrowalność z wodą poziom I / poziom II
Oleje hydrauliczne HL, HM, HV			
VG 10	[%]	80/60	50/50
VG 15		80/60	50/50
VG 22		80/60	50/50
VG 32		80/60	50/50
VG 46		80/60	50/50
VG 68		80/60	50/50
VG 100		80/60	50/50

Tablica 2. Wymagania w zakresie filtrowalności olejów turbinowych według nowych specyfikacji

Klasa lepkości	Jednostka	Filtrowalność bez wody	Filtrowalność z wodą
Oleje turbinowe L-TSA, L-TGA, L-TSE, L-TGE, L-TGB, L-TGSB, L-TGF, L-TGSE			
VG 32	[%]	85	wytrzymuje
VG 46		85	wytrzymuje
VG 68		85	wytrzymuje
Olej turbinowy L-TGCH			
VG 32	[%]	80	wytrzymuje
VG 46		80	wytrzymuje
Olej turbinowy L-THCH			
VG 46	[%]	80	wytrzymuje
VG 68		80	wytrzymuje
VG 100		80	nie oznacza się
Olej turbinowy L-THCE			
VG 46	[%]	80	nie oznacza się
VG 68		80	nie oznacza się
VG 100		80	nie oznacza się

cia w ocenie olejów biodegradowalnych pochodzenia roślinnego.

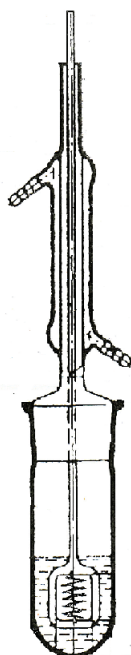
Próbka oleju z katalizatorem miedzianym w formie spirali umieszczona jest w naczyniu szklanym (rysunek 2) w bloku grzewczym i ogrzewana do temperatury 95°C. W trakcie testu katalizator jest kilkakrotnie na minutę wyrzany i zanurzany w badanym oleju. Wynikiem oznaczenia jest procentowa zmiana lepkości oleju przed testem i po 72 h testu, wykonana w temperaturze 100°C lub 40°C.

Test odporności na utlenianie według DIN 51554 przewidziany został w wymaganiach dla:

- olejów hydraulicznych grupy HETG – trójglicerydy w klasach lepkości VG 22, VG 32, VG 46, VG 68, VG 100,
- olejów hydraulicznych grupy HEES – estry syntetyczne w klasach lepkości VG 22, VG 32, VG 46, VG 68, VG 100,
- olejów turbinowych grupy L-THCE – ciecze syntetyczne, estry syntetyczne w klasach lepkości VG 46, VG 68, VG 100.



Fot. 2. Aparat do testów zgodnie z DIN 51554



Rys. 2. Zestaw szklany do testów według DIN 51554

Tablica 3. Odporność na utlenianie według DIN 51554 – wymagania dla olejów hydraulicznych i turbinowych

Klasa lepkości	Jednostka	Wzrost lepkości (maks.)
Olej turbinowy L-THCE		
VG 46	[%]	20
VG 68		20
VG 100		20
Oleje hydrauliczne HETG, HEES		
VG 22	[%]	20
VG 32		20
VG 46		20
VG 68		20
VG 100		20

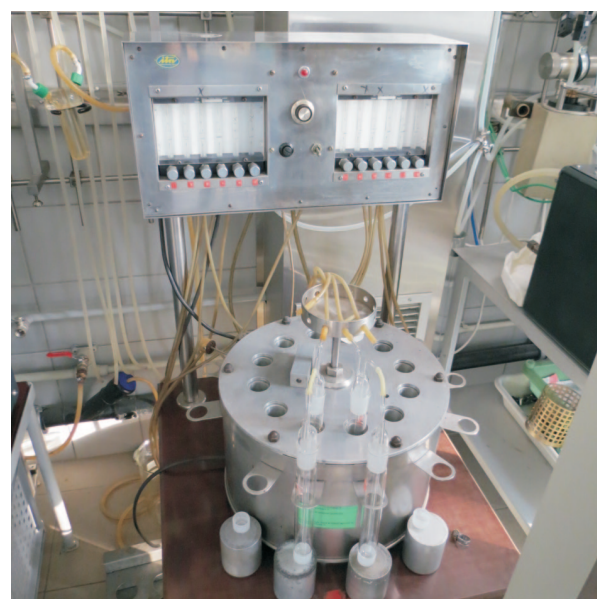
Odporność na utlenianie według ISO 7624

Metoda oznaczania odporności na utlenianie ISO 7624 przewidziana jest do niezutytych, inhibitowanych, mineralnych olejów turbinowych. Metoda może być stosowana również do innych rodzajów olejów, takich jak oleje hydrauliczne.

W teście ISO 7624 tlen jest przepuszczany w czasie 164 h przez ogrzaną do temperatury 120°C próbkę oleju zawierającą dodatek rozpuszczalnych, ciekłych katalizatorów metalicznych (żelaza i miedzi) (rysunek 3). Oznaczana jest ilość powstałych lotnych kwaśnych produktów, kwasowość oleju oraz powstały osad.

Wynikiem oznaczenia jest określenie:

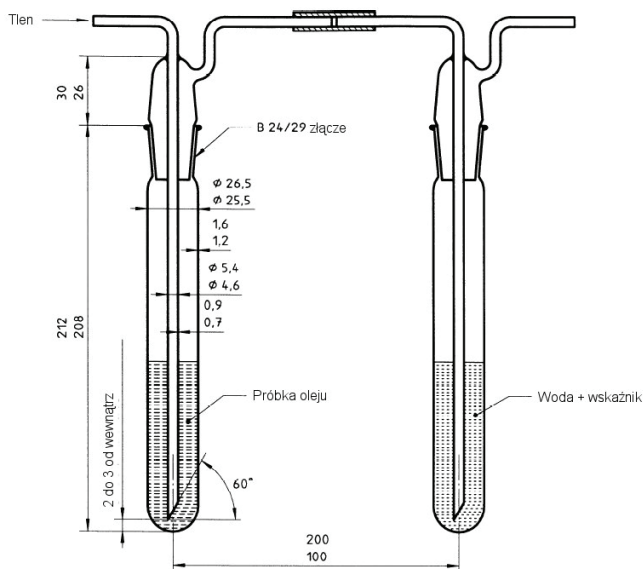
- zawartości lotnych kwasów (VA),



Fot. 3. Aparat do testów zgodnie z ISO 7624

- całkowitej zawartości osadów (TS),
- zawartości rozpuszczonych kwasów (SA).

Oznaczenie odporności na utlenianie według ISO 7624 przewidziane jest w wymaganiach dla olejów turbinowych.



Rys. 3. Zestaw szklany do testów według ISO 7624

Tablica 4. Odporność na utlenianie według ISO 7624 – wymagania dla olejów turbinowych

Klasa lepkości	Jednostka	Wszystkie produkty tlenowe (maks.)	Osad (maks.)
Oleje turbinowe TSA, TGA			
VG 32	[%]	0,40	0,25
VG 46		0,40	0,25
VG 68		0,40	0,25

Odporność na utlenianie według ASTM D 4636

Badanie zgodne z ASTM D 4636 polega na umieszczeniu w szklanym naczyniu (rysunek 4) 100 ml badanej próbki oraz zestawu katalizatorów (płytek: żelazo, miedź, kadm, aluminium, magnez). Naczynie umieszcza się w bloku grzewczym i ogrzewa do temp. od 100 do 210°C, w za-

leżności od rodzaju próbki. Przez ogrzaną do temperatury oznaczenia próbkę oleju przepuszcza się stałą, określoną ilość powietrza.

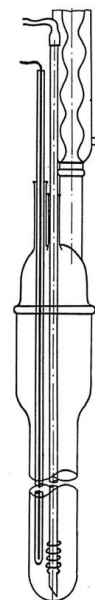
Wynikiem badania jest wyznaczenie:

- zmiany lepkości kinematycznej po teście,
- zmiany masy płytek metalowych oraz ocena ich wyglądu,
- całkowitej liczby kwasowej,
- zawartości osadów.

Oznaczenie stabilności oksydacyjnej według ASTM D 4636 przewidziane jest w wymaganiach dla olejów turbinowych L-TGB, L-TGSB, T-TGF oraz L-TGSE.



Fot. 4. Aparat do testów zgodnie z ASTM D 4636



Rys. 4. Zestaw szklany do testów według ASTM D 4636

Tablica 5. Stabilność oksydacyjna według ASTM D 4636 – wymagania dla olejów turbinowych

Klasa lepkości	Zmiana lepkości [%]	Zmiana liczby kwasowej	Zmiana masy każdej płytki metalu [mg/cm ²]
Oleje turbinowe L-TGB, L-TGSB, T-TGF, L-TGSE			
VG 32	wartość podawać w atęście	wartość podawać w atęście	±0,250
VG 46			
VG 68			

**Odporność na utlenianie ASTM D 2272
(po przedmuchu azotem)**

Jest to metoda badania utraty odporności na utlenianie olejów hydraulicznych i turbinowych w trakcie eksploatacji. Badanie można wykonać w dwóch wariantach.

Pierwszy wariant to badanie odporności na utlenianie wprost z dostarczonej próbki eksploatacyjnej.

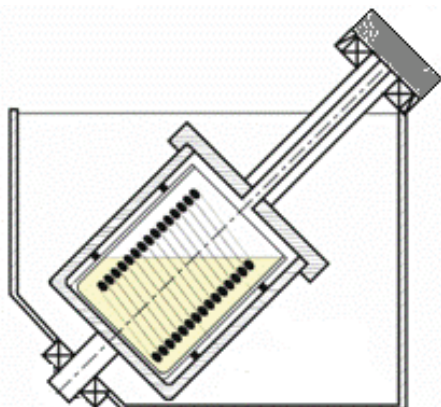
Drugi wariant to badanie odporności na utlenianie wprost z próbki, jak również wykonanie tego badania dla tej samej próbki, ale po wcześniejszym przedmuchu azotem.

Test wykonywany zgodnie z ASTM D 2272 (fot. 5) polega na umieszczeniu w stalowej bombie próbki badanego oleju wraz z katalizatorem i wodą. Tak przygotowaną stalową bombę rotacyjną nabija się tlenem i umieszcza w łaźni olejowej (rysunek 5). Rezultatem badania jest czas do osiągnięcia charakterystycznego spadku ciśnienia.

Wynikiem całego badania jest wyliczony wskaźnik – odporność na utlenianie jako procent trwałości próbki w funkcji czystej próbki bez przedmuchu azotem.



Fot. 5. Aparat do testów zgodnie z ASTM D 2272



Rys. 5. Zestaw szklany do testów według ASTM D 2272

Oznaczenie odporności na utlenianie według ASTM D 2272 przewidziane jest w wymaganiach dla olejów turbinowych L-TGB, L-TGSB, T-TGF, L-TGSE, L-TGCH.

Tablica 6. Stabilność oksydacyjna według ASTM D 2272 – wymagania dla olejów turbinowych

Klasa lepkości	Stabilność oksydacyjna (bomba rotacyjna) [h]	Stabilność oksydacyjna (bomba rotacyjna) jako procent trwałości próbki w funkcji czystej próbki bez przedmuchu azotem [%]
Oleje turbinowe L-TGB, L-TGSB, T-TGF, L-TGSE		
VG 32	750	85
VG 46		
VG 68		
Olej turbinowy L-TGCH		
VG 32	1000	85
VG 48		

Poziom czystości ISO 4406

Klasa czystości jest parametrem eksploatacyjnym, który jest kontrolowany zarówno przed pierwszym użyciem, jak również w trakcie całego okresu eksploatacji danego produktu.

Współczesne elementy układów hydraulicznych oraz turbin cechują się bardzo dużą dokładnością dopasowania. Luzy technologiczne wynoszą często od 2 µm do 5 µm. Dokładne pasowanie elementów stawia wysokie wymagania w zakresie czystości olejów przemysłowych.

Czystość cieczy określa się oznaczając takie parametry jak: zawartość zanieczyszczeń, skład granulometryczny.

Skład granulometryczny ocenia się na podstawie zliczania, za pomocą automatycznego licznika lub pod mikroskopem (fot. 6), cząstek zanieczyszczeń o określonych wymiarach przypadających na jednostkę objętości cieczy (najczęściej 100 ml).

Określoną ilość próbki sący się przez sączek w warunkach podciśnienia, w celu zgromadzenia zanieczyszczeń na jego powierzchni. Tak przygotowany sączek po wysuszeniu jest materiałem wyjściowym do szacowania ilości zanieczyszczeń.

Zliczanie odbywa się pod mikroskopem, obecnie przy użyciu specjalistycznego oprogramowania.

Program działa w oparciu o metody rozpoznawania rastrowych obrazów graficznych. Dzięki zastosowaniu szybkich algorytmów można z dużą dokładnością wyodrębnić obiekty widoczne na mikroskopowych obrazach graficznych.

Dla olejów hydraulicznych kategorii HH, HL, HM, HV i HG wymagane jest określenie poziomu czystości, który należy podawać w atescie. Musi on być zgodny z urządzeniami, w jakich olej ten ma być stosowany.

Określenie poziomu czystości wymagane jest również dla wszystkich rodzajów olejów turbinowych. Ocena wykonana i wyliczona zgodnie z ISO 4406 nie może być wyższa niż:

Klasa czystości	-/17/14
-----------------	---------



Fot. 6. Mikroskop wraz z oprogramowaniem do oznaczania klasy czystości zgodnie z ISO 4407

Kompatybilność z elastomerami ISO 6072

Środki smarowe, oleje przemysłowe i inne produkty do układów hydraulicznych i turbin powinny być kompatybilne ze wszystkimi elementami układów hydraulicznych i systemów smarowania.

Kompatybilność z elementami elastomerowymi wykonuje się zgodnie z normą ISO 6072, dobierając odpowiedni dla danej cieczy elastomer i warunki badania.

Przykładowe warunki testu to: czas kontaktu 168 h lub 1000 h, temp. badania od 60°C do 150°C. Stosowane elastomery: NBR1, NBR2, HNBR, FKM2, FPM AC6, EPDM1, AU.

Oznaczone wielkości to:

- względne zwiększenie objętości,
- zmiana twardości Shore'a A,
- zmiana twardości IRHD (fot. 8),
- zmiana wydłużenia (fot. 7),
- zmiana wytrzymałości (naprężenia zrywającego) (fot. 7).

Nowe wymagania w zakresie kompatybilności z elastomerami dla cieczy do układów hydraulicznych i turbin przedstawiono w tablicach 7, 8, 9.



Fot. 7. Maszyna wytrzymałościowa do testów zgodnie z ISO 6072



Fot. 8. Twardościomierz IRHD do testów zgodnie z ISO 6072

Tablica 7. Kompatybilność z elastomerami według ISO 6072 – wymagania dla olejów turbinowych

Czas kontaktu [h]	Pęcznienie [%]	Kurczenie [%]	Zmiana twardości [IRHD]	Zmiana wytrzymałości [%]	Zmiana wydłużenia [%]
Oleje turbinowe (rodzaj elastomeru, warunki badania zależne od typu oleju)					
168	15	-4	± 8	-20	-20
1000	20	-5	± 10	-50	-50

Tablica 8. Kompatybilność z elastomerami według ISO 6072 – wymagania dla olejów hydraulicznych

Czas kontaktu [h]	Pęcznienie [%]	Kurczenie [%]	Zmiana twardości [IRHD]	Zmiana wytrzymałości [%]	Zmiana wydłużenia [%]
Oleje hydrauliczne (rodzaj elastomeru, warunki badania zależne od typu oleju) HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR, HFDU					
168	0 do 7	-	-7 do +2	podawać	podawać
Oleje hydrauliczne (rodzaj elastomeru, warunki badania zależne od typu oleju) HETG, HEPG, HEES, HEPR					
1000	-3 do 10	-	± 10	30	30

Tablica 9. Kompatybilność z elastomerami według ISO 6072 – wymagania dla olejów hydraulicznych

Typ oleju	Czas kontaktu [h]	Pęcznienie [%]	Zmiana twardości Shore'a A
Oleje hydrauliczne (rodzaj elastomeru, warunki badania zależne od typu oleju) HH, HL, HM, HV, HG			
HH	168	podawać	podawać
HL, HM, HV (VG 10)	168	0 do 18	0 do -10
HL, HM, HV (VG 15, VG 22)	168	0 do 15	0 do -8
HL, HM, HV, HG (VG 32, VG 46)	168	0 do 12	0 do -7
HL, HM, HV, HG (VG 68, VG 100, VG 150)	168	0 do 10	0 do -6

Podsumowanie

Komitet Techniczny 222 przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym prowadzi intensywne prace nad opracowaniem i wdrożeniem specyfikacji PN-ISO dla środków smarowych. Procedury te w zakresie badań przytaczają szereg nowych wymagań. Wprowadzenie i stosowanie nowych norm przedmiotowych dla olejów turbinowych i hydro-

licznych spowoduje konieczność oznaczania przez producentów większej liczby parametrów dla danego produktu. Spełnienie dodatkowych wymagań jakościowych przez oleje hydrauliczne i turbinowe zapewni lepszą jakość oferowanych na rynku produktów, co przełoży się na dłuższą ich żywotność, a co za tym idzie – obniży koszty ich wymiany.

Literatura

- [1] ASTM D2272-11 *Standard Test Method for Oxidation Stability of Steam Turbine Oils by Rotating Pressure Vessel.*
- [2] ASTM D4636-09 *Standard Test Method for Corrosiveness and Oxidation Stability of Hydraulic Oils, Aircraft Turbine Engine Lubricants and Other Highly Refined Oils.*
- [3] ISO 4407:2002 *Napędy i sterowania hydrauliczne – Zanieczyszczenia cieczy roboczej – Wyznaczanie zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych metodą zliczania za pomocą mikroskopu.*
- [4] ISO 6072:2011 *Rubber – Compatibility between hydraulic fluids and standard elastomeric materials.*
- [5] ISO/DIS 12922 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (układy hydrauliczne) – Wymagania dla olejów kategorii HFAG, HFAS, HFB, HFC, HFDR i HFDU.*
- [6] PN-C-96057-03:1991 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych. Oleje hydrauliczne typu L-HH.*
- [7] PN-C-96057-04:1991 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych. Oleje hydrauliczne typu LHL.*
- [8] PN-C-96057-05:1994 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych. Oleje hydrauliczne typu L-HM.*
- [9] PN-C-96057-06:1994 *Przetwory naftowe – Oleje hydrauliczne do hydrostatycznych układów hydraulicznych. Oleje hydrauliczne typu L-HV.*
- [10] PN-C-96059:1984 *Przetwory naftowe – Oleje turbinowe TU.*
- [11] PN-C-96099-15:1984 *Przetwory naftowe – klasyfikacja środków smarowych, olejów przemysłowych i produktów podobnych według zastosowania – Klasyfikacja grupy T.*
- [12] PN-EN ISO 12922:2003 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa H (Układy hydrauliczne) – Wymagania dla olejów kategorii HFAG, HFAS, HFB, HFC, HFDR i HFDU.*
- [13] PN-EN ISO 6743-5:2003 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Klasyfikacja – Część 5: Grupa T (Turbiny) (org.).*
- [14] 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.*
- [15] PN-ISO 13357-1:2012 *Przetwory naftowe – Oznaczanie filtrowalności olejów smarowych – Część 1: Procedura dla olejów w obecności wody.*
- [16] 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.*
- [17] PN-ISO 7624:2012 *Przetwory naftowe i środki smarowe – Inhibitorowane mineralne oleje turbinowe – Oznaczanie odporności na utlenianie.*
- [18] PN-ISO 8068:2009 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L) – Grupa T (Turbiny) – Wymagania dla olejów smarowych do turbin.*



Mgr inż. Dariusz SACHA – starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Prowadzi badania w zakresie oceny stabilności oksydacyjnej i odporności korozyjnej produktów naftowych oraz kompatybilności produktów naftowych z elastomerami.