

Anna Zajezińska  
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

## Smary plastyczne – europejskie normy klasyfikacyjne i wymagania jakościowe

### Wstęp

Smary plastyczne stanowią wyspecjalizowaną grupę środków smarowych, stosowanych w przypadkach, gdy istnieje potrzeba dobrego uszczelnienia węzła tarcia przed dostępem wody i zanieczyszczeń mechanicznych, a także wymóg dobrej przyczepności do powierzchni metalowych [2, 3, 5, 6, 8].

Zakres stosowania smarów jest szeroki i obejmuje łożyska toczne i ślizgowe (główna pod względem liczności grupa smarów), nieuszczelnione przekładnie, przeguby i inne powierzchnie trące. Smary aplikowane są do węzłów tarcia pracujących w zróżnicowanych warunkach i szerokim zakresie parametrów jakościowych: w warunkach wysokich i niskich temperatur, wysokich prędkości obrotowych, zmiennych obciążeniach [2, 3, 5, 6, 8].

Zróżnicowane warunki eksploatacji wymagają zastosowania szerokiego asortymentu produktów o różnym składzie chemicznym, stąd utrudnione jest dokonanie unifikacji i ustalenie jednolitego systemu klasyfikacji.

Obecnie ogólnie przyjętą w świecie klasyfikacją smarów plastycznych jest klasyfikacja według konsystencji, zaproponowana przez Amerykański Instytut Smarów Plastycznych (*National Lubricating Grease Institute*).

W krajach europejskich dla klasyfikacji smarów plastycznych najczęściej stosowana jest norma ISO 6743-9:2003, a w kraju jej odpowiednik: PN-ISO 6743-9:2009 [7].

Klasyfikacja oraz wymagania jakościowe dla smarów plastycznych zawarte są również w europejskich normach krajowych: niemieckiej normie DIN 51825:2004 [1] oraz szwedzkiej normie SS 15 54 70:2003 [9].

Normą międzynarodową łączącą system klasyfikacji smarów plastycznych, a także określającą ich wymagania jakościowe jest norma ISO 12924:2010 [4].

Obecnie w Komitecie Technicznym nr 222 ds. Przetworów Naftowych i Cieczy Eksploatacyjnych prowadzone są prace normalizacyjne zmierzające do wprowadzenia krajowego odpowiednika normy ISO 12924:2010.

### Omówienie norm klasyfikacyjnych i specyfikacji jakościowych

1. Norma **PN-ISO 6743-9:2009** *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L). Klasyfikacja. Część 9: Grupa X (Smary plastyczne)*

Norma jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy ISO 6743-9:2003. Podstawą klasyfikacji smarów są następujące właściwości eksploatacyjne: minimalna i maksymalna temperatura pracy, zdolność smaru do zapewnienia właściwego smarowania w obecności wody i zapewnienia właściwej ochrony korozyjnej, a także zdolność smaru do zapewnienia właściwego smarowania węzłów tarcia w warunkach dużych nacisków.

Poszczególne cechy smarów kodowane są kolejnymi symbolami. Pozwala to na zwięzłe określenie poziomu jakościowego smaru i zakresu jego stosowania (tablica 1).

2. Norma **DIN 51825:2004** *Lubricants – Lubricating greases K – Classification and requirements*

Powyższa norma jest podstawową normą klasyfikacyjną i specyfikacyjną dotyczącą smarów plastycznych do zastosowań przemysłowych. Odnosi się do produktów przeznaczonych do aplikowania w łożyskach tocznych i ślizgowych, eksploatowanych w bardzo zróżnicowanych warunkach temperatur, obciążeniach i prędkości obrotowych.

Tablica 1. Klasyfikacja jakościowa smarów plastycznych według ISO 6743-9

Symbol 1 minimalna temperatura pracy		Symbol 2 maksymalna temperatura pracy		Symbol 3 odporność na działanie wody			Symbol 4 zdolność do przenoszenia obciążeń	Konsystencja smaru	
oznaczenie	temperatura [°C]	oznaczenie	temperatura [°C]	oznaczenie	środowisko	właściwości przeciwkorozyjne			
A	0	A	60	A	L – brak wilgoci	L*	Symbol A – smary, w których niewymagane są właściwości EP	Klasa kon- systencji wg NLGI	
B	-20	B	90	B		M*			
C	-30	C	120	C		H*			
D	-40	D	140	D	M – stała wilgotność	L*	Symbol B – smary, w któ- rych wymagane są właściwości EP		
E	poniżej -40	E	160			E			M*
		F	180			F			H*
		G	powyżej 180	G	H – dostęp wody	L*			
				H		M*			
				I		H*			

L\* – brak właściwości przeciwkorozyjnych

M\* – właściwości przeciwkorozyjne w obecności wody destylowanej

H\* – właściwości przeciwkorozyjne w obecności wody słonej

Jako kryterium klasyfikacji przyjęto następujące parametry jakościowe smaru: konsystencję, maksymalną i minimalną temperaturę eksploatacji oraz odporność smaru na działanie wody.

Zakres temperatur stosowania smarów plastycznych ujęty w niniejszej normie, obejmujący maksymalne temperatury pracy od +60°C do +240°C, a także uwzględniający minimalne warunki pracy smarów w zakresie od -10°C do -60°C, podzielony został na 14 klas jakościowych, oznaczonych symbolami od C do U.

Podstawowymi wymaganiami jakościowymi przewidzianymi w niniejszej normie są: trwałość eksploatacyjna smaru w badaniu dynamicznym w łożysku, właściwości reologiczne w niskich temperaturach (moment obrotowy, ciśnienie przepływu) oraz właściwości przeciwkorozyjne.

Norma DIN 51825 stosowana może być również w odniesieniu do smarów biodegradowalnych – jako kryterium przyjęto stopień degradacji biologicznej określony według DIN 51828-1 i DIN 51828-2. Ta grupa smarów plastycznych według wymagań jakościowych ujętych w DIN 51825 powinna charakteryzować się biodegradowalnością na poziomie powyżej 80%.

Wymagania jakościowe dla smarów plastycznych przewidziane w normie DIN 51825:2004 przedstawiono w tablicy 2.

### 3. Norma ISO 12924:2010

Norma ISO 12924:2010 stanowi międzynarodową normę określającą wymagania jakościowe dla smarów do zastosowań przemysłowych i motoryzacji.

Klasyfikacja smarów jest zgodna z systemem przedstawionym w normie ISO 6743-9, w której poszczególne cechy opisane są odpowiednimi symbolami (tablica 1):

- symbol 1 jest miarą najniższej temperatury stosowania, oznaczenia od A do E,
- symbol 2 jest miarą najwyższej temperatury stosowania, oznaczenia od A do G,
- symbol 3 jest miarą odporności na wodę i miarą właściwości przeciwkorozyjnych, oznaczenia od A do I,
- symbol 4 jest miarą zdolności smaru do zapewnienia właściwego smarowania w warunkach dużych obciążeń, oznaczenia A lub B,
- symbol 5 to klasa konsystencji według NLGI i zdefiniowana przez wyznaczenie penetracji zgodnie z ISO 2137.

#### Symbol 1 – najniższa temperatura stosowania

Najniższa temperatura stosowania powinna być określona według trzech następujących kryteriów:

- momentu obrotowego: rozruchowego i dynamicznego, zgodnie z ASTM D 1478,
- ciśnienia przepływu, zgodnie z DIN 51805,
- penetracji w niskich temperaturach, zgodnie z ISO 13737.

W zależności od przyjętego kryterium, symbol 1 uzupełniony jest przyrostkiem w postaci litery w nawiasie:

- (L) w przypadku momentu obrotowego,
- (F) w przypadku ciśnienia przepływu,
- (P) w przypadku penetracji w niskich temperaturach. Szczegółowe wymagania przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 2. Wymagania jakościowe dotyczące smarów plastycznych do zastosowań przemysłowych według normy DIN 51825:2004

Smear, oznaczenie	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R	S	T	U
Odporność na wodę, wg DIN 51807-1	0-40 1-40	2-40 3-40	0-40 1-40	2-40 3-40	0-90 1-90	2-90 3-90	0-90 1-90	2-90 2-90						
Maksymalna temperatura pracy [°C]	60	60	80	80	100	100	120	120	140	160	180	200	220	≤ 240
Temperatura kroplenia, wg DIN ISO 2176 [°C]	> 90	> 90	> 110	> 110	> 130	> 130								
Trwałość eksploatacyjna – aparat FAG FE9, A/1500/6000, wg DIN 51821-1, DIN 51821-2, minimum 100 h w określonej temperaturze		niewymagane					120	120	140	160	180	200	220	n.w.
Właściwości niskotemperaturowe [°C]	-60		-50		-40		-30		-20				-10	
– ciśnienie przepływu, wg DIN 51805 [hPa]							≤ 1400							
– moment obrotowy w niskiej temperaturze: • statyczny [mNm] • dynamiczny [mNm]							≤ 1000 ≤ 100							
Właściwości przeciwkorozyjne, wg DIN 51802					≤ 1									n.w.
Oddziaływanie na miedź, wg DIN 51811	≤ 2 w 60°C	≤ 2 w 60°C	≤ 2 w 80°C	≤ 2 w 80°C	≤ 2 w 100°C									podawać na życzenie
Zawartość zanieczyszczeń (DIN 51813) powyżej 25 µm [mg/kg]							≤ 20							
Zawartość wody, DIN ISO 3733, DIN 51777-2	≤ 3,0													≤ 0,4
Wydzielanie oleju, DIN 51817 [%]														podawać na życzenie
Olej podstawowy, DIN 51820-1														podawać na życzenie
Stopień degradacji biologicznej, DIN 51828-1, DIN 51828-2 [%]														≥ 80

Symbol 2 – najwyższa temperatura stosowania

Najwyższa temperatura stosowania powinna być określona według następujących kryteriów:

- temperatury kroplenia, dla symboli 2A i 2B,
- trwałości eksploatacyjnej według DIN 51821, dla symboli od 2C do 2G.

Dla smarów o maksymalnej temperaturze stosowania powyżej 120°C trwałość eksploatacyjna łożyska F<sub>50</sub> powinna wynosić powyżej 100 godzin.

Szczegółowe wymagania przedstawiono w tablicy 4.

Symbol 3 – kontakt z wodą i właściwości przeciwkorozyjne

Symbol 3 jest kombinacją poziomu odporności smaru na kontakt z wodą, określonego przy pomocy badania odporności na wymywanie wodą metodą dynamiczną w łożysku zgodnie z ISO 11009, i ochrony przed korozją, określonej w badaniu właściwości przeciwkorozyjnych metodą statyczną zgodnie z ISO 11007.

Szczegółowe wymagania przedstawiono w tablicy 5.

Symbol 4 – zdolność do smarowania w warunkach dużych obciążeń

Badanie służące określeniu zdolności do smarowania w warunkach dużych obciążeń powinno być prowadzone z zastosowaniem aparatu czterokulowego, biorąc pod uwagę jedynie obciążenie zespawania i po przyjęciu założenia, że pozytywny wynik badania uzyskano w obecności dodatków EP (*Extreme Pressure*).

Szczegółowe wymagania przedstawiono w tablicy 6.

Klasa konsystencji

Klasa konsystencji powinna być określona poprzez penetrację po ugniataniu według ISO 2137 (tablica 7).

4. Norma **SS 15 54 70:2003 Lubricants, industrial oil and related products – (Class L) Specification for family X (Greases)**

Niniejsza norma jest normą klasyfikacyjną i specyfikacyjną odnoszącą się do szerokiej grupy smarów plastycznych do zastosowań

Tablica 3. ISO 12924:2010 – najniższa temperatura stosowania – symbol 1

Najniższa temperatura stosowania [°C]	Moment rozruchowy [mN·m]			Ciśnienie przepływu [hPa]		Penetracja [1/10 mm]	
	Wartość	Moment roboczy [mN·m]					
		Symbol 1	Wartość	Symbol 1	Wartość	Symbol 1	
0	≤ 1000	A (L)	≤ 100	≤ 1400	A (F)	≤ 140	A (P)
-20		B (L)			B (F)	≤ 120	B (P)
-30		C (L)			C (F)	≤ 120	C (P)
-40		D (L)			D (F)	≤ 100	D (P)
< -40		E (L)			E (F)	≤ 100	E (P)
-	Metoda badania: ASTM D 1478 lub NF T60-629			Metoda badania: DIN 1805	Metoda badania: ISO 13737		

Tablica 4. ISO 12924:2010 – najwyższa temperatura stosowania – symbol 2

Najwyższa temperatura stosowania [°C]	Symbol 2	Temperatura kroplenia [°C]	Trwałość eksploatacyjna łożyska [h]
60	A	≥ 90	Nie określa
80	B	≥ 130	
120	C	podawać	$F_{50} > 100$ h przy najwyższej temperaturze stosowania
140	D		
160	E		
180	F		
> 180	G		
-	-	Metody badania: ISO 2176, ISO 6299, IP 396 lub NF T60-627	Metody badania: DIN 51821-1 i DIN 51821-2; badanie z zastosowaniem stanowiska do testowania smarów FAG FE 9, procedura A/1500/6000

przemysłowych, smarów dla motoryzacji, a także smarów eksploatowanych w gospodarce morskiej.

W normie SS 15 54 70:2003, podobnie jak w poprzednio cytowanych normach, przyjęto system klasyfikacyjny, w którym poszczególnym parametrom eksploatacyjnym, oznaczonym symbolami literowymi, przypisane są odpowiednie dla danej aplikacji testy oraz parametry jakościowe.

Klasyfikacja obejmuje następujące parametry: minimalny i maksymalny zakres temperatur pracy, zdolność do ochrony korozyjnej, zdolność do zapewnienia smarowania

Tablica 5. ISO 12924:2010 – kontakt z wodą i właściwości przeciwkorozyjne – symbol 3

Symbol 3	Odporność na wymywanie wodą		Stopień właściwości przeciwkorozyjnych
	Wymagania [% (m/m)]	Temperatura [°C]	
A	brak wymagań	38	brak wymagań
B	brak wymagań	38	maks. 1-1 woda destylowana
C	brak wymagań	38	maks. 2-2 słona woda ISO 7120
D	< 30	38	brak wymagań
E	< 30	79	maks. 1-1 woda destylowana
F	< 30	79	maks. 2-2 słona woda ISO 7120
G	< 10	79	brak wymagań
H	< 10	-	maks. 1-1 woda destylowana
I	< 10	-	maks. 2-2 słona woda ISO 7120
-	Metoda badania: ISO 11009		Metoda badania: ISO 11007

wania w warunkach wysokich obciążeń, a także stopień oddziaływania na środowisko naturalne.

Dla ustalenia minimalnej temperatury eksploatacji smaru

konieczne jest dokonanie badania jego momentu obrotowego według ASTM D 1478. Dla określonej kategorii smaru, oznaczonej symbolem 1–4, norma podaje maksymalne wartości momentu obrotowego w warunkach statycznych i w warunkach dynamicznych. Szczegółowe wymagania przedstawiono w tablicy 8.

Ustalenie maksymalnej temperatury eksploatacji smaru według normy SS 15 54 70:2003 wymaga pomiaru dwóch parametrów: temperatury kroplenia oraz stabilności koloidalnej smaru, tj. jego tendencji do separowania oleju.

Norma SS 15 54 70:2003 jako jedyna europejska norma zaleca określenie trwałości struktury koloidalnej smaru w wysokich temperaturach, a także określa wartości liczbowe przypisane poszczególnym kategoriom.

Szczegółowe wymagania dotyczące określenia maksymalnych temperatur stosowania smarów (symbol 2) przedstawiono w tablicach 9a i 9b.

Zdolność ochrony korozyjnej smarów określa się z zastosowaniem testu według ISO 11007. W tym zakresie

Tablica 6. ISO 12924:2010 – zdolność do smarowania w warunkach dużych nacisków – symbol 4

Symbol 4	Obciążenie zespawania aparat czterokulowy [kg]	Metoda badania
A	brak wymagań	ASTM D 2596 lub IP 239
B	≥ 250	

Tablica 7. Klasa konsystencji według NLGI

Klasa konsystencji NLGI	Penetracja (po 60 cyklach ugniatania przy 25°C) [1/10 mm]	Metoda badania
000	od 445 do 475	ISO 2137
00	od 400 do 430	
0	od 355 do 385	
1	od 310 do 340	
2	od 265 do 295	
3	od 220 do 250	
4	od 175 do 205	
5	od 130 do 160	
6	od 85 do 115	

norma przewiduje trzy symbole klasyfikacyjne, w zależności od spełnienia kryterium braku korozji na elementach

Tablica 8. Norma SS 15 54 70:2003 – minimalna temperatura stosowania – symbol 1

Zakres niskich temperatur [°C]	Moment obrotowy – statyczny/dynamiczny [Nm]	Symbol 1	Metoda badania
powyżej –10	<ul style="list-style-type: none"> <li>moment obrotowy statyczny – wartość maks.: 1,0</li> <li>moment obrotowy dynamiczny – wartość maks.: 0,02</li> </ul>	1	ASTM D 1478
–10 do –20		2	
–21 do –30		3	
poniżej –30		4	

Tablica 9a. Norma SS 15 54 70:2003 – maksymalna temperatura stosowania – symbol 2

Zakres maksymalnych temperatur [°C]	Temperatura kroplenia [°C]	Symbol 2	Metoda badania
< 100	130 lub poniżej	1	SS-ISO 2176
100÷120	131÷170	2	
130÷150	171÷229	3	
> 150	230 lub powyżej	4	

Tablica 9b. Norma SS 15 54 70:2003 – maksymalna temperatura stosowania – stabilność koloidalna

Wydzielanie oleju [% mas.]	Trwałość struktury	Obniżenie klasy*	Metoda badania
< 1	bardzo silna	0	DIN 51817
1÷5	normalna	0	
5÷10	słaba	–1	
> 10	bardzo słaba	–2	

\* Obniżenie klasy konsystencji według NLGI.

badawczych w warunkach braku dostępu wody, w warunkach prowadzenia testu w obecności wody destylowanej oraz w warunkach kontaktu z wodą słoną lub wodą kwaśną (tablica 10).

Właściwości smarne przeciwzużyciowe i przeciwzatarciowe określane są z zastosowaniem aparatu czterokulowego według DIN 51350-4 lub -2 oraz DIN 51350-5 lub -3.

Podobnie jak w przypadku poprzedniej kategorii, norma przewiduje trzy symbole klasyfikacyjne. Przypisane symbolom parametry jakościowe przedstawia tablica 11.

Norma SS 15 54 70:2003 jako jedyna europejska norma zawiera szczegółowe wymagania dotyczące oddziaływania smarów plastycznych na środowisko naturalne i zdrowie człowieka.

Norma obejmuje trzy grupy smarów plastycznych, oznaczone symbolami A oraz B i C. Symbole te stanowią

podstawę do oznakowania smarów jako produktów akceptowalnych przez środowisko naturalne.

Klasa A odnosi się do produktów o niskiej zawartości substancji niebezpiecznych, zarówno dla zdrowia człowieka, jak i dla środowiska naturalnego. Od produktów tej klasy wymagany jest również wysoki stopień degradacji biologicznej, a także zawartość w składzie smaru komponentów odnawialnych.

Akceptowane przez środowisko produkty oznaczone jako B i C mają wymaganie niskiej zawartości substancji niebezpiecznych dla zdrowia.

Wymagania odnośnie produktów kwalifikowanych jako B w zakresie koncentracji substancji niebezpiecznych oraz stopnia degradacji biologicznej są bardziej restrykcyjne w porównaniu z wymaganiami przewidzianymi dla produktów klasy C.

Tablica 10. Norma SS 15 54 70:2003 – zdolność smaru do zapewnienia ochrony korozyjnej – symbol 3

Klasa	Wymagania ochrony korozyjnej	Symbol 4	Metoda badania
	nie wymaga	1	SS-EN ISO 11007
0-0 (3a)	ochrona w warunkach kontaktu z wodą	2	
0-0 (3b, 3c)	ochrona w warunkach kontaktu z wodą słoną/kwaśną		

3a – ochrona w warunkach kontaktu z wodą.

3b – ochrona w warunkach kontaktu z wodą słoną.

3c – ochrona w warunkach kontaktu z wodą kwaśną.

Symbole 0-0 oznaczają brak korozji elementów badawczych w badaniu według metodyki SS-EN ISO 11007.

Tablica 11. Norma SS 15 54 70:2003 – właściwości smarne – symbol 5

Obciążenie zespawania [N]	Komentarz	Symbol 5	Metoda badania
< 2200 <b>lub</b> zużycie większe niż 0,8 mm przy 400 N	nie EP	NEP	Test EPI DIN 51350-4 lub -2
2200 do 5000 <b>i</b> zużycie mniejsze niż 0,8 mm przy 400 N	EP	EP	
> 5000 <b>i</b> zużycie mniejsze niż 0,8 mm przy 400 N	smar przekładniowy	GC	Test zużyciowy: DIN 51350-5 lub -3

## Podsumowanie

Prowadzone od szeregu lat prace normalizacyjne doprowadziły do opracowania międzynarodowej normy dotyczącej smarów plastycznych. Dokument ten obejmuje zarówno system klasyfikacji smarów, przewidzianych do stosowania w bardzo zróżnicowanych warunkach, jak i parametry jakościowe, umożliwiające dokonanie oceny poziomu jakości smarów.

Podstawą przyjętego systemu klasyfikacji smarów, a także ich właściwości eksploatacyjnych jest norma ISO 6743-9 oraz jej kolejne edycje, i niemiecka norma DIN 51825, od wielu lat stosowana w krajach europej-

skich jako jedyna norma przewidziana dla oceny smarów plastycznych do zastosowań przemysłowych.

Norma ISO 12924 została wprowadzona w 2010 r. i stanowi nowoczesny dokument normalizacyjny, który może być wykorzystywany również przez użytkowników smarów dla dokonania właściwej aplikacji środka smarowego do węzła tarcia.

Na szczególne podkreślenie zasługuje wprowadzenie w aktualnej edycji szwedzkiej normy SS 15 54 70 szczegółowych wymagań ekologicznych, obejmujących oddziaływanie smarów na środowisko naturalne i zdrowie człowieka.

## Literatura

- [1] DIN 51825:2004 *Lubricants – Lubricating greases K – Classification and requirements*.
- [2] FAG – *Wälzlager, Kugellager, Rollenlager, Gehäuse, Zubehör. Katalog WL 41 520 DB*. Ausgabe Mai 1995.
- [3] FAG – *Wälzlager. Schmierung von Wälzlagern*. Publ. Nr. 11115, Schweinfurt 1996.
- [4] ISO 12924:2010 *Lubricants, industrial oil and related products – (Class L) Specifications for family X (Greases)*.
- [5] Lansdown A. R.: *Lubrication. A Practical Guide to Lubricant Selection*. Oxford OX OBW, Pergamon Press Ltd., England 1982.
- [6] Neale M. J.: *Lubrication – A Tribology Handbook*. Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd., 1993.
- [7] PN-ISO 6743-9:2009 *Środki smarowe, oleje przemysłowe i produkty podobne (klasa L). Klasyfikacja. Część 9: Grupa X (Smary plastyczne)*.
- [8] SKF *Katalog Główny*. Katalog 3200 P. Reg. 47 3000, 1985.08.
- [9] SS 15 54 70:2003 *Lubricants, industrial oil and related products – (Class L) Specifications for family X (Greases)*.



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