

# Smar plastyczny – składniki i charakterystyka



Energy lives here™

W zależności od zastosowania, smary plastyczne (dalej - smary) mogą okazać się korzystniejszym rozwiązaniem niż oleje. Smary zapewniają fizyczne uszczelnienie zapobiegając przedostawaniu się zanieczyszczeń, są odporne na działanie wypłukujące wody i mogą pozostawać na swoim miejscu nawet przy smarowaniu w pionie. Smary wyjątkowo nadają się do zastosowań, w których wymiany środków smarnych są rzadkie lub ekonomicznie nieuzasadnione ze względu na fizyczną konfigurację mechanizmu, względy bezpieczeństwa, rodzaj ruchu, rodzaj uszczelnienia, czy też konieczność realizowania wszystkich lub niektórych funkcji uszczelniających, zarówno jeśli idzie o zapobieganie wypływowi i utracie środków smarnych z łożys, jak i przedostawanie się do nich zanieczyszczeń z zewnątrz. Ze względu na ich plastyczną, konsystencję, smary nie spełniają funkcji chłodzących i czyszczących, jak ma to miejsce w przypadku olejów. Jednak oprócz tych wyjątków, smary spełniają wszystkie inne funkcje płynnych środków smarnych - olejów. Chociaż oleje smarne są preferowane technicznie, to częste występowanie wyżej wymienionych warunków powoduje, że nie zmniejsza się zapotrzebowanie na smary. W rezultacie smary stosowane są w około 80% łożysk tocznych.

## Składniki smarów

Smary są wytwarzane przez połączenie trzech podstawowych elementów: **oleju bazowego**, **zagęszczacza** i **addatów uszlachetniających**.

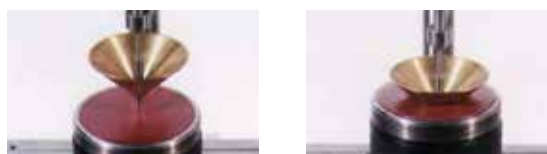
**Oleje bazowe:** olej bazowy stanowi największy składnik smaru - wagowo około 80 - 97%. Olejem bazowym może być olej mineralny, olej syntetyczny lub dowolny płyn, który zapewnia właściwości smarne. Należy podkreślić, że właśnie ta część smaru - olej bazowy - jest odpowiedzialna za rzeczywiste smarowanie, z wyjątkiem zastosowań gdzie ruch powierzchni trących jest bardzo powolny lub oscylacyjny. Przy wyborze smaru stosuje się te same, jak w przypadku olejów, zasady dotyczące doboru klasy lepkości oleju bazowego.

**Zagęszczacze:** zagęszczaczem może być dowolny materiał, który zagęści olej bazowy i utworzy strukturę o konsystencji stałej lub półpłynnej. Mówiąc najprościej, zagęszczacz smaru w połączeniu z olejem bazowym działa w taki sam sposób, jak gąbka wychwytyująca wodę. Najczęściej stosowane w smarach zagęszczacze to mydła litowe, wapniowe i glinowe, bentonit, polimocznik (używane osobno lub w różnych kombinacjach). Najczęściej stosowanym obecnie zagęszczaczem jest mydło litowe.

**Addaty uszlachetniające:** podobnie jak w przypadku addatów i modyfikatorów do olejów nadają one smarom specjalne właściwości lub zmieniają już istniejące. Addatami i modyfikatorami powszechnie stosowanymi w smarach są inhibitory utleniania i korozji, polimery, addaty EP, addaty przeciwzużyciowe, addaty smarne lub modyfikatory tarcia (rozpuszczalne lub w postaci zawiesiny drobnych cząsteczek, takie jak dwusiarczek molibdenu i grafit) oraz barwniki lub pigmenty. Barwniki lub pigmenty nadają TYLKO kolor i nie mają wpływu na właściwości i działanie smaru.



**Rysunek 1:**  
Urządzenie do ugniatacia smaru wg ASTM D217



**Rysunek 2:**  
Stożek penetrometru w smarze

# Smar plastyczny – składniki i charakterystyka

## Konsystencja smarów

Konsystencja definiowana jest jako stopień, w jakim materiał plastyczny jest odporny na odkształcenia pod wpływem siły. W przypadku smarów jest to miara względnej twardości lub miękkości i ma pewien związek z właściwościami przepływu i dozowania. Konsystencja jest mierzona metodą penetracji przy użyciu stożka według normy ASTM D 217 i jest często określana jako klasa konsystencji NLGI.

**Pomiar penetracji stożkiem:** konsystencja smaru jest mierzona w temperaturze 25°C po poddaniu próbki 60 cyklom ugniatania w urządzeniu testowym ASTM (rysunek 1). Po przygotowaniu próbki uwalniany jest stożek penetrometru (rysunek 2), który zagłębia się w smarze pod własnym ciężarem na 5 sekund. Następnie odczytywana jest głębokość penetracji przez stożek w dziesiątych częściach milimetra. Im głębiej stożek penetruje smar, tym większy wynik penetracji i bardziej miękki smar.

**Klasa konsystencji NLGI:** NLGI (National Lubricating Grease Institute) jest standaryzowaną skalą numeryczną konsystencji smaru, opartą na pomiarze penetracji zgodnie z normą ASTM D 217. Klasy konsystencji występują od 000 dla smaru bardzo płynnego (półpłynnego) do 6 dla smaru prawie stałego (tabela 1). Najczęściej występującą klasą smaru jest NLGI 2, która reprezentuje miękką, maślaną konsystencję. Należy pamiętać, że konsystencja smaru zależy od ilości i jakości zawartego w nim zagęszczacza i nie zależy od lepkości oleju bazowego.

Konsystencja NLGI Klasa	Zakres penetracji (1/10 mm)	Określenie konsystencji
000	445 - 475	Płynna
00	400 - 430	Półpłynna
0	355 - 385	Lekko płynna
1	310 - 340	Miękka
2	265 - 295	Średnia
3	220 - 250	Średnio twarda
4	175 - 205	Półtwarda
5	130 - 160	Bardzo twarda
6	85 - 115	Stała

Tabela 1: Klasy konsystencji NLGI

## Stabilność strukturalna smarów

**Stabilność mechaniczna:** należy do podstawowych cech jakości eksploatacyjnej smaru, ponieważ charakteryzuje zmiany konsystencji smaru podlegającego naprężeniom mechanicznym (ścinianiu) powodowanym przez ruch lub wibracje generowane przez trące części, albo pochodzące z zewnątrz. Szybkie zwiększenie płynności smaru w łożysku może ostatecznie spowodować jego wyciek z obudowy. Zapobieganie wymaga wówczas częstszych przeglądów obsługowych i uzupełniania smaru w celu uniknięcia przedwczesnej awarii z powodu braku smarowania elementów tocznych. W celu zapewnienia dobrej stabilności mechanicznej, skład smarów opracowywany jest poprzez staranny dobór zagęszczaczy i optymalizację procesu produkcji. Stabilność mechaniczna jest często określona w długotrwałym teście ASTM D217 (po 100 000 cyklach ugniatania) lub w teście stabilności ASTM D1831 metodą wałkowania. W teście ASTM D1831 smar jest ścinany przez obracający się cylinder wewnątrz, którego obraca się 5-kilogramowy walec (165 obr./min) przez 2 godziny. Zmiany wartości penetracji w testach są miarą stabilności mechanicznej smaru. Rysunek 3 przedstawia znaczne mechaniczne zmiękczenie pewnego smaru (po lewej) w porównaniu z niewielkim zmiękczeniem innego smaru (po prawej). W tym teście generowane są słabe naprężenia ścinające, mniej więcej równe naprężeniom występującym w urządzeniu testowym ASTM D217.

W wielu zastosowaniach smarów zanieczyszczenie z otoczenia jest niestety częstym zjawiskiem, które wpływa negatywnie na stabilność mechaniczną smaru. Ważne jest, aby smary nie tylko były opracowywane tak by zachować doskonałą stabilność strukturalną gdy nie są zanieczyszczone, ale również w obecności zanieczyszczeń środowiskowych, takich jak woda, płyny technologiczne i inne zanieczyszczenia. Można to ocenić za pomocą testów laboratoryjnych przeprowadzanych w różnych warunkach w obecności wody.

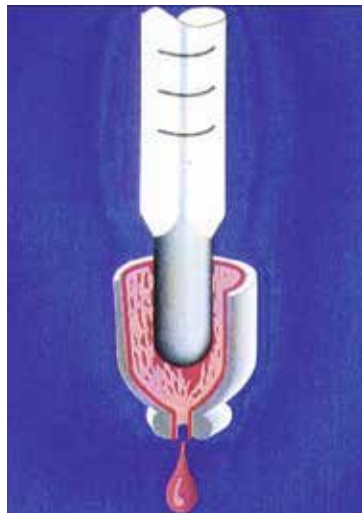


Rysunek 3:

Różne smary po zakończeniu testu wałkowania ASTM D1831

# Smar plastyczny – składniki i charakterystyka

**Temperatura kroplenia:** temperatura kroplenia smaru jest temperaturą, w której zagęszczacz traci zdolność do utrzymania oleju bazowego w strukturze smaru i następuje wykraplanie oleju ze smaru. Może to być spowodowane topnieniem zagęszczacza lub taką zmianą lepkości oleju, że napięcie powierzchniowe i siły kapilarne w strukturze smaru stają się niewystarczające do utrzymania oleju w smarze. Metoda pomiaru według normy ASTM D2265 (preferowana w stosunku do starszej i mniej precyzyjnej ASTM D566) to tradycyjna, standardowa metoda stosowana do określania temperatury kroplenia smaru. Małe próbki smaru umieszczane są w kubku i ogrzewane w kontrolowany sposób w urządzeniu przypominającym piec. Temperatura, przy której pierwsza porcja oleju wypadnie z dolnego otworu kubka, jest temperaturą kroplenia smaru (rysunek 4). Temperatura kroplenia zależy od rodzaju zagęszczacza.



**Rysunek 4:** Pomiar temperatury kroplenia – termometr umieszczony w kubku ze smarem w celu określenia temperatury, przy której spada pierwsza porcja oleju

Wysokie temperatury kroplenia zazwyczaj powyżej 240°C, obserwowane są zwykle dla smarów zagęszczonych mydłami kompleksowymi litu, wapnia lub glinu, polimocznikami i bentonitami, natomiast dużo niższe temperatury kroplenia są typowe dla tradycyjnych mydeł litowych (180°C), wapniowych (180°C) czy sodowych (120°C). Temperatura kroplenia jest jednym z parametrów charakteryzujących stabilność termiczną smaru. Jednak NIE JEST to dokładny limit górnej granicy temperatury pracy smaru, która jest funkcją wielu zmiennych, takich jak między innymi wytrzymałość na utlenianie oleju bazowego, destrukcja dodatków, ścinanie zagęszczacza czy separacja oleju. Wysoka temperatura kroplenia, chociaż nie jest wyznacznikiem maksymalnej temperatury roboczej, to może wskazywać maksymalną temperaturę, jakiej może być poddany smar przez krótki czas bez nadmiernego wydzielania się oleju, a więc bez konieczności skrócenia czasu eksploatacji smaru i potencjalnego ryzyka uszkodzenia urządzeń w dłuższej perspektywie.