

szybkim jego ciemnieniem, tworzeniem się osadów koks (mogących w efekcie spowodować całkowite zablokowanie filtra) i degradację dodatków uszlachetniających. Równocześnie, niezależnie od tego, olej narażony jest na ciągłe utlenianie w kontakcie z powietrzem i na działanie wysokich temperatur powstających w czasie spalania paliwa.

Jak widać z tego, tarcie trzeba maksymalnie redukować, aby zapewnić właściwą pracę maszyn, urządzeń czy pojazdów. Powoduje też ono straty mocy (nieraz bardzo znaczne, zależne od konstrukcji urządzenia) oraz zużycie współpracujących ze sobą elementów. W sa-

mochodowych silnikach na tarcie w łożyskach, rozrządzie i w zestawieniach pierścienie tłokowe/gładzie cylindrowe traci się bezużytecznie prawie 20% energii uzyskanej ze spalania paliwa.

#### Poprawa współczynników

Straty te można zmniejszać poprzez minimalizację współczynnika tarcia między powierzchniami. W pierwszym rzędzie należy w tym celu wszędzie, gdzie jest to konstrukcyjnie możliwe, zastępować tarcie ślizgowe tocznym. W pozostałych przypadkach trzeba w jakiś sposób rozdzielić dwie stykające się ze sobą powierzchnie współpracujących części metalowych. Najprostszym tego sposobem jest wprowadzenie między stykające się powierzchnie warstwy środka smarnego, najczęściej oleju niedopuszczającego do kontaktu nawet najbardziej wystających miejsc.

Dla zapewnienia dobrego smarowania rozdzielająca warstwa oleju musi być grubsza niż wysokość najbardziej

Działanie filmu olejowego przedstawia załączony schematyczny rysunek. Jak widać na nim, siła  $F$  powoduje przemieszczanie się względem siebie z prędkością  $V$  dwóch smarowanych płaszczyzn o wielkości powierzchni równej  $A$ . Powierzchnie te rozdzielone są filmem olejowym o grubości  $H$ . W trakcie ruchu kolejne warstewki oleju z bardzo małymi oporami przesuwają się względem siebie. Zjawisko to nazwano ścinaniem lepkości.

Uwzględnienie wszystkich tych parametrów pozwala określić wewnętrzny opór płynięcia oleju, czyli jego lepkość dynamiczną wyrażaną wzorem:

$$\text{lepkość dynamiczna} = \frac{\text{naprężenie ścinające } (F/A)}{\text{współczynnik ścinania } (V/H)}$$

Dla określenia wewnętrznych oporów płynięcia przy smarowaniu olejem powszechnie stosowana jest lepkość kinematyczna, uwzględniająca dodatkowo gęstość oleju i wyrażana w  $\text{mm}^2/\text{s}$  lub centystokсах (cSt).

Na wydajność smarowania wpływają lepkość i parametry eksploatacyjne oleju, zapewniające możliwość tworzenia i utrzymania w pełni zabezpieczającego filmu olejowego o odpowiedniej grubości oraz wydajność i skuteczność systemów smarowania. System smarowniczy musi dostarczać wystarczającą ilość oleju pod odpowiednim ciśnieniem, aby nawet na moment nie doprowadzić do niedoboru oleju w układzie.

#### Znaczenie lepkości

Od tego parametru zależy praktyczna przydatność oleju do smarowania różnych urządzeń. Najniższą lepkość muszą mieć oleje do automatycznych skrzyń biegów, tzw. płyny ATF, aby zapewnić właściwe i komfortowe przetaczanie biegów. Wyższą mają oleje silnikowe, aby dobrze zabezpieczać elementy silników i równocześnie nie zwiększać zużycia paliwa, najwyższą zaś oleje przekładniowe w tylnych mostach napędowych z przekładniami hipoidalnymi, gdzie trzeba chronić bardzo obciążone zęby, ale lepkość nie może tu być również zbyt wysoka, by dobrze były smarowane łożyska przekładni.

Im wyższa jest lepkość kinematyczna, tym bardziej „gęsty”, jak to się popularnie

mówi, jest olej i tym wolniej dociera do smarowanych miejsc, ale tworzy grubszy, lepiej zabezpieczający film smarny.

Oleje o niskich lepkościach szybko doptywają do smarowanych miejsc i dobrze chronią węzły tarcia, zapewniając dodatkowo możliwość zmniejszenia zużycia paliwa.

W zależności od potrzeb, możemy wpływać na grubość filmu olejowego:

- ▶ dobierając przy ustalonej temperaturze wyższą klasę lepkości oleju, uwzględniając wpływ spadku temperatury w czasie pracy na lepkość (w takim przypadku lepkość zawsze się zwiększa);
- ▶ obniżając obciążenia działające w węzłach tarcia lub zwiększając prędkość ślizgania się (np. zwiększając prędkość obrotową wału wewnątrz panewki).

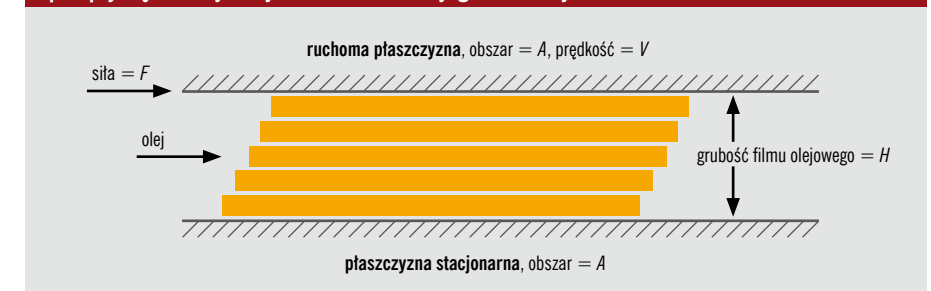
Wewnętrzne opory płynięcia oleju można w uproszczeniu przedstawić jako opory wzajemnego ruchu wielu warstw kulek oleju. Przy smarowaniu olejem wykorzystywane jest to, że tarcie pomiędzy cząsteczkami oleju poruszającymi się względem siebie jest mniejsze niż tarcie powierzchni poruszających się względem siebie.

Lepkość kinematyczna oleju bardzo zależy od temperatury otoczenia, może być zbyt duża i „zaklejać” urządzenie, gdy jest zimno, a bardzo szybko spada ze wzrostem temperatury i olej może okazać się zbyt „rzadki”, doprowadzając do zatarcia mechanizmu.

#### Dodatki modyfikujące

Dla zmniejszenia zmian lepkości przy zmianach temperatury wprowadzono do olejów modyfikatory lepkości, czyli polimery o średnich długościach łańcuchów, wpływające na wewnętrzne opory płynięcia oleju i podwyższające tzw. wskaźnik lepkości do wartości około 135. Dało to początek najwygodniejszych dla użytkowników olejów wielosezonowych, doskonałych zarówno zimą, jak i latem. Niestety okazało się, że przy ostrej jeździe lub w warunkach dużych obciążeniach i wysokich temperatur w najbardziej obciążonych łożyskach następuje ścinanie polimeru. Powoduje ono spadek lepkości oleju wielosezonowego, a zdegradowany polimer zwiększa jego zanieczyszczenie. Spowo-

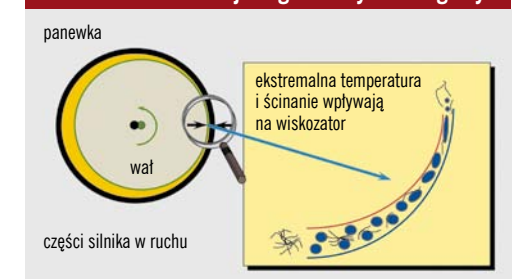
#### Opór płynięcia oleju i zjawisko ścinania jego warstwy



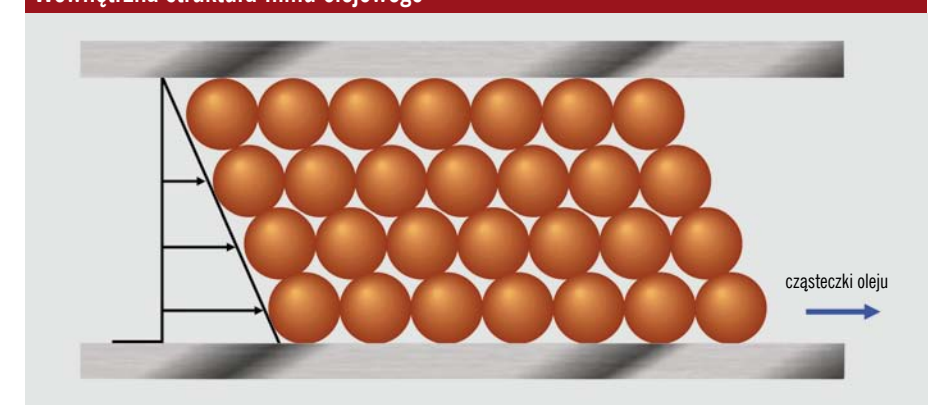
dowało to konieczność stworzenia testów do badań zachowania lepkości przez cały okres między wymianami oleju.

Rozwiązaniem problemu ścinania okazało się wprowadzenie olejów syntetycznych, mających wysoki wskaźnik lepkości od 130 do 145, gdyż lepkość tych olejów nie ulega ścinaniu nawet podczas najwyższych obciążeń. Prakty-

#### Zachowanie filmu olejowego w łożysku ślizgowym



#### Wewnętrzna struktura filmu olejowego



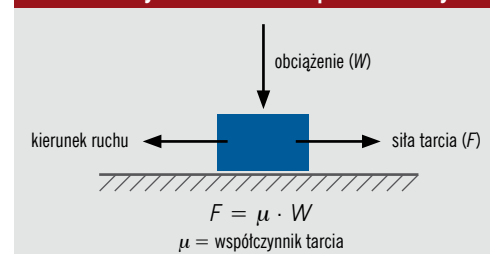
ka wykazała, że niewielki dodatek polimerów do baz syntetycznych pozwala podnieść wskaźnik lepkości nawet powyżej 190, a otrzymane w ten sposób oleje silnikowe mają jeszcze lepsze własności wielosezonowe.

Coraz szerzej stosowane przez kierowców oleje syntetyczne, oprócz doskonałych parametrów lepkościowych, odznaczają się bardzo wysoką trwałością, odpornością na utlenianie i działaniem wysokich temperatur. Dzięki temu nawet w czasie bardzo wydłużonych przebiegów nie ulegają tak szybkiej degradacji jak oleje mineralne. Bogaty pakiet dodatków uszlachetniających chroni przed zużyciem nie tylko elementy silnika, lecz również sam olej, a metalowe powierzchnie doskonale zabezpiecza przed korozją.

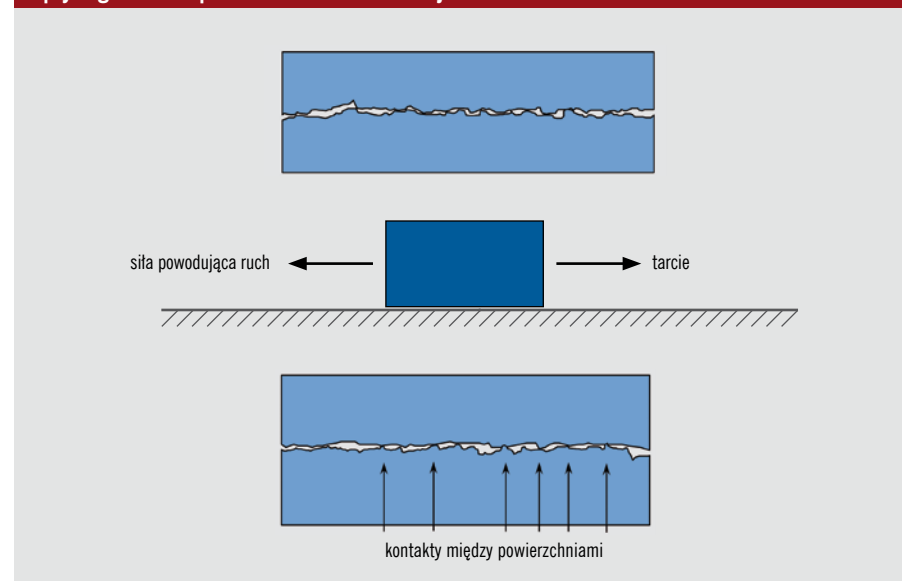
Oleje mineralne, łatwiej ulegające degradacji, tworzą w czasie pracy silnika więcej osadów i szlamów zapychających filtr oleju i trzeba pamiętać, że można je stosować tylko przy ograniczonych przebiegach.

Zapominając o konieczności wymiany oleju użytkownik pojazdu ma w przypadku oleju syntetycznego o wiele więcej szans, że nie będzie to takie groźne dla silnika, gdyż oleje te mają o wiele lepsze parametry eksploatacyjne i znacznie większą trwałość. Praw fizyki i chemii nie da się jednak oszukać, więc konieczność wymiany oleju i filtra i tak będzie nieuchronna, gdyż nawet przy najlepszym syntetyku silnik wytrzyma najwyższy przebieg około 60 tysięcy kilometrów i skończy się przykrością wspomnianą na początku artykułu. ■

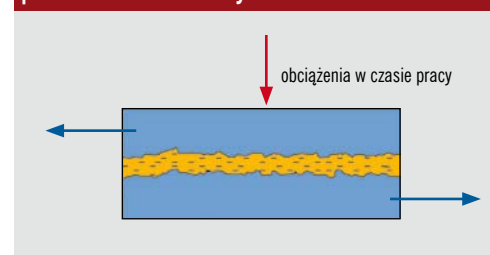
#### Działanie siły tarcia w ruchu prostoliniowym



#### Wpływ gładkości powierzchni na ich wzajemne tarcie



#### Rozdzielenie olejem wzajemnie ruchomych powierzchni metalowych



wystających nierówności, a dodatkowo olej nie może dać się wycisnąć pomiędzy powierzchni metali, nawet w przypadku działania największych obciążeń roboczych. Takie smarowanie nazywane jest „smarowaniem hydrodynamicznym”, a zapewnia je „pełny film smarny” utworzony między powierzchniami metali.