



## Zadania pomiarowe w pracach badawczo-rozwojowych

Właściwości reologiczne materiałów smarnych, które determinuje sama ich nazwa, mają główny wpływ na ich dwie podstawowe funkcje:

- ⇒ Obniżanie tarcia
- ⇒ Minimalizowanie zużycia smarowanych powierzchni.

Do innych funkcji smarów należą:

- ⇒ Uszczelnianie powierzchni (np. komór spalania silników spalinowych)
- ⇒ Hydrodynamiczne przenoszenie sił
- ⇒ Płynięcie do punktu smarowania i z powrotem
- ⇒ Chłodzenie punktu smarowania
- ⇒ Ochrona łożysk przed kurzem i wilgocią

W celu spełnienia tych wszystkich funkcji, konieczne są skrajnie odmienne właściwości reologiczne. Do podstawowych właściwości reologicznych smarów, należą:

- ⇒ Lepkość w funkcji temperatury, prędkości ścinania i czasu ścinania
- ⇒ Granica płynięcia w funkcji temperatury i poprzednich obciążeń.

*Optymalne właściwości reologiczne powinny być wyznaczone indywidualnie dla każdego przypadku zastosowań, przy czym konieczne jest wcześniejsze przygotowywanie próbek badanych smarów.*

## Zadania pomiarowe w obszarze kontroli jakości

- ⇒ Przede wszystkim, kontrola jakości służy do uzyskiwania danych powtarzalnych oraz poprawnych pod względem metrologicznym, dotyczących płynięcia.
- ⇒ Wyznaczane parametry reologiczne powinny wykazywać dobrą porównywalność z całym zakresem wyrobów danego producenta, jak również powinny być metrologicznie znaczące zarówno dla odbiorców jak i dla służb kontroli jakości.

Powtarzalność i porównywalność wyników pomiarów wymaga korzystania ze standardowych metod, wymagających wstępnej termicznej i mechanicznej obróbki badanego materiału. Dla oceny wyników konieczne jest korzystanie z odpowiednich algorytmów.

- **Oleje smarne bez dodatków środków pomocniczych** są cieczami newtonowskimi. Lepkość dynamiczna takich substancji jest wielkością stałą, nie zależy od prędkości ścinania i dlatego wystarczy wyznaczać tylko jej zależność od temperatury
- **Oleje smarne z dodatkami polimerowymi** wykazują właściwości nienewtonowskie. W celu określenia ich właściwości reologicznych trzeba wyznaczać ich lepkości w funkcji prędkości ścinania i temperatury. Czasem wystarczy wyznaczenie zależności ich lepkości tylko od temperatury, przy jednej, arbitralnie wybieranej prędkości ścinania.
- **Oleje smarne z dodatkami zawieszonych substancji stałych** (głównie smary i pasty), mają wyraźną określoną granicę płynięcia:
  - granica płynięcia zależy od historii poprzednich obciążeń i od temperatury
  - lepkość zależy od prędkości ścinania, czasu ścinania i od temperatury.

## Metody pomiaru

### **Metoda wyznaczania zależności lepkości od temperatury i prędkości ścinania**

Testy ze sterowaną prędkością (CR-Tests).

- ⇒ Wybór ustalonej prędkości ścinania i zmiana temperatury w celu wyznaczenia zależności lepkości od temperatury.  
Przykład: patrz rys. 1.
- ⇒ Krzywe równowagowe w różnych temperaturach w celu wyznaczenia zależności lepkości w funkcji prędkości ścinania i temperatury.  
Przykład: patrz rys. 2.

### **Metoda pomiaru w celu wyznaczenia stabilności przy ścinaniu**

Testy ze sterowaną prędkością (CR-Tests).

- ⇒ Wybór ustalonej prędkości ścinania i zmiana wstępnego obciążenia w celu zmierzenia względnego, nieodwracalnego spadku lepkości.  
Przykład: patrz rys. 3.

### **Metoda pomiaru w celu wyznaczenia granicy płynięcia**

Testy ze sterowanym naprężeniem (CS-Tests).

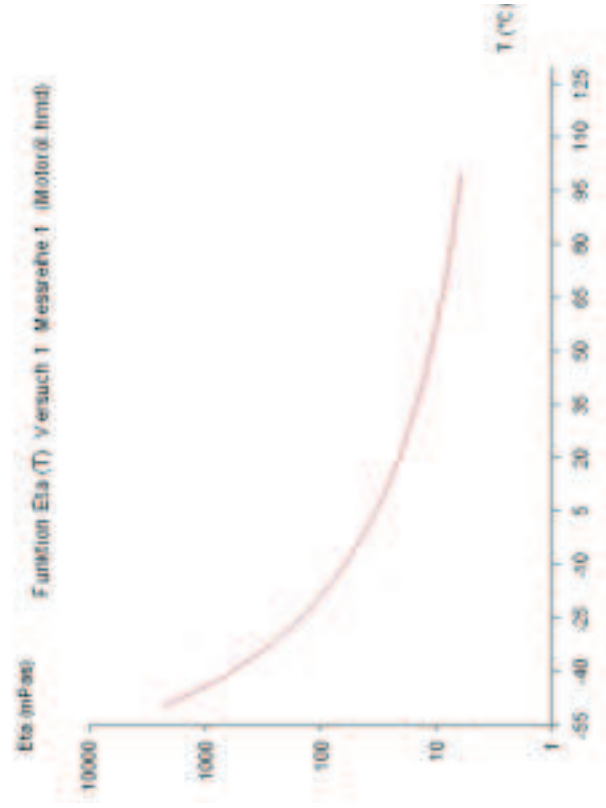
- ⇒ Krzywe płynięcia przy sterowaniu naprężeniem ścinającym w celu wyznaczenia granicy płynięcia w funkcji temperatury i w zależności od poprzednich obciążeń. Przykład: patrz rys. 4.

## Metoda pomiaru w celu wyznaczenia zależności od prędkości ścinania i czasu ścinania

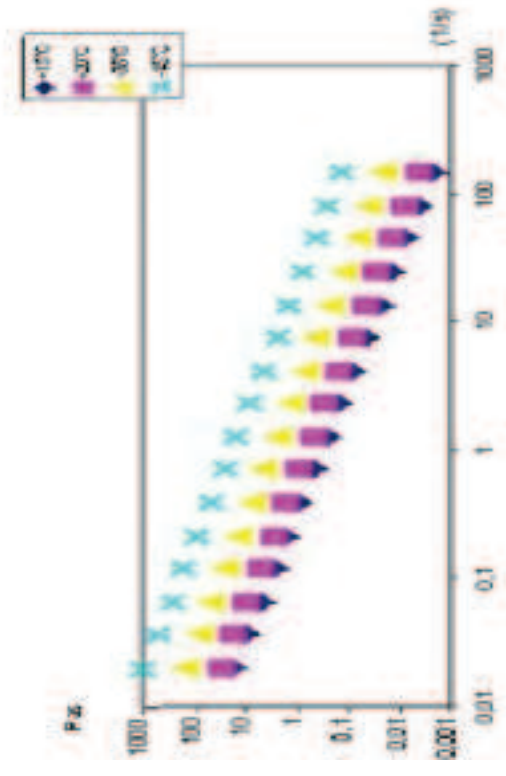
Testy ze sterowaną prędkością (CR-Tests).

- ⇒ Skokowe zmiany prędkości ścinania w celu wyznaczenia degradacji lub odbudowy struktury  
Przykład: patrz rys. 5.
- ⇒ Pętle histerezy przy sterowaniu prędkością ścinania w obie strony w celu zbadania właściwości reologicznych zależnych od prędkości ścinania i czasu ścinania (tikotropia). Przykład: patrz rys. 6.

## Wyznaczanie zależności lepkości w funkcji temperatury i prędkości ścinania



Rys. 1. Zależność lepkości olejów silnikowych od temperatury



Rys. 2. Lepkość smarów w funkcji prędkości ścinania w różnych temperaturach

### **Uwagi:**

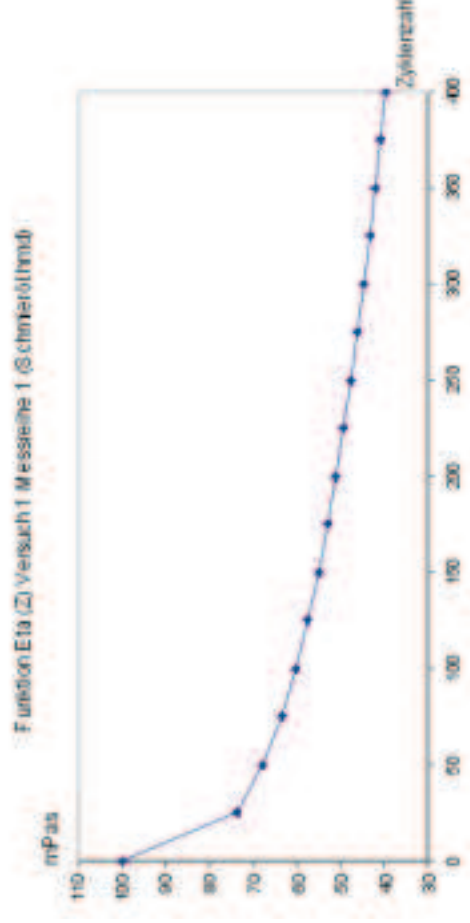
Czasem zachodzi potrzeba zbadania dodatkowych, skrajnych przypadków występujących w praktyce w celu bliższego określenia możliwości zastosowań olejów smarnych:

- maksymalna lepkość w najniższej temperaturze
- minimalna lepkość w najwyższej temperaturze.

W celu oceny zależności lepkości w funkcji temperatury, można korzystać z wartości bezwzględnych, charakteryzujących nachylenie spadku lepkości ze wzrostem temperatury, lub z wartości względnych, pozwalających na porównywanie zależności lepkość-temperatura olejów silnikowych z podobną zależnością oleju wzorcowego (porównawczego).

### **Wyznaczenie względnego, nieodwracalnego spadku lepkości**

W praktyce olejów smarnych, są one poddawane bardzo wysokim siłom ścinającym. Powoduje to nieodwracalne obniżanie ich lepkości, zwłaszcza w obecności smarów z różnymi dodatkami. Spadek (stratę) lepkości wyznacza się przez porównywanie lepkości materiału nieobciążonego z lepkością materiału poddanego różnym obciążeniom.



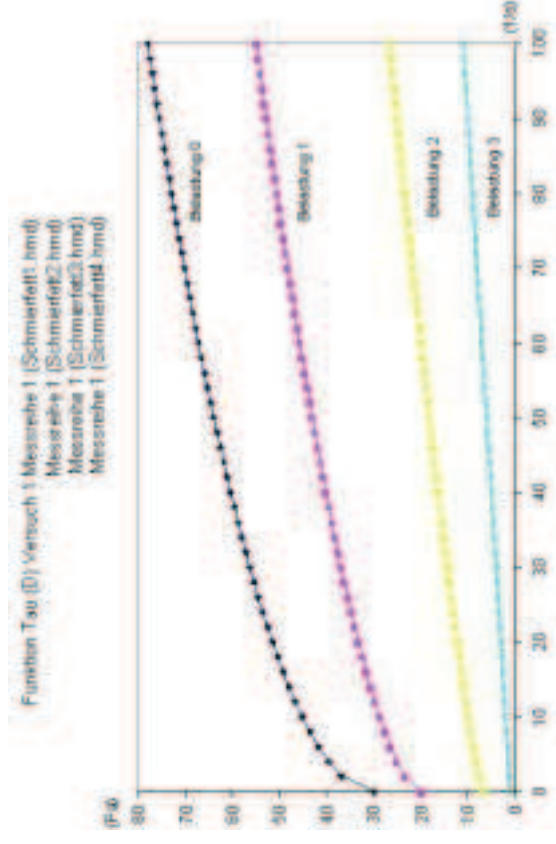
Rys. 3. Zależność lepkości od obciążenia (liczby cykli)

**Uwagi:**

Istnieje możliwość symulowania obciążenia materiałów smarnych w warunkach laboratoryjnych, co można osiągnąć w różny sposób. W warunkach decyzyjnych, przede wszystkim wyznacza się spadek lepkości w całym zakresie temperatur roboczych, a dopiero po tym jej spadek po długotrwałym obciążeniu.

**Pomiar granicy płynięcia w funkcji temperatury i poprzednich obciążeń**

Smary są zdyspergowanymi układami materiałów smarujących. Składniki zdyspergowane mogą tworzyć wzajemnie splecioną sieć. Gdy taka sieć zostanie sprężyste odkształcona pod działaniem małych naprężeń ścinających, ujawni się jej granica płynięcia. Konieczne jest wyznaczenie zależności granicy płynięcia od temperatury, ale także od poprzedniego obciążenia mechanicznego. Pomiar granicy płynięcia można wykonywać tylko za pomocą reometru pozwalającego na wykonywanie pomiarów przy sterowaniu naprężeniami ścinającymi (CS).

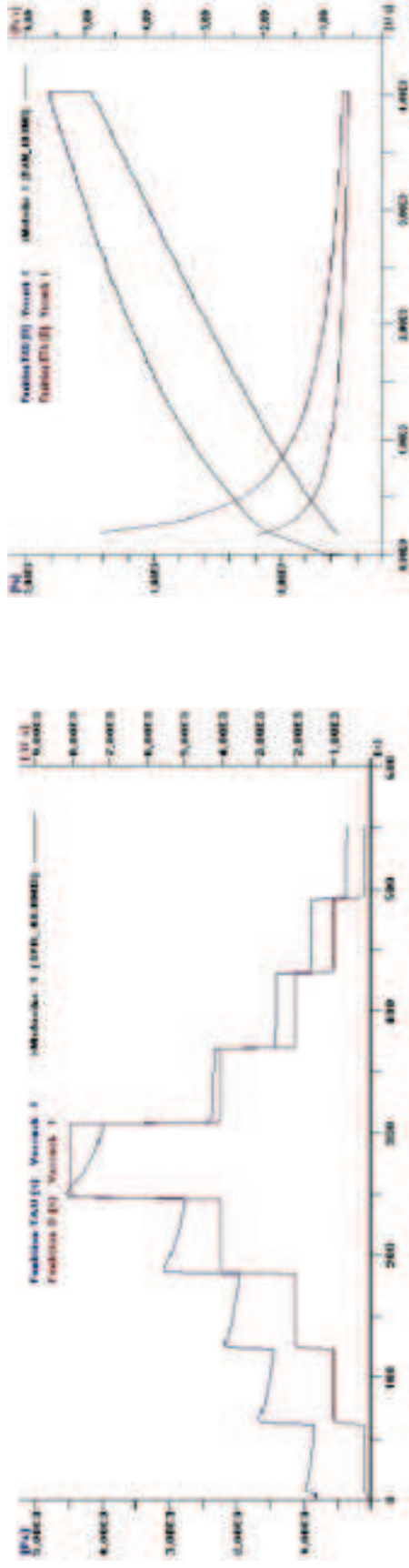


Rys. 4. Krzywe płynięcia : Naprężenia ścinające w funkcji prędkości ścinania

**Uwagi:**

Granica płynięcia przy wysokich lepkościach pozornych i przy małych naprężeniach ścinających, jest charakterystyczną właściwością smarów. Dzięki temu można uniknąć wyphywania smaru z punktu smarowania.

- Wyznaczenie degradacji lub odbudowy struktury oraz badanie właściwości reologicznych zależnych od prędkości ścinania i od czasu ścinania (tikotropia).
- Wyznaczenie wpływu obecności fazy zdyspergowanej na obniżanie i wzrost lepkości w funkcji czasu oraz wyznaczenie zależności lepkości równowagowej od prędkości ścinania, temperatury i od poprzednich obciążeń mechanicznych.



Rys. 5. Zależność lepkości w funkcji czasu przy różnych prędkościach ścinania Rys. 6. Pętla histerezy w obie strony (krzywe płynięcia w przód i w tył)

#### Uwagi:

Właściwości tiksotropowe smarów stanowią decyzyjne kryterium ich przydatności i jakości. Wartość końcowa lepkości osiągnięta jest bardzo szybko w przypadku smarów wypełniających szczeliny łożysk. Taka resztkowa lepkość zależy od aktualnej prędkości ścinania i stanowi parametr hydrodynamiczny przydatności smaru, pozwalający na ocenę jak długo smar może pracować w warunkach normalnych.