

# RHEOTEST Medingen

## Reometr RHEOTEST® RN i viskozymetr RHEOTEST® LK przeznaczone do badań farb, lakierów i innych materiałów malarskich



### Zadania pomiarowe w ośrodkach badawczo-rozwojowych

Właściwości produktu powinny być optymalizowane. W związku z tym konieczne jest zdefiniowanie właściwości reologicznych w oparciu o podstawy naukowe. Definiowane właściwości muszą być mierzone w sposób bardzo dokładny i powtarzalny.

Właściwości reologiczne farb i lakierów wymagają poprawiania i korygowania za pomocą dodatków i przetwarzania technologicznego, dzięki czemu możliwe jest spełnienie wymagań jakościowych norm przedmiotowych i można wyznaczać dokładnie i powtarzalnie poniższe właściwości.

- ⇒ **Optymalna stabilność produktu w procesach magazynowania i transportu**  
Aby uniknąć rozdzielania i sedymentacji, konieczne jest ustalenie **granic płynięcia i / lub lepkości „zerowej”** przy najniższych prędkościach ścinania.
- ⇒ **Dobre właściwości płynięcia w dalszych procesach przetwórstwa i aplikacji**  
Właściwości związane z płynięciem należy definiować w oparciu o krzywe płynięcia sporządzone w wymaganych zakresach prędkości ścinania odpowiadających warunkom przetwórstwa i aplikacji, np.:
  - Prosta rozlewność na powierzchni ciała stałego                      od 0,001                      do 1 s<sup>-1</sup>
  - Procesy pompowania i mieszania    od 1                                      do 1 000 s<sup>-1</sup>
  - Malowanie pędzlem, natryskiem, wałkiem                                      od 1 000                                      do 100 000 s<sup>-1</sup>
- ⇒ **Dobra przyczepność do ścian i powierzchni**  
Konieczne jest sterowanie i kontrolowanie **granicy płynięcia i / lub lepkości „zerową”** przy najniższych prędkościach ścinania
- ⇒ **Optymalne dyspergowanie, schnięcie lub utwardzanie przy aplikacji na odpowiednich podłożach**  
W celu uwzględnienia właściwości tiksotropowych i lepkosprężystych produktu, konieczne jest definiowanie i sterowanie **granicy płynięcia i / lub lepkością „zerową”** odniesioną do najniższych prędkościach ścinania.

### Zadania pomiarowe w laboratoriach kontroli jakości

Właściwości związane z płynięciem muszą być kontrolowane i rejestrowane w oparciu o aktualne normy jakościowe przy korzystaniu z reometru. Wartości reometryczne uzyskiwane w obrębie wyrobów jednego producenta muszą być porównywalne i powinny być dostępne dla sprzedawców i użytkowników.

**Aby charakteryzować właściwości farb i lakierów związane z płynięciem, z jednej strony trzeba sporządzać krzywe płynięcia w zakresach prędkości ścinania odpowiadającym warunkom ich produkcji i stosowania, a z drugiej strony trzeba bardzo dokładnie wyznaczyć granice płynięcia tych wyrobów.**

Na podstawie pomiarów wykonywanych w reometrach w testach z **wymuszoną prędkością ścinania CR** i z **dotatkową ekstrapolacją, można uzyskać tylko przybliżone wartości granic płynięcia**, które można wykorzystywać tylko w założonych, wyjątkowych przypadkach. Tak obliczane wartości są w praktyce bardzo odległe od dokładnych wartości wyznaczanych bezpośrednio (możliwych do uzyskania wyłącznie w testach z wymuszonym naprężeniem ścinającym **CS**) i prowadzą do wad jakości produktu (i powłok).

RHEOTEST Messgeräte Medingen GmbH • Medingen • Rödertalstr. 1 • D-01458 Ottendorf-Okrilla

Phone: +49-(0)-35205-580 • Fax: +49-(0)-35205-58297 • e-mail: Rheotest-Medingen@t-online.de • internet: www.rheotest.de

Głównymi właściwościami reologicznymi (stałymi materiałowymi) są: **granica płynięcia, lepkość „zerowa”** (przy najniższych prędkościach ścinania), **lepkość pozorna w funkcji prędkości ścinania** oraz lepkość pozorna przy nieskończonym czasie ścinania. Poniższe przykłady ilustrują najważniejsze metody pomiaru pozwalające na wyznaczenie tych parametrów. Są one również przedstawione na wykresach z odpowiednimi komentarzami. Aby zapewnić powtarzalność i porównywalność wyników pomiarów, trzeba korzystać z różnych metod i algorytmów obliczeniowych.

Przed i podczas nakładania powłok, konieczna jest kontrola lepkości farb drukarskich lub wyrobów malarskich. Pomiaru takie powinny być wykonywane bezpośrednio przez pracownika produkcji. Nasze nowe i opatentowane viskozymetry kapilarne serii RHEOTEST® LK, można z powodzeniem stosować do takich zadań. Dzięki ich stabilnej konstrukcji i układów pomiarowych wykonanych ze stali nierdzewnej, RHEOTEST® LK może być stosowany również w halach produkcyjnych z możliwością uzyskiwania bardzo dokładnych wyników pomiarów w zakresie lepkości od 1 do 10 000 mPa·s w czasie krótszym od 1 minuty. RHEOTEST® LK można prosto i szybko kalibrować za pomocą wzorców viskozymetrycznych spełniających indywidualne normy jakościowe, jak również za pomocą wzorców cieczy o znanych lepkościach wyznaczanych wg innych zasad pomiaru.

- **Metody pomiaru wyznaczenia granic płynięcia i lepkości „zerowej” (przy najniższych prędkościach ścinania)**  
**Testy CS z wymuszonym i kontrolowanym naprężeniem ścinającym**
  - ⇒ Sterowanie naprężeniem z liniowym nachyleniem *Linear, Stress Controlled Ramps* w celu pomiaru granicy płynięcia i lepkości „zerowej”  
Przykład – Wykres 2
  
- **Metody pomiaru wyznaczenia lepkości pozornej w funkcji prędkości ścinania**  
**Testy CR z wymuszaną i kontrolowaną prędkością ścinania**
  - ⇒ Równowagowa krzywa płynięcia *Flow Curve of Equilibrium* w zakresie prędkości ścinania od 0,04 do 20 000 s<sup>-1</sup> w celu wyznaczenia zależności do prędkości ścinania.  
Przykład – Wykres 1
  
- **Metody pomiaru wyznaczenia kinetyki odbudowy i degradacji struktury tiksotropowej**  
**Testy CR z wymuszaną i kontrolowaną prędkością ścinania**
  - ⇒ Kontrolowane, skokowe przyrosty prędkości ścinania *Shear Rate Controlled Jumps* w celu wyznaczenia odbudowy i degradacji struktury  
Przykład – Wykres 3
  
- Testy CS z wymuszonym i kontrolowanym naprężeniem ścinającym**
  - ⇒ Kontrolowane, skokowe przyrosty naprężeń ścinających *Shear Stress Controlled Jumps* w celu wyznaczenia odbudowy i degradacji struktury  
Przykład – Wykres 5
  
- **Metody pomiaru wyznaczenia właściwości lepkością przężystych**  
**Testy CS z wymuszonym i kontrolowanym naprężeniem ścinającym**
  - ⇒ Testy pełzania i powrotu sprężystego z kontrolowaniem naprężeń ścinających *Shear Stress Controlled Creep- and Creep-Recovery Tests* celu wyznaczenia właściwości materiałów lepkością przężystych  
Przykład – Wykres 6

**Dokładne wyznaczenie niskiej lepkości farb drukarskich i wyrobów lakierowych**  
(przykładowo, farby do drukowania tkanin i wyroby lakierowe do malowania tworzyw i do sitodruku)

Jednopunktowy pomiar za pomocą opatentowanego wiskozymetru kapilarnego RHEOTEST® LK 2.2. Do komory pomiarowej zasysa się automatycznie przez kapilarę wykonaną ze stali nierdzewnej około 25 ml próbki. Po zmierzeniu lepkości, substancja wpływa z powrotem do naczynia pomiarowego.. Jeden cykl pomiaru trwa tylko 25 sekund. Zmierzona lepkość i temperatura są wyświetlane i mogą być wydrukowane za pośrednictwem interfejsu szeregowego RS 232 C. Dzięki wbudowanej, zintegrowanej kompensacji lepkości-temperatura, można wyrównać zmiany temperatury rzędu 5 K względem temperatury pokojowej bez utraty dokładności.



**Instrument podstawowy z wyposażeniem i przewodem zasilającym**

Kapilara 1,	$\phi = 1,0 \text{ mm} \times 1 = 65 \text{ mm}$	od 1 do 20 mPa·s
Kapilara 2,	$\phi = 1,5 \text{ mm} \times 1 = 65 \text{ mm}$	od 5 do 100 mPa·s
Kapilara 3,	$\phi = 2,0 \text{ mm} \times 1 = 50 \text{ mm}$	od 20 do 400 mPa·s
Kapilara 4,	$\phi = 3,0 \text{ mm} \times 1 = 50 \text{ mm}$	od 100 do 2 000 mPa·s
Kapilara 5,	$\phi = 5,0 \text{ mm} \times 1 = 80 \text{ mm}$	od 500 do 10 000 mPa·s
Specjalna kapilara 6 (indywidualny zakres pomiaru)		np. od 5 do 50 mPa·s

## Zadania pomiarowe (wykres 1)

Wpływ składu różnych produktów na funkcje lepkości wyznacza się za pomocą **równowagowej krzywej płynięcia** w bardzo szerokim zakresie prędkości ścinania. Można w ten sposób wyznaczać również wpływ składu produktów na niestabilność płynięcia, która może mieć ujemny wpływ na przetwarzanie produktu.

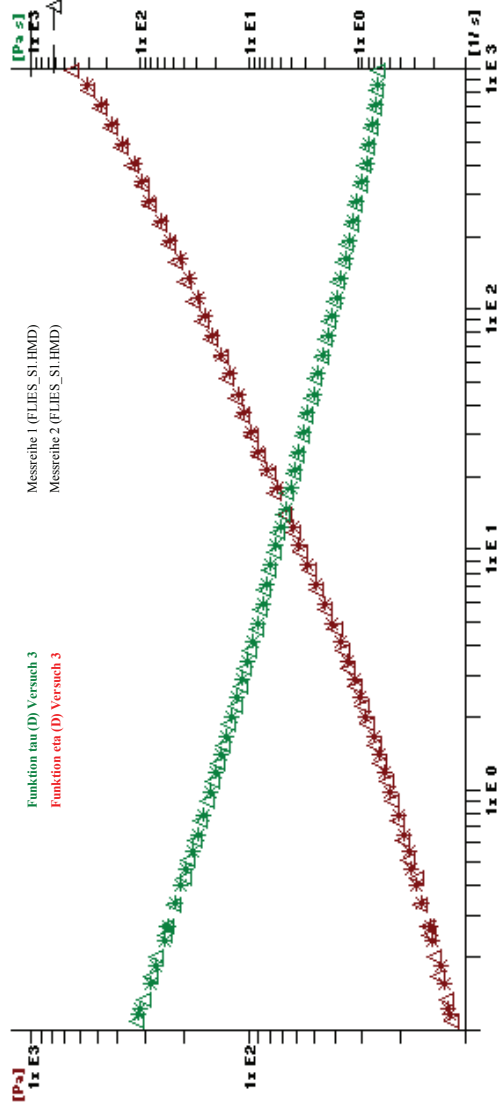
(Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych)

Sprawdzanie i analiza równowagowej krzywej płynięcia w porównaniu z wewnętrznymi krzywymi porównawczymi przedsiębiorstwa. Sprawdzenie i analiza równowagowej krzywej płynięcia ze specjalnymi algorytmami (modelami reologicznymi) produktów, np. model Cassona, lub Herschela Bulkley'a oraz opracowywanie wyników pomiarów w celu ich porównywania z wewnętrznymi wartościami porównawczymi przedsiębiorstwa.

(Zadania pomiarowe dla laboratoriów kontroli jakości)

## Komentarze

- ⇒ Obniżanie lepkości musi być potwierdzone w warunkach aplikacji i przetwórstwa produktu
- ⇒ Niestabilność krzywej płynięcia oznacza niestabilność właściwości związanych z płynięciem – złą przetwarzalność – złą jakość powłok
- ⇒ Niskie wartości lepkości przy dużych prędkościach ścinania oznaczają dobre właściwości w warunkach pompowania i przetwórstwa



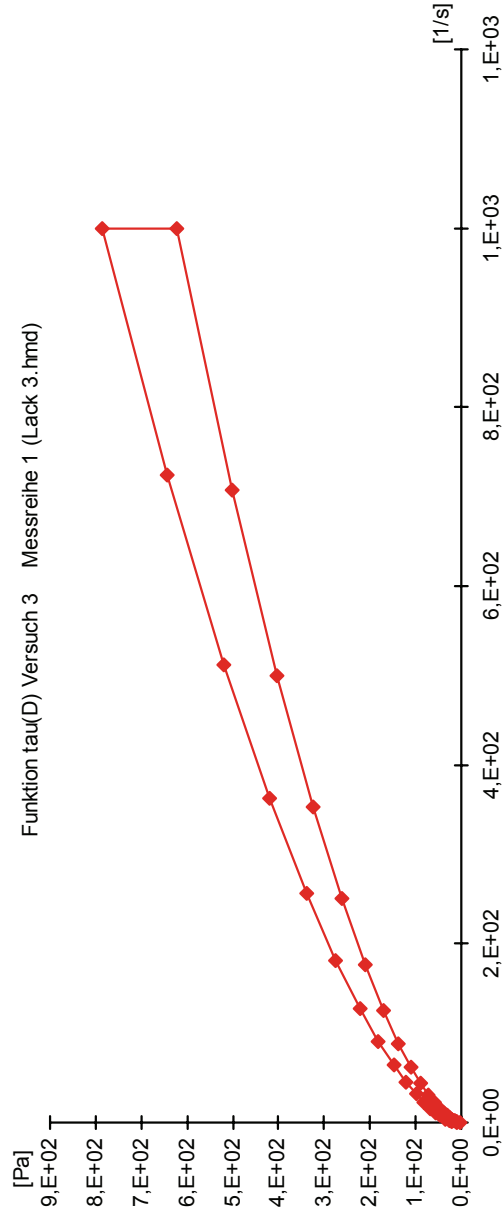
## Zadania pomiarowe (wykres 2)

Wpływ składu różnych produktów na ich stabilność i na obniżanie lepkości w miarę upływu czasu ścinania przy stosowaniu **cykli skokowego zwiększania i obniżania prędkości ścinania Shear Rate Controlled Ramps Up and Down**.  
(Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych)

Wyznaczanie pola powierzchni pętli histerezy i porównywanie z wewnętrznymi wzorcami porównawczymi przedsiębiorstwa  
(Zadania pomiarowe dla laboratoriów kontroli jakości)

### Komentarze

- ⇒ Stosunkowo duże obniżanie lepkości w miarę upływu czasu ścinania warunkiem dobrej przetwarzalności. Jednak prędkości ścinania muszą być ograniczone, ponieważ nie mogą wywoływać nieodwracalnej degradacji struktury.

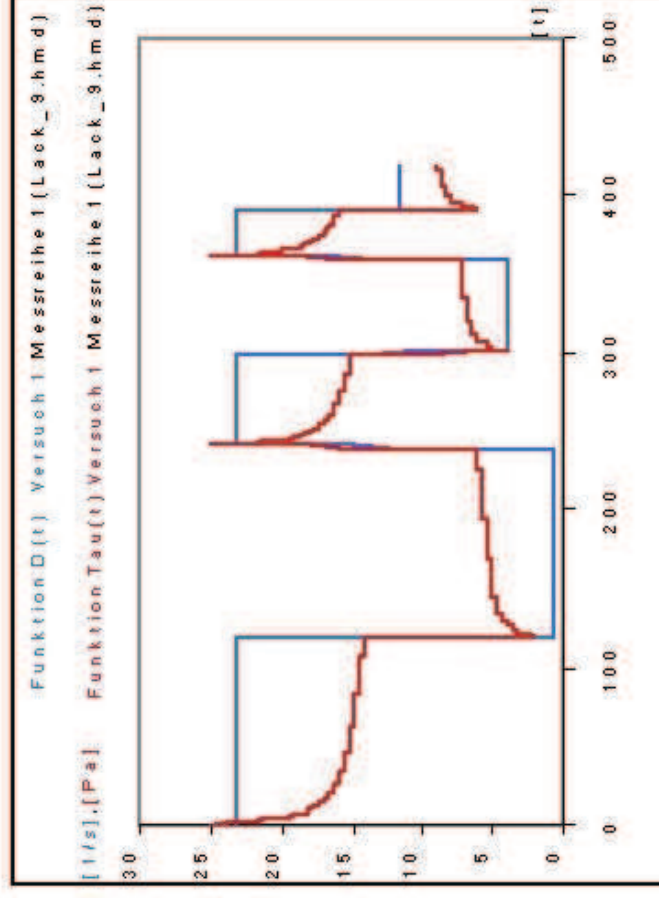


### Zadania pomiarowe (wykres 3)

Charakteryzowanie wpływu składu produktów na odbudowę i degradację struktury przy korzystaniu z testów **CR** przy kontrolowanych, skokowych przyrostach prędkości ścinania *Shear Rate Controlled Jump Tests – CR – Step-Change Tests* (*Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych*)

#### Komentarze

- ⇒ Na podstawie zależności degradacji struktury pod wpływem prędkości ścinania można uzyskać ważne informacje dotyczące wymaganego obniżenia lepkości, co ma związek z dalszą zdolnością produktu do przetwarzania.
- ⇒ Aby scharakteryzować stabilność przy magazynowaniu i właściwości podczas rozlewności, wyznacza się odbudowę struktury w warunkach statycznych (spoczynek) reprezentowane lepkością „zerową” przy bardzo małych prędkości ścinania
- ⇒ W odróżnieniu od testów z kontrolowanymi naprężeniami ścinającymi **CS**, można również uzyskiwać powtarzalne wyniki pomiarów przy korzystaniu z testów z kontrolowaną prędkością ścinania **CR**, ale wyniki takie nie są bezpośrednio skorelowane ze stabilnością produktu.



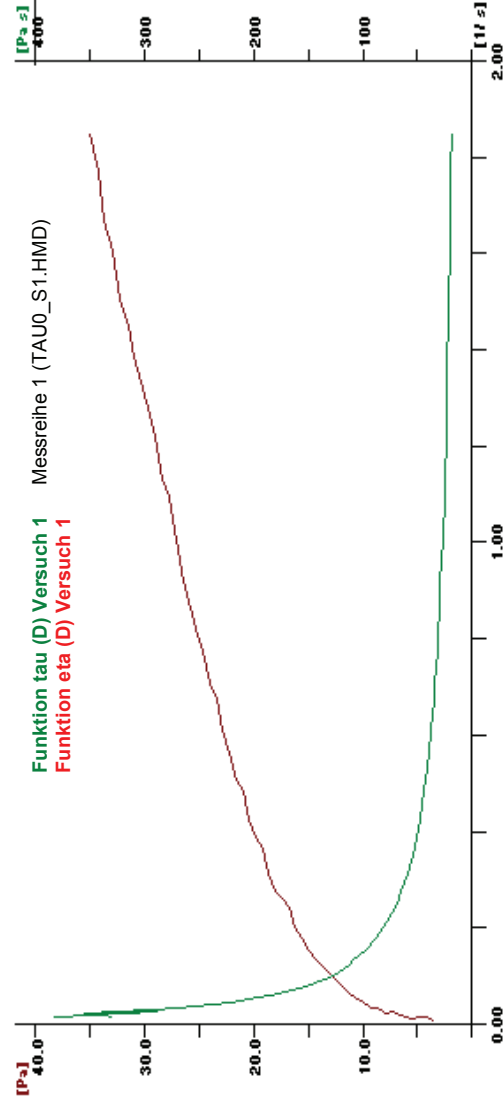
## Zadania pomiarowe (wykres 4)

Wyznaczanie wpływu składu produktu na granicę płynięcia i na zmiany lepkości przy bardzo niskich prędkościach ścinania przy korzystaniu z testów kontrolowanych naprężeń ścinających **CS Shear Stress Controlled Tests**  
(Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych)

Pomiary granicy płynięcia i jej porównywanie z wewnętrznymi wzorcami porównawczymi przedsiębiorstwa  
(Zadania pomiarowe dla laboratoriów kontroli jakości)

### Komentarze

- ⇒ Pomiary granicy płynięcia wskazują na jej bezpośrednią korelację z grubością warstwy



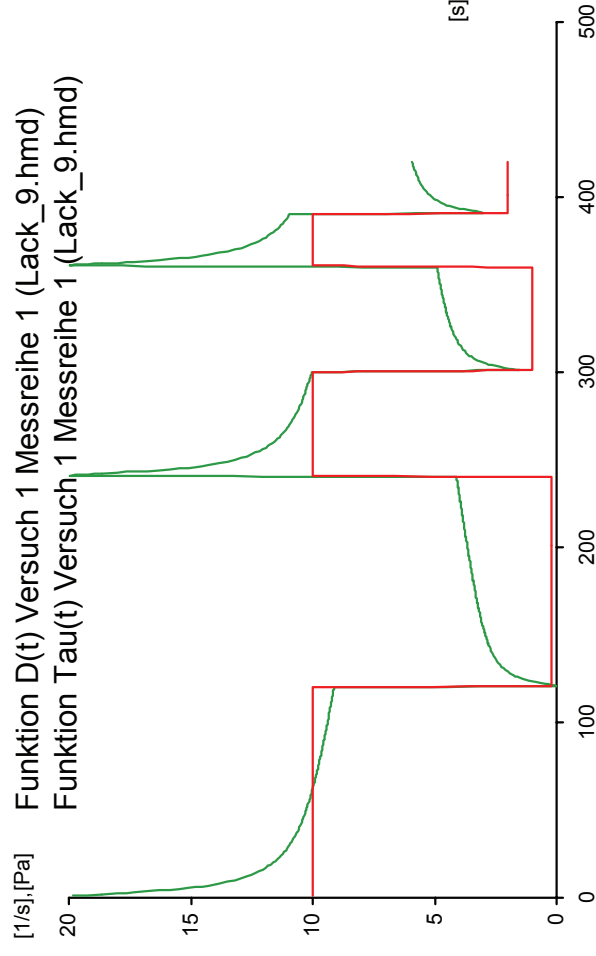
## Zadania pomiarowe (wykres 5)

Charakteryzowanie wpływu składu produktów na odbudowę i degradację struktury przy korzystaniu z testów **CS** przy kontrolowanych, skokowych przyrostach naprężeń ścinających *Shear Stress Controlled Jump Tests – CS – Step-Change Tests* (*Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych*)

Ustalanie wymaganego stopnia degradacji struktury (obniżania granicy płynięcia) i stopnia odbudowy struktury (zwiększania granicy płynięcia)

### Komentarze

- ⇒ Dzięki wyznaczeniu wpływu naprężeń ścinających na degradację struktury, uzyskuje się ważne informacje dotyczące stabilności produktu, związanych z właściwościami przetwórczymi i aplikacyjnymi produktu. W odróżnieniu od testów z kontrolowaną prędkością ścinania **CR**, testy z kontrolowanymi naprężeniami ścinającymi **CS** wskazują na bezpośrednią korelację pomiędzy mierzonymi naprężeniami ścinającymi, a uzyskiwaną stabilnością produktu.
- ⇒ Aby scharakteryzować stabilność w warunkach magazynowania i właściwości związane z rozlewnością, konieczne jest wyznaczenie odbudowy struktury w warunkach statycznych (spoczynek). Z tego powodu konieczne jest wykonywanie pomiarów przy bardzo niskich prędkościach ścinania. W odróżnieniu od testów z kontrolowaną prędkością ścinania **CR**, testy z kontrolowanymi naprężeniami ścinającymi **CS** wskazują na bezpośredni wpływ naprężeń mechanicznych na granicę płynięcia.





## Zadania pomiarowe (wykres 6)

Charakteryzowanie właściwości lepkosprężystych w warunkach płynięcia i ocena zmian struktury w warunkach ścinania bez degradacji struktury. W badaniach tych stosuje się testy pelzania *Creep Tests* i powrotu sprężystego *Creep-Recovery Tests* z kontrolowanymi naprężeniami ścinającymi (*Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych*)

### Komentarze

- ⇒ Obliczanie sprężystości struktury przy korzystaniu z funkcji podatności lub modułów i obliczanie specyficznych parametrów modeli lepkosprężystości opiera się na wynikach pomiarów uzyskiwanych za pomocą **funkcji odkształceń i naprężeń ścinających** w zależności od czasu obciążenia.
- ⇒ Lepkosprężystość jest wywoływana **siłami międzycząsteczkowymi** oraz **molekularnymi ruchami Browna**. Wyniki takich pomiarów są bardzo ważne w celu uzyskiwania informacji o zależnościach między pigmentami farb, dodatkami i procesami dyspergowania

