

Głównymi właściwościami reologicznymi (stałymi materiałowymi) są: **granica płynięcia**, **lepkość „zerowa”** (przy najniższych prędkościach ścinania), **lepkość pozorną w funkcji prędkości ścinania** oraz lepkość pozorną przy nieskończonej prędkości 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. Pomiary takie powinny być wykonywane bezpośrednio przez pracownika produkcji. Nasze nowe i opatentowane wiskozymetry 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 wiskozymetrycznych 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 naprężeń 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 wymuszoną i kontrolowaną prędkością ścinania**

- ⇒ Równowagowa krzywa płynięcia *Flow Curve of Equilibrium* w zakresie prędkości ścinania od 0,04 do 20 000 s⁻¹ w celu wyznaczenia zależności do prędkości ścinania.
Przykład – Wykres 1

- **Metody pomiaru wyznaczenia kinetyki odbudowy i degradacji struktury tiksotropowej**

- Testy CR z wymuszoną 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 lepkosprężystych**

- 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 lepkosprężystych
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 lepkość-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.

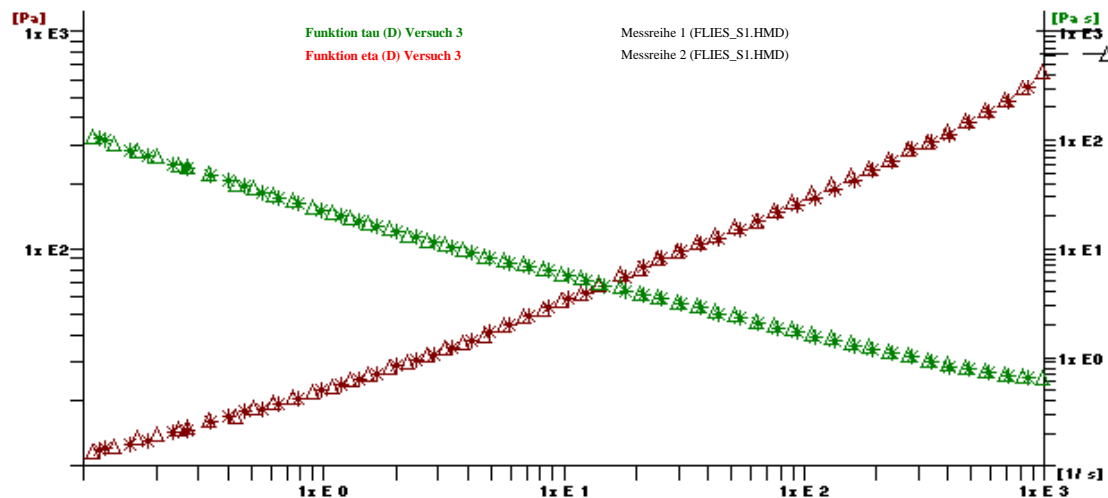
(Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych)

Sprawdzanie i analiza równowagowej krzywej płynięcia w porównaniu z wewnętrznymi krzywymi porównawczymi przedsiębiorstwa. Sprawdzanie 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*.

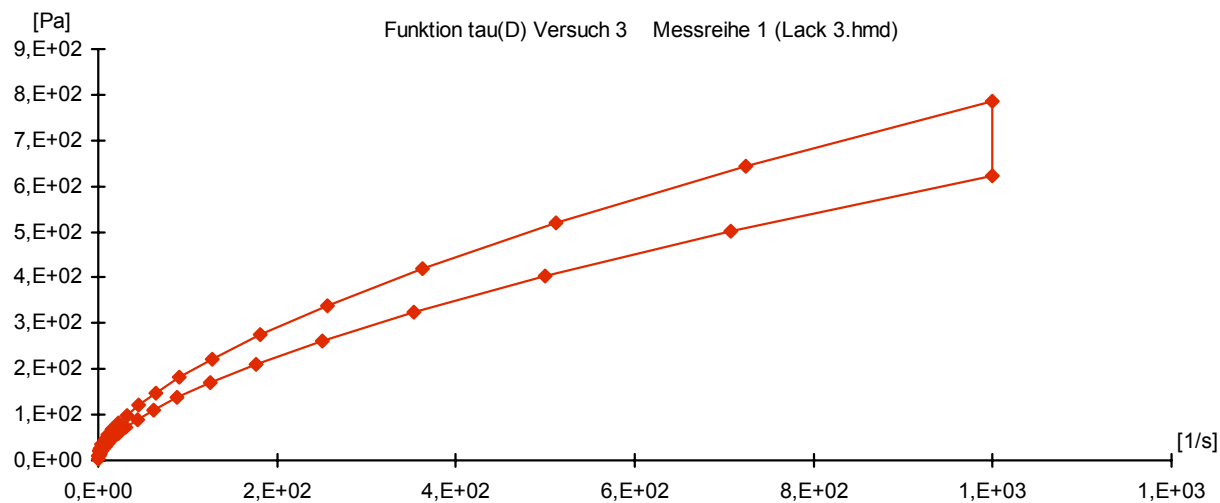
(Zadania pomiarowe dla ośrodków badawczo-rozwojowych)

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.

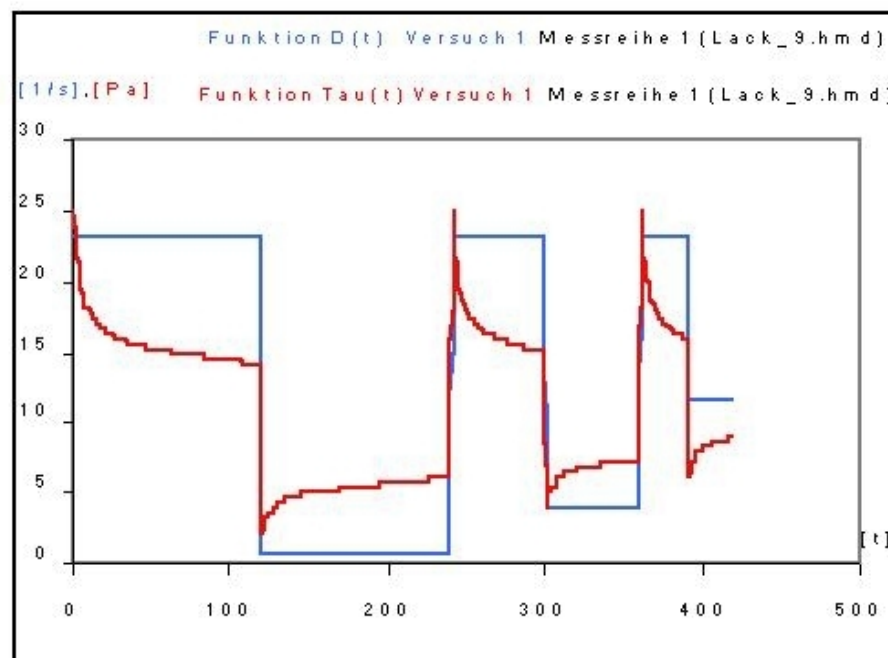


Zadania pomiarowe (wykres 3)

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 obniżania 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.



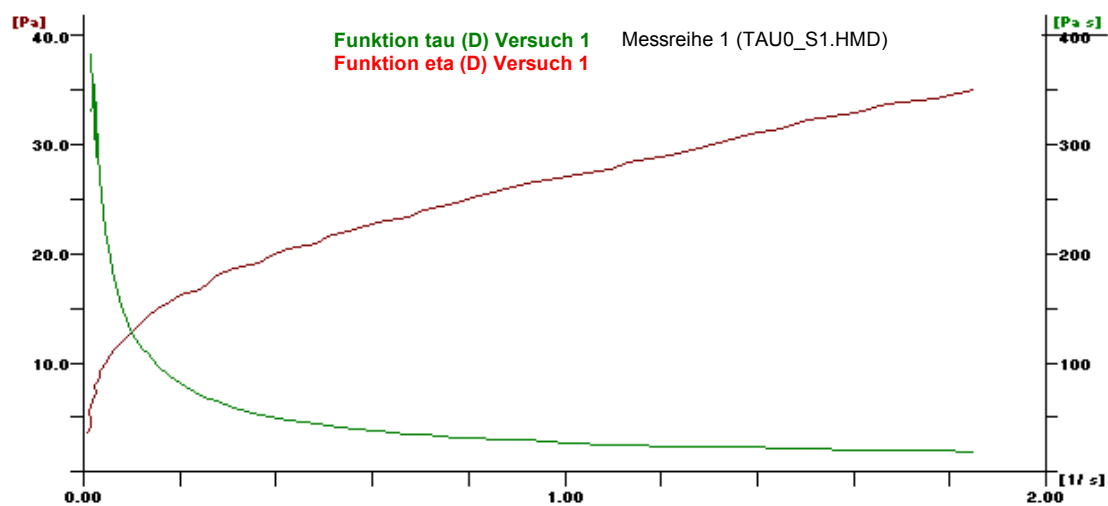
Zadania pomiarowe (wykres 4)

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



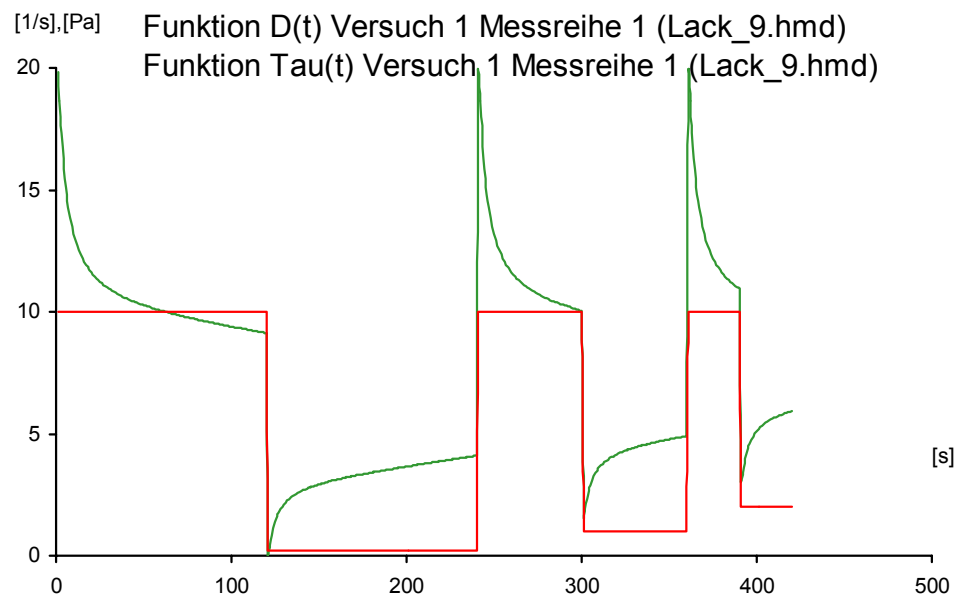
Zadania pomiarowe (wykres 5)

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 wyznaczaniu 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 pełzania *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

