

## **Zadania:**

Wpływ na właściwości mechaniczne materiałów metalicznych ma obróbka cieplna oraz następujące po niej chłodzenie. Odbywa się ono przy pomocy specjalnych roztworów chłodzących. Ich skuteczność zależy w głównej mierze oprócz właściwości rozpuszczonego polimeru od stężenia polimeru. W wyniku parowania wody oraz uwarunkowanego procesem rozprowadzenia roztworu zmienia się stężenie polimeru.

W zależności od procesu hartowania wynikają następujące zadania:

- kontrola / dokumentowanie stężenia polimeru w roztworach chłodzących w automatycznych urządzeniach do hartowania (np. hartowanie powierzchni kół zębatych)

## ***lub***

- kontrola / dokumentowanie stężenia polimeru w roztworach chłodzących podczas ulepszania cieplnego półproduktów

Bezpośrednie metody pomiaru stężenia są bardzo kosztowne, dlatego huty stali i przedsiębiorstwa zajmujące się obróbką stali przeważnie nie mogą sobie na nie pozwolić. W związku z tym przeważnie stosuje się pośrednie metody pomiarowe takie jak rozpraszanie światła (refraktometr) lub pomiar lepkości. Dużą zaletą pomiaru lepkości w porównaniu do pomiaru przy pomocy refraktometra jest niezależność wartości mierzonych od zanieczyszczeń. Kompetentni producenci roztworów polimerowych wykazali, że „właściwości chłodzące” „nowych” i „używanych” roztworów polimerowych można znacznie lepiej skontrolować przy pomocy precyzyjnego lepkościomierza kapilarnego niż refraktometra.

## **Wymagania:**

Szybki pomiar stężenia roztworu chłodzącego

- solidne i łatwe w obsłudze urządzenie pomiarowe
- temperatura roztworu chłodzącego: 20 ... 70°C
- temperatura otoczenia: 10 ... 50°C
- zakres stężeń: 4 ... 20 Ma%; z tego wynika:
- zakres pomiarowy lepkości: 1 ... 10 mPas
- podawanie stężenia na wyświetlaczu oraz poprzez złącze szeregowo



## **Konfiguracja urządzenia:**

Lepkościomierz kapilarny RHEOTEST<sup>®</sup> LK składa się z lepkościomierza, stabilnego statywu oraz ruchomego stolika do umieszczania kubka pomiarowego z próbką. Podstawowe części lepkościomierza to solidny system pomiarowy wraz z czujnikiem termometrycznym Pt 100, 4 klawisze oraz wyświetlacz. Kapilara pomiarowa ze stali szlachetnej jest przykręcona do komory pomiarowej.

Lepkościomierz kapilarny RHEOTEST<sup>®</sup> LK potrzebuje stabilnej powierzchni o wielkości zaledwie 25 cm x 25 cm. Lepkościomierz pracuje również w surowych warunkach w sposób pewny i dokładny. Urządzenie jest bardzo łatwe w obsłudze. Może być ono obsługiwane również przez pracowników produkcyjnych.

## **Sposób działania:**

Lepkościomierz kapilarny RHEOTEST<sup>®</sup> LK mierzy lepkość dynamiczną w mPas oraz temperaturę w °C. Lepkość dynamiczną wyznacza się za pomocą równania Hagen-Poiseuille'a dla przepływu laminarnego w rurze.

Podczas pomiaru równomiernie poruszany tłok zasysa roztwór polimerowy poprzez kapilarę do komory pomiarowej oraz przemieszcza mierzone medium z powrotem do kubka pomiarowego. Przy tym mierzone jest ciśnienie powstające w komorze pomiarowej. Na podstawie sygnału dotyczącego ciśnienia wyznacza się lepkość. Przy pomocy mierzonej temperatury oraz kompensacji temperatury jednakowej lepkości mierzona lepkość przeliczana jest na temperaturę referencyjną.

**Ta lepkość skompensowana temperaturowo jest uzależniona jedynie od stężenia roztworu polimerowego.**

Po zakończeniu pomiaru automatycznie obliczane są wartości lepkości i stężenia skompensowane do temperatury referencyjnej, które następnie są wyświetlane na wyświetlaczu i wysyłane do złącza szeregowego.

W praktyce przyjęto się, że pomiar składa się z 5 cykli pomiarowych, przy czym średnia wielkość ostatnich 3 cykli pomiarowych wykorzystywana jest do obliczania wartości lepkości i stężenia skompensowanych temperaturowo. Jeden cykl pomiarowy trwa zaledwie ok. 25 sekund. Liczbę cykli pomiarowych oraz obliczanie średniej wielkości można dowolnie wybrać i zaprogramować.

Zależność temperaturowa lepkości oraz korelacja pomiędzy lepkością a stężeniem zależy od rodzaju materiału. Dla wielu roztworów polimerowych (np. Feroquench 2000, Polyquench 500, Aquatensid BW) odpowiednie stałe zostały obliczone już przez producenta lepkościomierza i zapisane w jego oprogramowaniu. Jednak w przypadku zastosowania innego roztworu chłodzącego użytkownik może je w każdej chwili zmienić.

W trybie rutynowym użytkownik musi tylko umieścić pojemnik (minimum 50 ml) z roztworem chłodzącym na ruchomym stoliku i tak ustawić stół, żeby kapilara i Pt100 były zanurzone co najmniej 1 cm w roztworze chłodzącym. Następnie należy rozpocząć pomiar naciskając klawisz ENTER.

W związku z tym, że system pomiarowy prawie nie posiada obszarów martwych, po zakończeniu pomiaru trzeba tylko wyczyścić kapilarę pomiarową. W tym celu pojemnik na próbkę napełnia się wodą lub innym roztworem czyszczącym, a następnie wykonuje się ok. 10 cykli pomiarowych jako „cykle czyszczące”. Liczbę cykli czyszczących można również zaprogramować i uruchamiać za pomocą kombinacji klawiszy.

### Korzyści dla użytkownika:

1. Stężenie roztworu chłodzącego mierzone jest szybko, precyzyjnie i niezależnie od zanieczyszczeń
2. Indywidualne błędy pomiarowe są wykluczone
3. Wartości pomiarowe mogą być podawane poprzez złącze w celu zapewnienia kompletnej dokumentacji

### Przykład protokołu z pomiarów Feroquench 2000:

RHEOTEST MEDINGEN GMBH  
RHEOTEST LK

badana substancja: Feroquench 2000      laborant: Worlitsch      data: 21.08.2007  
strona: 1

nr	godzina (h:m:s)	Eta (mPas)	T ( $\varnothing$ C)	Eta(Tref) (mPas)	Tref ( $\varnothing$ C)	metoda
1	14:16:21	4.967e+00	26.79	5.151e+00	25.00	K1/2_1SD
2	14:16:52	4.942e+00	26.77	5.123e+00	25.00	K1/2_1SD
3	14:17:21	4.952e+00	26.74	5.130e+00	25.00	K1/2_1SD
4	14:17:50	4.974e+00	26.71	5.150e+00	25.00	K1/2_1SD
5	14:18:19	4.968e+00	26.70	5.142e+00	25.00	K1/2_1SD

nr	TK	MW_Eta (mPas)	MW_T ( $\varnothing$ C)	MW_Eta(Tref) (mPas)	stężenie (%)
3-5	0.0203	4.964e+00	26.72	5.141e+00	13.010

## Przykład protokołu z pomiarów Polyquench 500 DSK:

RHEOTEST MEDINGEN GMBH  
RHEOTEST LK

badana Polyquench\_500\_DSK laborant: Worlitsch data: 22.08.2007  
substancja: strona: 1

nr	godzina (h:m:s)	Eta (mPas)	T (°C)	Eta(Tref) (mPas)	Tref (°C)	metoda
1	11:16:21	2.961e+00	23.55	2.531e+00	30.00	K6/2_1SD
2	11:16:52	2.970e+00	23.54	2.538e+00	30.00	K6/2_1SD
3	11:17:21	2.972e+00	23.53	2.539e+00	30.00	K6/2_1SD
4	11:17:50	2.981e+00	23.53	2.547e+00	30.00	K6/2_1SD
5	11:18:19	2.980e+00	23.52	2.545e+00	30.00	K6/2_1SD

  

nr	TK	MW_Eta (mPas)	MW_T (°C)	MW_Eta(Tref) (mPas)	stężenie (%)
3-5	0.0243	2.978e+00	23.53	2,544e+00	12.512

**Przykład tabeli wartości mierzonych służącej do obliczania wszystkich potrzebnych stałych, które opisują zależność temperatury i stężenia roztworu chłodzącego:**

Pomiary próbki polimeru LQR KL (PETROFER CHEMIE GmbH)

LK 07 / 0219 rozdział. 1 (2-Punkt)

$$\text{Konz\_ber} = a + b \cdot \text{Eta\_komp} + c \cdot (\text{Eta\_komp})^2$$

Ma%	lepkość [mPas]	temperatura [°C]	Eta(Tref) [mPas]	stężenie Konz_ber	a =	-3,65331
5	1,87	30,95	1,91	5,1	b =	4,97540
10	3,1	31,19	3,18	10,1	c =	-0,20893
10	3,07	31,35	3,16	10,0	TK=	0,02147
12,5	4,24	25,76	3,87	12,5	Tref	30,00
12,5	3,83	30,56	3,88	12,5		
12,5	3,43	35,50	3,86	12,4		
15	4,70	29,97	4,70	15,1		
15	4,69	30,17	4,71	15,1		
20	6,5	29,9	6,51	19,9		