

# Raztezanje talin polimerov

## Elongation of Polymer Melts

Žerjal B<sup>1</sup>, EPF, Inštitut za tehnologijo, Maribor

*Proučevali smo viskoznost taline polistirena pri različnih hitrostih raztezanja taline na ekstenzijskem reometru z rotirajočimi klemami. Vzorce smo pripravili na laboratorijski stiskalnici širine 10 mm in debeline 2 mm. Meritve so pokazale, da je mogoče določiti viskoznost taline pri raztezanju pri različnih hitrostih raztezanja ter da se ta spreminja s hitrostjo in časom raztezanja.*

*Gljučne besede: reologija, talina polimerov, raztezanje taline*

*The elongational viscosity of polystyrene at different strain rates were investigated on elongational rheometer with rotary clamps. The samples were prepared on laboratory press and then the measurements were performed on elongational rheometer. The elongational viscosity can be measured at different strain rates and the maximum Hencky strain is 7.*

*Key words: reology, polymer melt elongation, elongational rheometry*

### 1. Uvod

Na področju termoplastičnih polimerov predstavlja poznavanje reologije talin osnovo za povezovanje strukture, predelave in končnih lastnosti. **Slika 1** prikazuje makromolekularni sistem, ki je prisoten pri predelavi polimerov. Iz **slike 1** je mogoče videti, da so reološke lastnosti odvisne od kemijske strukture posameznih makromolekul in fizikalne strukture molekul v celoti; te pa so veliko bolj občutljive v talini kot v razredčenih raztopinah polimerov.

Raziskave obnašanja raztezkov talin polimerov so tehnološko in znanstveno pomembne in v literaturi zelo malo proučevane. Pri predelavi polimerov često nastopijo deformacije taline, kar pa ima velik vpliv na molekularno orientacijo končnega proizvoda.

Obstaja več metod za opredeljevanje lastnosti talin polimerov: kapilarna reometrija, linearne viskoelastične metode, reogoniometrija, strižno inducirana reološka anizotropija, enostavno raztezanje ter raztezanje v več smeri<sup>1</sup>.

Raziskave na področju enostavnega raztezanja talin polimerov so se pričele leta 1970. Nekaj avtorjev je pred letom 1970 že razvijalo različne merilne tehnike<sup>2</sup>. Razvoj reometra z rotirajočimi klemami pa pripisujemo Meissnerju in njegovim sodelavcem<sup>3,4,5</sup>. Prvi razviti reometer z rotirajočimi klemami je imel številne pomanjkljivosti: za meritve so bili potrebni veliki vzorci, nadalje velik volumen tekočine, ki je povzročil fizikalno-kemijske interakcije s talino polimera ter omejitve v temperaturi (zgornja možna delovna temperatura 200°C).

Pred časom pa je bil razvit ekstenzijski reometer z rotirajočimi klemami<sup>6</sup>.

V prispevku bodo predstavljene teoretične osnove enostavnega raztezanja talin polimerov in prikazane možnosti določanja viskoznosti talin polimerov pri raztezanju na ekstenzijskem reometru z rotirajočimi klemami.

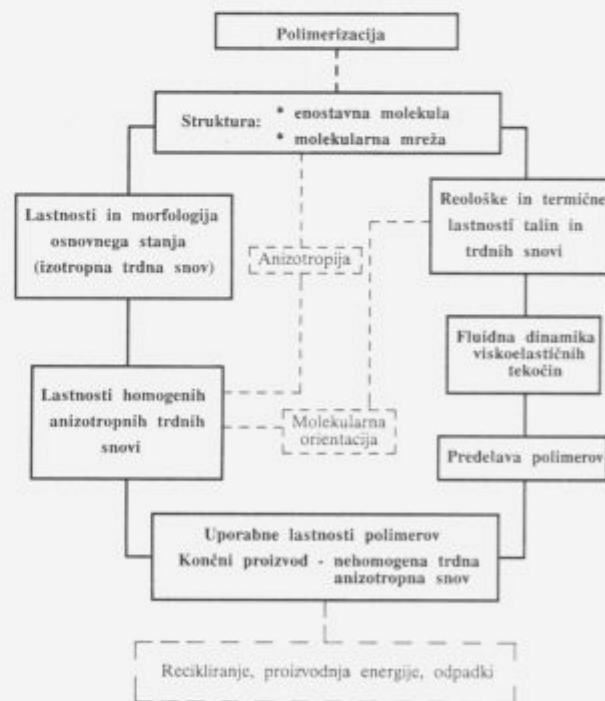
### 2. Teoretični del

Ker so pri raztezanju talin polimerov prisotni veliki raztezki, je pomembno definirati raztezek taline ( $\epsilon$ ):

$$\dot{\epsilon}(t) = \dot{\epsilon}_0 h(t)$$

kjer je  $h(t) = 0$  ( $t < 0$ )

ali  $1$  ( $t > 0$ ).



**Slika 1:** Povezave na področju znanosti in inženirstva polimerov  
**Figure 1:** Interconnections in polymer science and engineering<sup>1</sup>

<sup>1</sup> dr. kem. zn. Breda ŽERJAL  
EPF, Inštitut za tehnologijo  
Razlagova 14, 62000 Maribor

Natezna napetost  $\sigma(t)$  deljena s hitrostjo raztezanja taline ( $\dot{\epsilon}_0$ ), ki je konstantna med enostavnim raztezanjem taline, definira viskoznost taline pri raztezanju ( $\mu$ ):

$$\mu(t) = \sigma(t) / \dot{\epsilon}_0$$

### 3. Eksperimentalni del

#### 3.1 Uporabljeni materiali

Pri delu je bil uporabljen komercialni polistiren (PS), Polystyrol 158 K, BASF z gostoto  $970 \text{ kg/m}^3$ .

#### 3.2 Priprava vzorcev

Granulat čistega polistirena smo sušili v vakuumskem sušilniku 6 ur pri  $70^\circ\text{C}$ , nato pa smo pripravili na laboratorijski stiskalnici pri  $170^\circ\text{C}$  plošče debeline 2 mm. Za meritve smo uporabili vzorce širine 10 mm in debeline 2 mm.

#### 3.3 Aparatura

Viskoznost raztezanja taline polistirena smo merili na novo izgrajenem ekstenzijskem reometru. Meritve smo izvedli pri različnih hitrostih vrtenja klem.

### 4. Rezultati in diskusija

Za natančno interpretacijo merjenja sile je potrebno določiti dejansko hitrost raztezanja taline. Hitrost raztezanja je bila določena iz nominalne hitrosti raztezanja, ki se izračuna iz razdalje med klemama in hitrostjo vrtenja kovinskih trakov

$$(\dot{\epsilon}_{\text{nominalna}} = 2 u/L_0)$$

Meritve, izvedene pri konstantni hitrosti raztezanja taline, dajo silo v odvisnosti od časa. Ugotovili smo, da je po pričetku eksperimenta sila maksimalna, nato pa postopoma pada. Na osnovi poznane začetnega preseka vzorca lahko po enačbi izračunamo natezno napetost

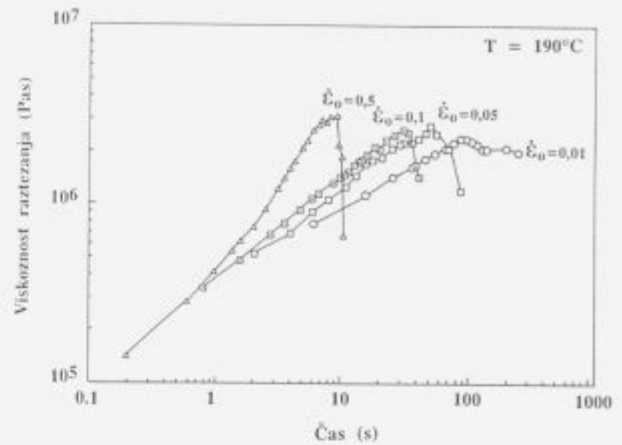
$$\sigma(t) = F(t) / A(t) = F(t) / A_0 e^{-\dot{\epsilon}_0 t}$$

Rezultati so pokazali, da po 50 s postane natezna napetost konstantna in raztezek po Henckyju znaša 5 za  $\dot{\epsilon}_0 = 0,1 \text{ s}^{-1}$  (izračunano po enačbi  $\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_0 t$ ).

Zaradi eksponentnega padanja preseka vzorca, postaja pri velikih hitrostih raztezanja sila zelo majhna, pri tem pa narašča napaka zapisa natezne napetosti.

Na **sliki 2** je prikazana viskoznost taline polistirena pri raztezanju v odvisnosti od časa. Rezultati so prikazani za štiri različne hitrosti raztezanja taline ( $\dot{\epsilon}_0 = 0,01, 0,05, 0,1, 0,5$ ) in temperaturo  $190^\circ\text{C}$  na dvojni logaritemski skali.

Rezultati so pokazali, da se viskoznost taline polistirena pri raztezanju s hitrostjo in časom raztezanja spreminja. Pri majhnih hitrostih raztezanja je viskoznost taline pri raztezanju po določenem času konstantna in določen je bil maksimalen raztezek po Henckyju 7. Dobljeni rezultati so bili kasneje še



**Slika 2:** Raztezna viskoznost v odvisnosti od časa  
**Figure 2:** Elongational viscosity depends on time

potrjeni na polietilenu, metoda pa se je izredno dobro potrdila tudi pri proučevanju reologije testa<sup>7</sup>.

### 5. Sklepi

V delu je prikazana možnost določanja viskoznosti talin polimerov pri raztezanju na enostavnem ekstenzijskem reometru.

Meritve so pokazale, da je mogoče določiti viskoznost taline polistirena na majhnih vzorcih pri različnih hitrostih raztezanja.

Viskoznost raztezanja se s hitrostjo in časom raztezanja spreminja. Za polistiren je bil določen raztezek po Henckyju 7.

### 6. Literatura

- J. Meissner, Conventional and New test Modes in Polymer Melt Rheometry, Applied Polymer Analysis and Characterization, Hanser Publishers, New York, 1993
- J. Meissner, Experimental Aspects in Polymer Melt Elongational Rheometry, *Chem Eng. Commun.* 33, 1985, 159-180
- J. Meissner, Polymer Melt Elongation- Methods, Results, and Recent Developments, *Polymer Engineering and Science*, 27, 1987, 8, 537-546
- J. Meissner, T. Raible, S. E. Stephenson, Rotary Clamp in Uniaxial and Biaxial Extensional Rheometry of Polymer Melts, *Journal of Rheology*, 25, 1981, 1, 1-28
- J. Meissner, S. E. Stephenson, A. Demarles, P. Portmann, Multiaxial Elongational Flows of Polymer Melts-Classification and Experimental Realization, *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 11, 1982, 221-237
- J. Meissner, J. Hostettler, A New Elongational Rheometer for Polymer Melts and other Highly Viscoelastic Liquids, *Rheol. Acta*, 33, 1994, 1-21
- J. J. Linster, J. Meissner, Melt Elongational of a Commercial Poly(methylmethacrylate) Product and a Commercial Polystyrene, *Makromol. Chem.* 190, 1989, 599-611