

# Određivanje deformacijskog ponašanja polimera uz djelovanje medija na primjeru poliamida 6

## Determination of Medium Influenced Polymer Deformational Behaviour for Polyamide 6

Đ. Španiček<sup>1</sup>, Z. Smolčić Žerdik, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Prejem rukopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavu - accepted for publication: 1995-12-22

*Za praćenje deformacijskog ponašanja u uvjetima trajnog statičkog opterećenja konstruiran je uređaj koji omogućuje i istovremeno djelovanje medija. Ispitivani su materijali iz skupine poliamida 6 tj. iste kemijske osnove (ε kaprolaktam), ali različitih svojstava zbog različitih morfoloških struktura uvjetovanih postupcima dobivanja i kondicioniranja. Snimljene krivulje puzanja na zraku i u vodi ukazuju da medij, usprkos srodnosti ispitivanih materijala, različito djeluje na pomak krivulja puzanja. Uređaj omogućuje ponovljivost rezultata i razlikovanje razmjerno finih promjena svojstava uslijed mehaničkih i kemijskih opterećenja.*

*Ključne riječi: deformacijsko ponašanje, puzanje, djelovanje medija, poliamid 6*

*For monitoring the polymer deformation behaviour under the conditions of the permanent static load and simultaneous action of medium a special device has been designed. Materials studied were of the same chemical basis (ε caprolactam) but with various properties due to the variety of morphological structures resulting from material preparation and conditioning. Creeping curves obtained in the air and the water indicated that the medium, in spite of similarity of tested materials, had different affects on changes of creeping curves. The device makes possible the reproducibility of results and the distinction between slight changes in properties caused by mechanical and chemical loads.*

*Key words: deformational behaviour, creep, media effects, polyamide 6*

### 1 Uvod

Relaksacijski proces, koji slijedi elastičnu deformaciju u uvjetima trajnog statičkog opterećenja, naziva se, zbog postepene, vrlo polagane prirode, puzanje. Zbog strukturnih karakteristika polimera do pojave puzanja dolazi već pri sobnoj temperaturi. Ponašanje polimernih materijala u uvjetima, u kojima se javljaju takve promjene obično se opisuje krivuljama puzanja. Tijek krivulje jako je ovisan o materijalu, primjenom opterećenju i temperaturi, te o okolnom mediju, koji difundira u materijal i mijenja njegova svojstva. Zbog toga je bitno određivanje svojstava i karakteristika polimera koje točno određuju trajno ponašanje i uz djelovanje medija, jer matematički izrazi, kojima se aproksimiraju obično takove krivulje, ne obuhvaćaju sve navedene utjecaje<sup>1</sup>.

### 2 Opis metode

U cilju određivanja ponašanja polimernih materijala u uvjetima trajnog savojnog opterećenja konstruiran je jednostavan uređaj (slika 1), koji omogućuje izlaganje ispitivanog materijala raznim utjecajima okoline. Pripremljene i izmjerene

epruvete dimenzija 50 x 4 mm umeću se u nosače i opterećuju u sredini silom, koja se postiže postavljanjem odgovarajućih utega. Između nosača utega i epruvete smješten je precizan mjerni sat, na kojem se direktno očitava nastali progib  $f$ . Uređaj je načinjen od nehrđajućeg čelika, tako da se zajedno s postavljenim i opterećenim epruvetama, uranja u staklene kade napunjene odgovarajućim medijem. Staklene stijenke omogućuju direktno očitavanje nastalih progiba. Uz odgovarajuće osiguranje brtvljenja spremnika za medij moguće je ispitivanje i pri povišenim temperaturama. Na osnovi dobivenih podataka o progibu  $f$ (mm) i poznate debljine epruvete  $a$ (mm) primjenom izraza:

$$\epsilon = f a 0.375$$

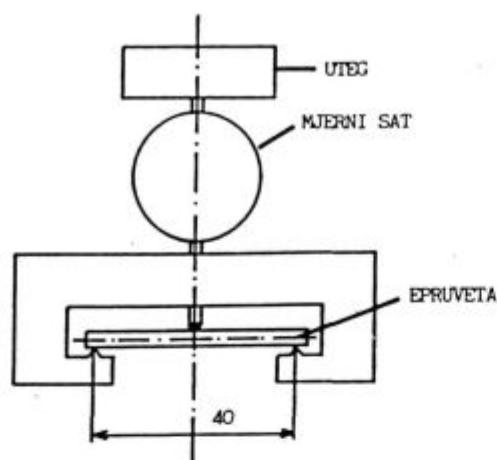
može se odrediti veličina rubnog istezanja  $\epsilon$  izražena u postotku.

Opterećenje na savijanje, uz koje su provedena ispitivanja opisana u ovom radu, je složeno opterećenje, te je u cilju dobivanja uvida u raspodjelu napreznja provedeno fotoelastometrijsko ispitivanje<sup>2</sup> (slika 2).

### 3 Ispitivani materijali

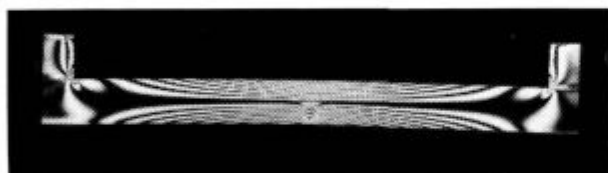
Da bi se ispitala osjetljivost i ponovljivost opisane metode za snimanje krivulja puzanja korišteni su srodni materijali iste

<sup>1</sup> Dr. Đurđica ŠPANIČEK  
Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje  
1000 Zagreb, I. Lučića 5, Croatia



Slika 1: Shematski prikaz uređaja za određivanje deformacijskog ponašanja polimera

Figure 1: Schematic representation of the device for determination of polymers deformational behaviour



Slika 2: Stvarna raspodjela naprezanja u fotoelastičnom modelu

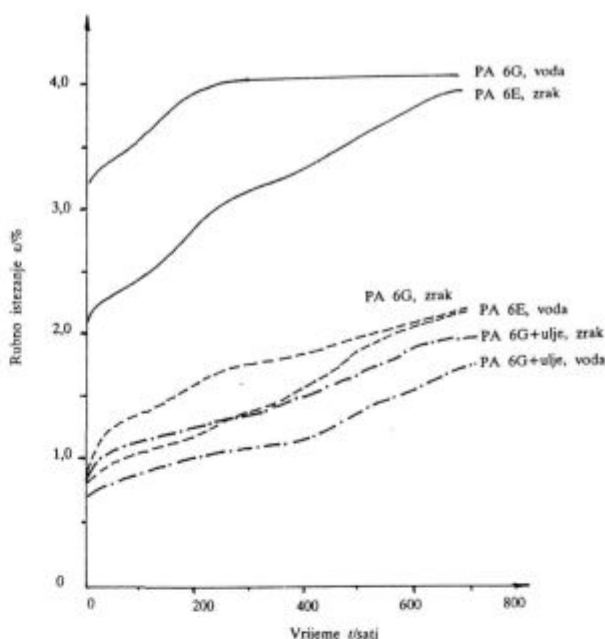
Figure 2: Real stress distribution in a photoelastic model

kemijske osnove ( $\epsilon$  kaprolaktam), ali različitih svojstava zbog različitih morfoloških struktura uvjetovanih postupcima dobivanja (ekstrudiranje, lijevanje) i kondicioniranja. Ispitivani su slijedeći materijali: poliamid 6 ekstrudirani (PA 6E), poliamid 6 lijevani (PA 6G) i poliamid 6 lijevani uz dodatak fino dispergiranih kapi ulja (PA 6G+ulje). Ekstrudirani poliamid je prije ispitivanja kondicioniran do optimalnog sadržaja vlage od 3% uz naknadnu toplinsku obradu u cilju napuštanja zaostalih naprezanja. Relativno male dimenzije epruveta, koje se izrezuju iz posebno pripremljenih i kondicioniranih ploča, odabrane su zbog jednolične raspodjele apsorbiranog medija kroz presjek, što pojednostavljuje analizu utjecaja pri ispitivanju uz istovremeno mehaničko i kemijsko djelovanje.

#### 4 Rasprava i ocjena rezultata

Ispitivanim materijalima snimljene su krivulje puzanja uz djelovanje savojnog opterećenja od 12 N/mm<sup>2</sup> na zraku i vodi kao okolnom mediju. Voda je odabrana kao medij zbog poznate osjetljivosti poliamida na vodu<sup>3</sup>. Određene krivulje puzanja prikazane su na slici 3.

Deformacijsko je ponašanje odraz strukturnih karakteristika ispitivanih poliamida, tako da su, usprkos istog kemijskog sastava i srodne morfološke strukture, te iste veličine opterećenja ustanovljeni različiti tijekovi krivulja puzanja. PA 6E pokazuje veće puzanje u vodi, dok PA 6G i PA 6G+ulje pokazuju veće puzanje na zraku. To je usko povezano s mogućnošću difuzije medija obzirom na morfološku strukturu ispitivanih poliamida. Poliamidi su djelomično kristalasti plastomeri sa sferulitnom nadmolekulnom strukturom, pa veličina i raspodjela sferulita znatno utječe na prisutnost slobodnih



Slika 3: Krivulje puzanja ispitivanih poliamida na zraku i u vodi

Figure 3: Creeping curves of the tested polyamides in air and water

volumena i njihovo premještanje u materijalu. Mehanička opterećenja djeluju na veze između, ali i u makromolekulama, a difundirani medij pojačava to djelovanje. Iako su snimke, dobivene svjetlosnim mikroskopom u polariziranoj svjetlosti, pokazale gotovo istu sferulitnu nadmolekulnu strukturu analizom tih slika analizatorom LECO 2001, ustanovljen je različiti raspored sferulita po veličini<sup>2</sup>. Maksimum krivulje raspodjele veličine sferulita za PA 6G pomaknut je u odnosu na PA 6E prema manjim vrijednostima, što povoljnije utječe na svojstva. Zbog povoljnije morfološke strukture koeficijent difuzije manji je kod lijevanog poliamida bez i sa dodatkom ulja nego li za ekstrudirani poliamid. Razlika u vrijednostima PA 6G i PA 6G+ulje posljedica je prisutnosti kapljica ulja, koje smanjuju difuziju. Osim toga lijevani poliamidi nisu prije ispitivanja kondicionirani, pa voda kod tih materijala izaziva još i pozitivni efekt napuštanja naprezanja u početnom periodu djelovanja<sup>4</sup>.

#### 5 Zaključak

Rezultati ispitivanja provedenih na srodnim materijalima iste kemijske osnove pokazuju da primjenjeni uređaj za određivanje deformacijskog ponašanja polimera uz djelovanje medija omogućuje ponovljivost i razlikovanje razmjerno finih promjena svojstava uslijed mehaničkog i kemijskog opterećenja.

#### 6 Literatura

- J. Indof, D. Španiček, Z. Smolčić Žerdik, Š. Husić, Jednostavna metoda ispitivanja dugotrajnih mehaničkih svojstava polimera i polimernih kompozita, *Zbornik radova FSB XVI*, 85, 1992
- D. Španiček, Utjecaj medija na deformacijsko ponašanje poliamida 6, *Doktorska disertacija*, Sveučilište u Zagrebu 1994
- G. W. Ehrenstein, *Kunststoff-Schadensanalyse*, Carl Hanser Verlag, München 1992
- H. A. Stuart, *Physikalische Ursachen der Alterung von Kunststoffen, Alterung und Korrosion von Kunststoffen*, Verlag Chemie, Weinheim 1967