

# Hemijska industrija

Časopis Saveza hemičara  
i tehnologa Jugoslavije

Chemical Industry

Journal of the Federation of Chemists and Technologists of Yugoslavia

Химическая промышленность

Журнал Союза химиков и технологов Югославии

VOL. 52

Beograd, Novembar 1998.

Broj 11

**Izdavač:**

Savez hemičara i tehnologa Jugoslavije  
Beograd, Kneza Miloša 9/I

**Glavni i odgovorni urednik:**

Dejan Skala

**Gost urednik časopisa "Plastika i guma"**

Slobodan Jovanović

**Uredništvo:**

Željko Grbavčić, Bojan Đorđević, Stjepan  
Levata, Jovan Mičić, Milorad Sokić, Slobodan  
Šerbanović, Aleksandar Tasić

**Članovi uredništva iz inostranstva:**

Vladimir Beskov (Rusija), Dragomir Bukur  
(SAD), Jiri Hanika (Češka Republika), Valerij  
Meshalkin (Rusija), Ljubiša Radović (SAD),  
Constantinos Vayenas (Grčka)

**Likovno-grafičko rešenje naslovne strane:**

Milan Jovanović

**Redakcija:**

11000 Beograd, Kneza Miloša 9/I  
Tel.: 011/3240-018, tel/fax: 011/3231-397

Izlazi jednom mesečno, rukopisi se ne vraćaju

**Sekretar redakcije:**

Slavica Desnica

**Plasman i publicitet:**

Dušan Milosavljev

**Izdavanje časopisa pomažu**

Savezno Ministarstvo za razvoj, nauku i  
životnu sredinu  
Ministarstvo za nauku i tehnologiju Srbije

Uplata pretplate i oglasnog prostora vrši se  
na žiro račun Saveza hemičara i tehnologa  
Jugoslavije, Beograd, broj 40803-678-9-5327,  
SPR, Beograd

**Komputerska priprema:**

Mirjana Rapajić

**Štampa:**

"Profex", Beograd, Ivana Milutinovića 73  
tel. 444-64-92

Oslobodeno osnovnog i posebnog poreza  
na promet na osnovu mišljenja Ministarstva za  
nauku i tehnologiju Republike Srbije, br. 413-  
00-769-1/94-01 od 7. decembra 1994. godine

## SADRŽAJ

Slobodan Jovanović, Dragoslav Stoilković, <b>Pravci razvoja polimernih materijala</b> (Pregledni rad).....	423
Jovanka Filipović, Dušanka Petrović Đakov, <b>Ispitivanje mešljivosti i termičke degradacije poli(vinilhlorida) i poli(di itakonata)</b> (Naučni rad).....	436
Vladimir Divjaković, Petar Škundrić, Željko Škrbić, Mirjana Kostić, Siniša Popović, <b>Dobijanje i svojstva samoojačavajućih kompozitnih elastomernih vlakana</b> (Naučni rad).....	440
Branko Dunjić, Marc Lemaire, <b>Sinteza funkcionalizovanih polimera i njihova primena u asimetričnoj katalizi</b> (Naučni rad).....	446
Maja Žagar, Lynne Katsikas, Ivanka Popović, <b>Termijska degradacija poli(2-hloretil metakrilata) u prisustvu antikosidanata</b> (Naučni rad).....	450
Jasna Đonlagić, Alisa Zlatanić, Milorad Zrilić, Dušanka Gerzić, Vučko Markičević, <b>Kompresione opruge za odbojnice vagona od termoplastičnih elastomera</b> (Naučni rad).....	455
Olga Kardaleva-Timofeeva, Slobodan Jovanović, <b>Kalemljenje dekstrana na kopolimer poli(akrilonitril-co-metilakrilat-co-itakonska kiselina)</b> (Naučni rad).....	459
OSVEŽIMO NAŠE ZNANJE Dejan Skala, <b>Kataliza II – Analiza deaktivacije i testiranje katalizatora u laboratorijskim odnosno industrijskim reaktorima</b> .....	462
PRIVREDNE VESTI.....	470
TEHNOLOŠKE NOVOSTI.....	473
NOVI APARATI I UREĐAJI.....	476
ZAŠTIĆA OKOLINE.....	478
STRUČNI SKUPOVI.....	480

## CONTENTS

Slobodan Jovanović, Dragoslav Stoilković, <b>The trends in the development of polymeric materials</b> (Review paper).....	423
Jovanka Filipović, Dušanka Petrović Đakov, <b>Investigation of the mixing behaviour and thermal stability of poli(vinyl chloride) and poli(diitaconates)</b> (Scientific paper).....	436
Vladimir Divjaković, Petar Škundrić, Željko Škrbić, Mirjana Kostić, Siniša Popović, <b>Preparation and properties of self-reinforcing composite elastomeric fibers</b> (Scientific paper).....	440
Branko Dunjić, Marc Lemaire, <b>The synthesis of functional polymers and their application in asymmetric catalysis</b> (Scientific paper).....	446
Maja Žagar, Lynne Katsikas, Ivanka Popović, <b>The thermal degradation of poly(2-chloroethyl methacrylate) in the presence of antioxidants</b> (Scientific paper).....	450
Jasna Đonlagić, Alisa Zlatanić, Milorad Zrilić, Dušanka Gerzić, Vučko Markičević, <b>Thermoplastic elastomer compression springs for railway buffers</b> (Scientific paper).....	455
Olga Kardaleva-Timofeeva, Slobodan Jovanović, <b>Grafting of dextran to the copolymer poly(acrylonitrile-co-methyl acrylate-co-itaconic acid)</b> (Scientific paper).....	459
REFRESHER TOPICS Dejan Skala, <b>Catalyses II – The analysis of catalyst deactivation and catalyst performance testing in laboratory and industrial reactors</b> .....	462
BUSINESS NEWS.....	470
SCIENCE AND TECHNOLOGY NEWS.....	473
NEW APPARATUS AND EQUIPMENT.....	476
ENVIRONMENTAL PROTECTION.....	478
INFORMATION AND CALENDAR OF NEXT EVENTS.....	480

VLADIMIR DIVJAKOVIĆ<sup>1</sup>  
PETAR ŠKUNDRIĆ<sup>2</sup>  
ŽELJKO ŠKRBIĆ<sup>1</sup>  
MIRJANA KOSTIĆ<sup>2</sup>  
SINIŠA POPOVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prirodno–matematički  
fakultet, 21000 Novi Sad  
<sup>2</sup>Tehnološko–metalurški  
fakultet, Beograd

NAUČNI RAD

678.074:678.4:677.462/.47

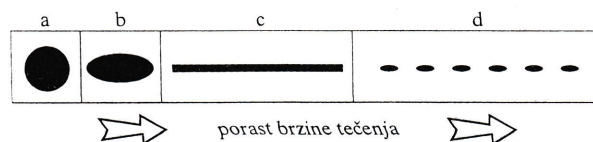
## DOBIJANJE I SVOJSTVA SAMOOJAČAVAJUĆIH KOMPOZITNIH ELASTOMERNIH VLAKANA

*Dobijanje in situ ojačanih kompozitnih vlakana od smeše dva delimično mešljiva polimera zasniva se na mikrofibrilizaciji jedne polimerne komponente u drugoj tokom ispredanja vlakna. U ovom radu odabran je sistem poliuretan-elastomer sa Biopolom kao ojačavajućom komponentom. Oba polimera se odlikuju sličnom temperaturom prerade i dobrom međusobnom mešljivošću. Bikomponentna elastomerna vlakna (sa 5%, 10% i 15% Biopola) su dobijena ispredanjem iz rastopa. Ispitivanjem morfoloških karakteristika polaznih smeša i vlakana ustanovljeno je da dispergovana Biopol komponenta u toku ispredanja prelazi u formu mikrofibrila. Dobijena kompozitna vlakna ispoljavaju značajno povećanje prekidne jačine i pri najmanjim koncentracijama Biopola u odnosu na jednokomponentna poliuretanska vlakna. Yungov modul pri manjim koncentracije Biopola ne raste značajnije što ima za posledicu očuvanje mekoće kompozitnih vlakana.*

*In situ* kompoziti su materijali ojačani mikrofibrilama i zasnivaju se na smeši dva polimera gde jedna od komponenta u toku procesiranja gradi fibrile u matrici druge komponente. Ovakav kompozit ima analogiju sa materijalima ojačanim tzv. linearnom "armaturom" gde bi ulogu armature imale mikrofibrile kristalnog polimera. Dobijanje ovakvih kompozita je poznat proces i uglavnom se primenjuje kod ojačavanja termoplasta krutim tečnokristalnim polimerima [1–4]. U poslednje vreme je vršeno ispitivanje bikomponentnih vlakana dobijenih od poliuretan–elastomera (kao matrice) sa izotaktičkim poli-propilenom (PP) kao ojačavajućom komponentom gde je radi povećanja adhezije između osnovnih komponenta u sistem uveden i kompatibilizator (maleinizirani PP) kao treća polimerna komponenta [5].

Cilj ovog rada je bio dobijanje samoojačavajućih elastomernih kompozitnih vlakana ojačanih *in situ* formiranim mikrofibrilama kristalnog Biopola. Pri tome se od amornog poliuretan–elastomera (PUR, polyurethane rubber) očekuje da vlakna učini elastičnim, dok kristalni Biopol treba da poveća prekidnu jačinu vlakana. Navedeni materijali su odabrani zbog dobre kompatibilnosti kao i slične temperature prerade [6] Biopol, P(HB–co–HV) je statistički kopolijester biološkog porekla [7] koji u osnovnom lancu poseduje 3–hidroksibutirat (HB) i 3–hidroksivalerat (HV) monomere pri čemu koncentracija HV monomera može varirati u širokom opsegu što ima značajnog uticaja na tačku topljenja polimera i njegovu sposobnost kristalizacije[8]. Procesiranje smeše u vlakno vrši se iz rastopa pri čemu ne mora obavezno nastupiti fibrilacija kristalne komponente u toku bifaznog tečenja što zavisi od više činilaca. Do mikrofibrilacije kristalne komponente doći će pod posebnim okolnostima koje zavise od reoloških parametara kao što je brzina deformacije, zatim od viskoelastičnih svojstava matrice kao i od

polimer–polimer interakcije smeše [9,10]. Ako su ovi uslovi povoljni, u procesu formiranja vlakna dispergovana kristalična komponenta menja oblik tako što iz forme kapljice (a) poprima izduženu formu mikrofibrile (c) kao što je šematski prikazano na slici 1. Brzina bifaznog tečenja treba da bude optimalna da ne bi, pri velikim brzinama, došlo do kidanja mikrofibrila što bi odgovaralo poziciji (d) na šemi.



Slika 1. Šematski prikaz deformacije sferične kapljice u tečnom medijumu u zavisnosti od brzine tečenja  
Figure 1. Schematic representation of droplet deformation in a liquid medium as a function of the flow rate

### EKSPERIMENTALNI DEO

Ispitana su termička, reološka i morfološka svojstva polaznih polimernih smeša PUR/Biopol kao i morfološka i mehanička svojstva dobijenih kompozitnih vlakana. U ovom radu korišćen je Biopol sa 8.4% HV monomera čija je temperatura topljenja slična temperaturi prelaska (PUR) u viskoelastično stanje.

#### Materijali

- Poliuretan–elastomer (PUR): proizvođač BASF, tip Elastolan SP 876–10
- Biopol (PHB/8.4%HV): proizvođač ICI Biological Products.

#### Ispređanje vlakana

Vlakna su ispređana od čistog poliuretana kao i od smeša sa 5%, 10% i 15 % masenih Biopola. Smeše su dobijene mešanjem dva polimera u mikseru HAAKE

Adresa autora: V. Divjaković, Prirodno–matematički fakultet, Novi Sad

Rad primljen: Jul 17, 1998

Rad prihvaćen: Novembar 16, 1998.

RHEOMIX 600E, pri sledećim uslovima: temperatura 180°C, brzina 50 o/min, vreme 7 minuta.

Tako dobijene smeše su zatim hladene i granulirane. Granulat je pre ispredanja vlakana ostavljen preko noći u sušnici na 100°C kako bi došlo do potpunog eliminisanja vode sa površine uzorka.

Vlakna su ispredana iz rastopa na temperaturi 216°C korišćenjem uređaja sopstvene konstrukcije koji je šematski prikazan na slici 2. Kapacitet suda sa polimerim rastopom je oko 250 g granulata. Pre početka ispredanja vlakana izvršena je kalibracija termopara i brzine namotavanja elektromotora. Termopar je kalibrisan pomoću živinog termometra ( $\pm 0.02$  °C) merenjem temperature u sudu za rastop u odnosu na broj podeoka skale termostata. Brzina elektromotora je kalibrisana namotavanjem konca na kalem u određenom vremenskom intervalu (1 minut) za datu poziciju na potenciometru. Na taj način je određena brzina namotavanja od 70 m/min.

Posle svakog ispredanja je bilo neophodno detaljno čišćenje dizne i suda sa rastopom kako ne bi došlo do međusobnog mešanja materijala. Zaostali polimer u sudu je odgorevan na temperaturi 450°C u trajanju od najmanje 30 min.

#### Metode ispitivanja polaznih smeša i vlakana

Reološka svojstva PUR i PUR/Biopl smeša ispitivana su u oglecima dinamičkog smicanja između paralelnih ploča na mehaničkom spektrometru Rheometrics RMS-605. Promene dinamičkih reoloških parametara: dinamički modul sačuvane ( $G'$ ) i izgubljene ( $G''$ ) energije, tangens ugla mehaničkih gubitaka ( $\tan\delta$ ), kompleksna dinamička viskoznost ( $\eta^*$ ) i njena realna komponenta ( $\eta'$ ),

praćene su u temperaturnom intervalu od 140 do 190°C i frekventnom opsegu od 0.1 do 100 rad/s.

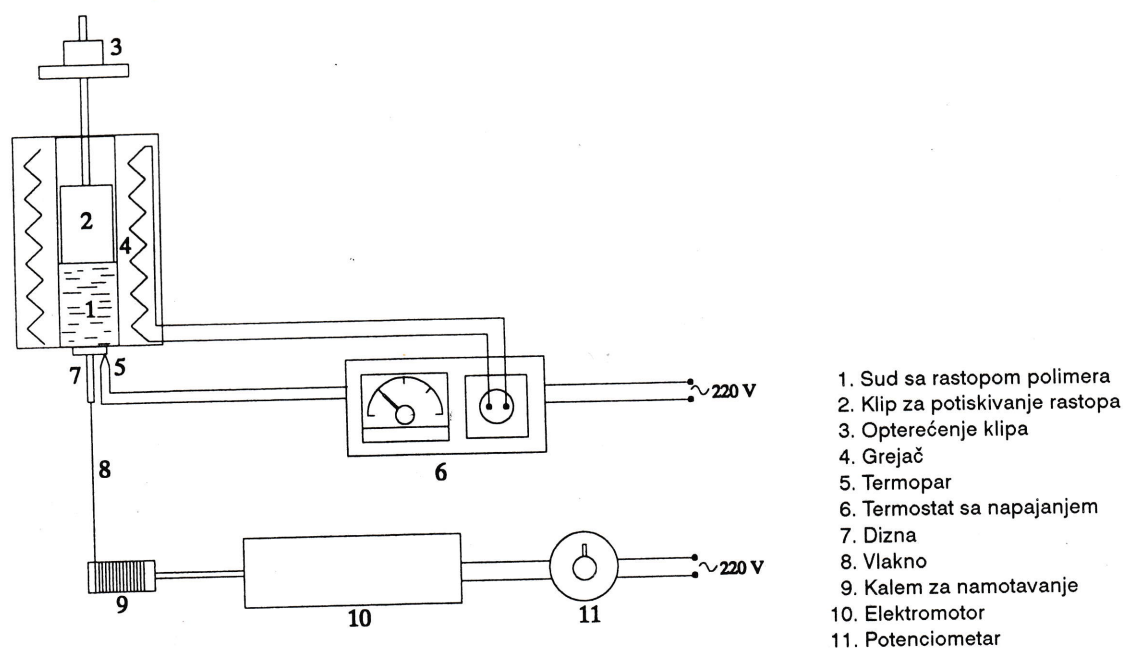
Termijsko ponašanje polimernih smeša ispitivano je metodama termogravimetrijske analize (TGA) u temperaturnom opsegu 20–500°C i diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC), u temperaturnom intervalu od 20–200°C, na uređaju tipa Du Pont.

Metodom skenirajuće elektronske mikroskopije na mikroskopu Jeol LSM-35 su ispitane morfološke karakteristike smeša i vlakana skenirajući površine uzoraka nastale krtnim lomljenjem ili kidanjem u tečnom azotu.

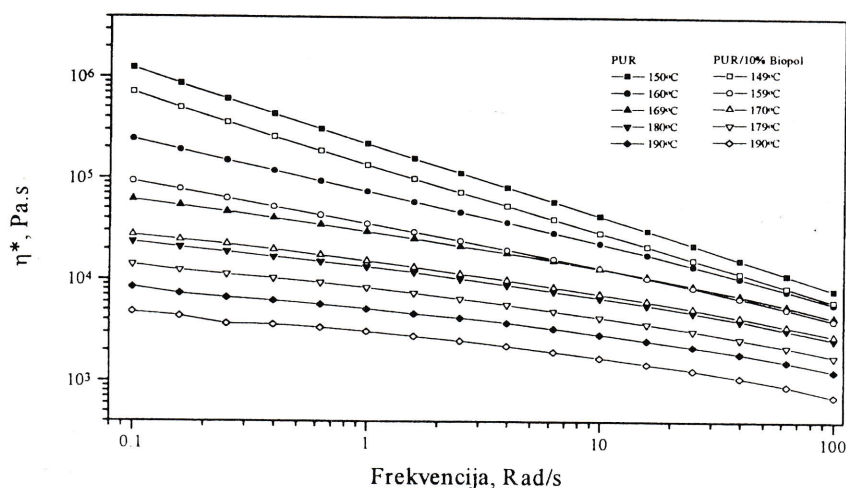
Širokougaona rendgenska difrakcija na polaznim smešama i vlaknima registrovana je na difraktometru za polikristalne uzorke (Philips PW1050) kao i na ravnom filmu korišćenjem monohromatskog x-zračenja iz cevi sa Co anodom (Fe filter,  $\lambda_{\text{CoK}\alpha} = 1.7889\text{Å}$ ) u intervalu Braggovog ugla od 8–35°.

Ispitivanje vlakana optičkom mikroskopijom izvršeno je na polarizacionom mikroskopu Carl Zeiss (Jena) sa ciljem utvrđivanja optičke anizotropije i temperature prelaza u optički izotropno stanje korišćenjem dodatne opreme sa visokotemperaturnom ćelijom Metler. Merenja poprečnih dimenzija vlakana izvršeno je pomoću okularnog mikrometra.

Mehaničke karakteristike vlakana određene su na kildalici Zwick 1445–100 u opsegu sile do 0.5 N pri brzini istezanja od 5 cm/min i početnoj dužini uzorka od 5 cm. Od mehaničkih karakteristika merene su sila i prekidno izduženje kao i elastični oporavak istegnutih vlakana. Iz ovih podataka kao i poprečnih dimenzija vlakana izračunati su prekidna jačina i početni modul istezanja.



Slika 2. Šema uređaja za ispredanje vlakana  
Figure 2. Scheme of the spinning device



Slika 3. Viskoznost rastopa PUR i PUR/10%Biopol u zavisnosti od temperature i frekvence

Figure 3. Dependence of the PUR and PUR/10% Biopol melt viscosity with temperature and frequency

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Reološka svojstva polaznih materijala

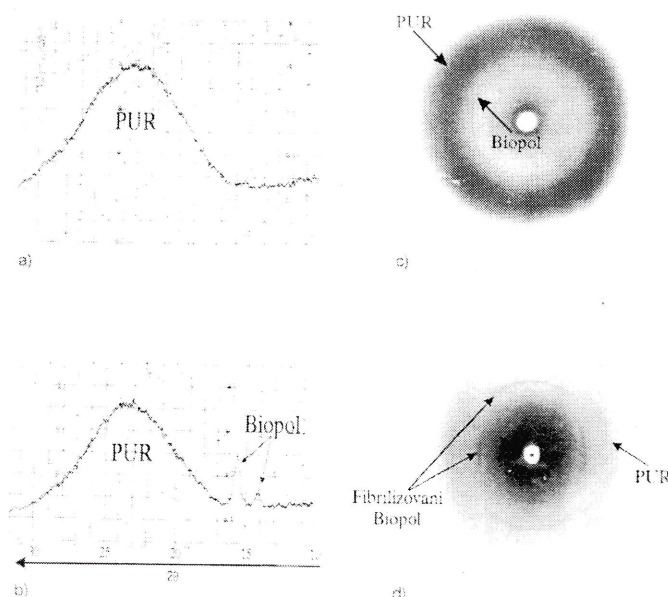
Ispitivani rastopi PUR i njegovih smeša sa Biopolom ponašaju se kao nenjutnovske tečnosti sa viskoznošću od  $10^2$ – $10^6$  Pa · s, pri čemu rastopi smeša PUR/Biopol pokazuju manje vrednosti viskoznosti od rastopa samog poliuretana (slika 3).

Sa slike 3 se vidi se da kompleksna dinamička viskoznoost opada sa porastom frekvencije i temperature što je karakteristično za termoplastične polimere. Na osnovu zavisnosti  $\eta^*$  od temperature, a pri frekvenciji od 1Hz, izračunate su energije aktivacije viskoznog tečenja za PUR i smešu PUR/10%Biopol. Dobijene su sledeće vrednosti:  $E$  (PUR) = 117.4 kJ/mol i  $E$  (PUR /1 0%Biopol) = 114.9 kJ/mol.

### Optičke karakteristike i finoća vlakana

Ispitivanje uzoraka vlakana polarizacionim mikroskopom na sobnoj temperaturi ukazuje na postojanje optičke anizotropije, tj. postojanje dvojnog prelamanja ( $\Delta n$ ) pretežno izraženo u jezgru vlakna. Optička anizotropija vlakana se javlja kao posledica orijentacije molekula amorfne PUR matrice kao i usled orijentacije kristalnih domena Biopola prilikom ispredanja. Stepenn dvojnog prelamanja ispitivanih vlakana procenjen je pomoću interferentnih boja na vrednost oko 0.05, što je uporedivo sa vrednošću  $\Delta n$  kod minerala talka.

Visokotemperaturna optička ispitivanja su izvršena na jednokomponentnim PUR vlaknima i na vlaknima PUR/15% Biopol, sa ciljem određivanja temperaturnog intervala u kome nestaju anizotropna svojstva. Ustanovljeno je da bez obzira na sastav, vlakna postepeno prelaze u optički izotropno stanje u širokom temperaturnom intervalu od 140–160°C. To može biti uslovljeno relativno malom koncentracijom Biopola zbog čega dominantan uticaj na optičku anizotropiju ima molekularna orijentacija

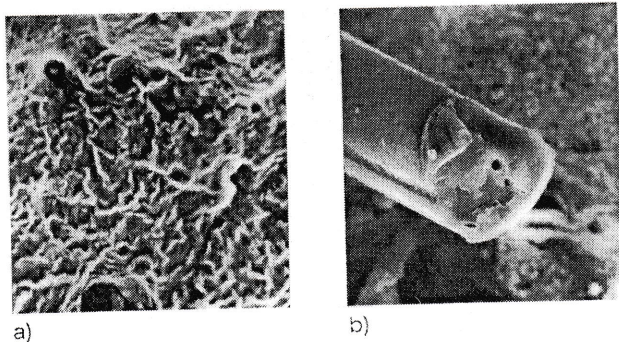


Slika4. Intenzitet difrakcije x-zraka u zavisnosti od Bragovog ugla ( $2\theta^\circ$ ) za (a) smešu pre ispredanja PUE/15%Biopol i (b) za kompozitna vlakna PUE/10%Biopol. Na slikama (c) i (d) prikazana je difrakcija registrovana na ravnom filmu za ove iste uzorke, respektivno

Figure 4. Intensity of X-ray diffraction with Bragg angle ( $2\theta^\circ$ ) for a) the PUR/15% Biopol blend before spinning and b) composite PUR/10% Biopol fibers. Figures c) and d) show X-ray diffraction recorded on a film of the same samples

poliuretana. Sa druge strane, treba naglasiti da se tački topljenja Biopola nalazi oko gornje granice temperaturnog intervala u kome vlakna gube anizotropiju [8].

Izmerena veličina poprečnog preseka vlakna kretala se oko 50  $\mu\text{m}$ . Titar je određen za vlakna sa 10% Biopola tako što je analitičkom vagom merena masa vlakna dužine 6.15 m pri čemu je dobijena vrednost od 0.0036 g. Odavde je izračunata finoća vlakana od oko 6 dtex.

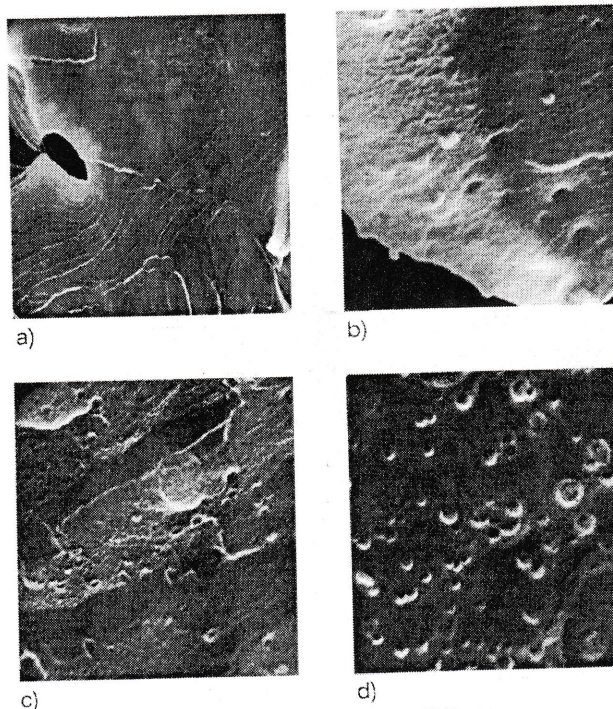


Slika 5. SEM snimci (a) smeše PUR/10%Biopol ( $2 \cdot 10^4$ ) i (b) odgovarajućeg vlakna ( $x600$ ) Figure 5. Electron micrographs of fractured surfaces of a) a PUR/10% Biopol mixture ( $2 \times 10^4$ ) and b) the corresponding fiber ( $x 600$ )

### Rezultati morfoloških ispitivanja

Morfologiju polaznih PUR/Biopol smeša karakteriše otežana mogućnost uočavanja kristalične Biopol komponente pri svim ispitivanim koncentracijama. Tek kod smeše sa najvećom koncentracijom Biopola (15%) bilo je moguće na DSC dijagramu utvrditi slab endotermni maksimum topljenja na oko  $165^\circ\text{C}$ . Isto tako, kod ove polimerne smeše uočljiv je na filmu veoma slab Debaj-Šererovog prsten (slika 4c) koji odgovara difrakciji x-zraka na kristaličnoj Biopol komponenti. Ovaj relativno oštar difrakcioni maksimum je ravnogomernog intenziteta duž celog prstena što se može interpretirati kao posledica prostorne razuređenosti kristalnih područja Biopola. Difraktogram snimljen na istom uzorku pomoću difraktometra za polikristale (slika 4a) ne pokazuje ovaj oštar difrakcioni maksimum Biopola zbog manje osetljivosti ove metode. Na difraktogramu je jedino uočljiv širok difuzni maksimum koji potiče od amorfne PUR matrice. Pri nižim koncentracijama Biopola (5%, 10%), u smeši pre ispredanja se ova komponenta nije mogla registrovati ni jednom od primenjenih metoda. Takođe, ni SEM mikrofotografije dobijene na smešama pre ispredanja nisu omogućavale zapažanje dve odvojene polimerne faze čak ni pri velikim uvećanjima od  $2 \times 10^4$  (slika 5a). Ovo je verovatno posledica dobre mešljivosti Biopola u PUR matrici što sprečava nastanak krupnijih kristalnih domena Biopola [6] a samim tim i njegovo izdvajanje u smeši sa jasno izraženom graničnom površinom.

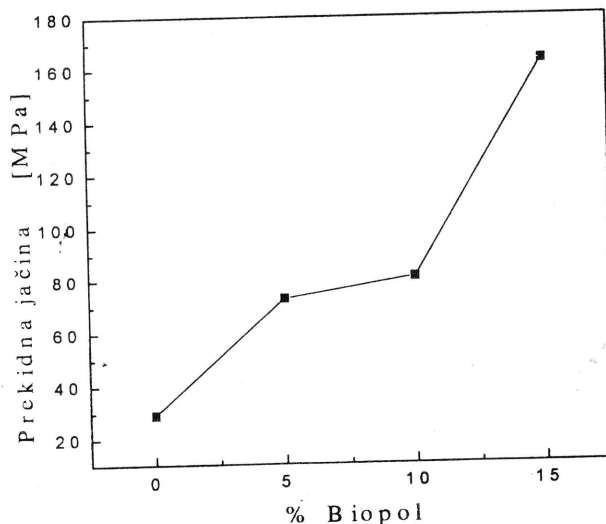
Međutim, ispitivanja morfoloških karakteristika kompozitnih vlakana WAXS i SEM metodama pokazala su znatno bolju mogućnost uočavanja kristalične komponente u vlaknima za razliku od smeša pre ispredanja. Tako su na slikama 4b i 4d jasno uočljivi difrakcioni maksimumi Biopola u kompozitnim vlaknima pri koncentraciji od 10% Biopola (kao i pri 5%). Osim toga, difrakciona slika dobijena na ravnom filmu ukazuje na fibrilizaciju Biopola u vlaknima jer Debaj-Šererovi prsteni nisu više homogeni već su isprekidani što je posledica orijentacije kristalnih domena Biopola uzduž pravca ispredanja. Pojava jasnih difrakcionih maksimuma i pri nižim koncentracijama Biopola u kompozitnim vlaknima ukazuje na



Slika 6. Mikrofotografije PUR/Biopol vlakana (uveličanje  $10^4x$ ): a. PUR b. PUR/5%Biopol c. PUR(10%Biopol i d. PUR/15%Biopol vlakna

činjenicu da su uslovi za kristalizaciju Biopola znatno povoljniji prilikom ispredanja vlakana u odnosu na uslove kristalizacije prilikom dobijanja smeše pre ispredanja.

Na SEM mikrofotografijama krstog prekida vlakna dobijenog od čistog PUR (slika 6a) zapaža se homogena površina sa karakterističnim školjkastim linijama staklastog preloma. Kod kompozitnih vlakana na prekidnoj površini mogu se zapažati krajevi mikrofibrila Biopola koji štrče



Slika 7.

Slika 7. Zavisnost prekidne jačine u funkciji koncentracije BIOPOL-a Figure 7. The dependence of stress at break on the Biopol concentration

iz PUR matrice (slika 6 b, c, d). Poprečne dimenzije mikrofibrila kreću se od 0.6–0.8  $\mu\text{m}$  što je za oko dva reda veličine manje od poprečnih dimenzija kompozitnih vlakana. Sa SEM snimaka je uočljivo da PUR matrica dobro "kvasi" Biopol mikrofibrile, tj. da postoji dobra površinska athezija između dva polimera u kompozitu, što je u skladu sa ranijim zapažanjima [11].

### Rezultati mehaničkih merenja

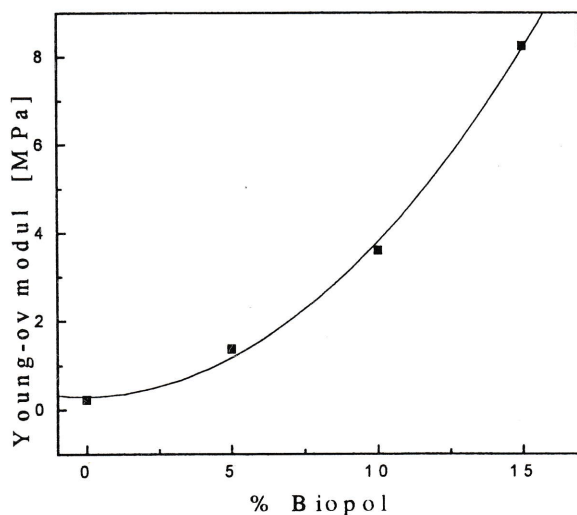
Na slici 7 su prikazani rezultati dobijeni merenjem prekidne jačine kod PUR/Biopol vlakana u funkciji koncentracije Biopola. Sa povećanjem koncentracije Biopola raste prekidna jačina kao i Young-ov modul (slika 8)

Sa druge strane prekidno izduženje i elastični oporavak opadaju sa porastom koncentracije Biopola u vlaknima (slike 9 i 10). Rezultati mehaničkih ispitivanja pokazuju značajan porast jačine bikomponentnih PUR/Biopol vlakana već pri 5% udela kristalne komponente.

Istovremeno, pri ovim koncentracijama prekidno izduženje i elastični oporavak su još uvek na nivou 50–60% vrednosti koja se dobija za vlakna od čistog PUR. Young-ov modul pri nižim koncentracijama Biopola blago raste usled čega se značajnije ne povećava krutost vlakana.

### ZAKLJUČAK

U radu je pokazana mogućnost dobijanja bikomponentnih samoojačavajućih vlakana na bazi PUR elastomera gde se kao ojačavajuća komponenta pojavljuje kristalični Biopol, statistički kopolimer bakterijskog porekla. Upotrebljene polimerne komponente ispoljavaju dobru mešljivost čime se postiže zadovoljavajuća kompatibilnost što je osnovni preduslov za postizanje efekta ojačavanja jednog polimera drugim. Rezultati ren-

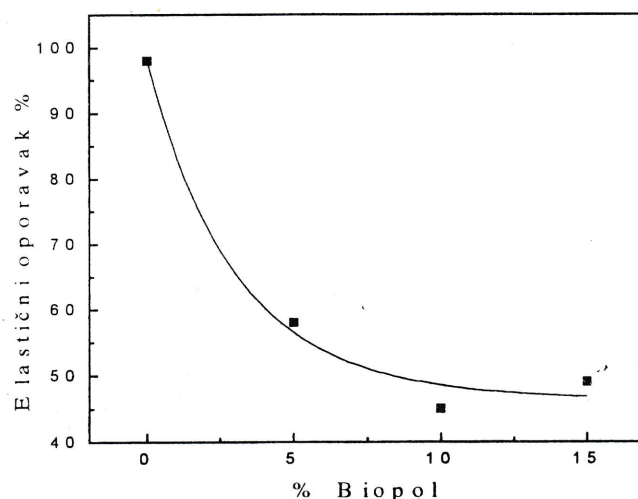


Slika 8.

Slika 8. Zavisnost Young-ovog modula od koncentracije BIOPOL-a  
Figure 8. The dependence of Young's modulus on the biopol concentration

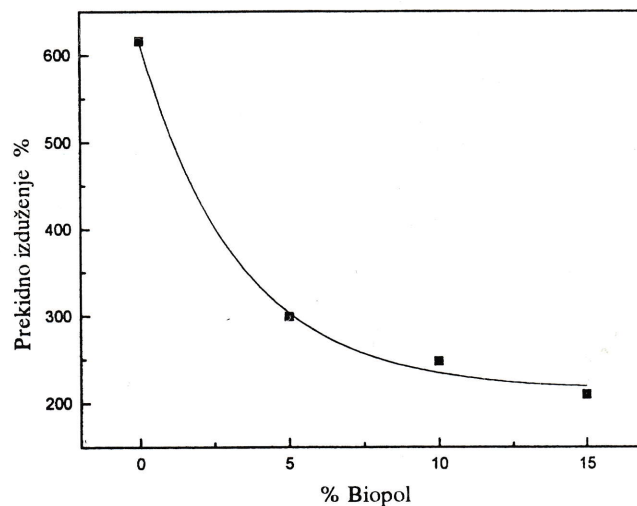
tgenske difrakcije i SEM mikroskopije ukazuju na pojavu mikrofibrilizacije Biopol komponente u elastomernoj matrici. *In situ* formirane mikrofibrile kristaličnog polimera imaju poprečne dimenzije oko 0.7  $\mu\text{m}$ , dok su odgovarajuće dimenzije vlakana za dva reda veličine iznad ove vrednosti. Zapaža se povećanje kristaličnosti Biopola prilikom procesiranja smeše u vlakna u odnosu na kristaličnost Biopola u smeši pre ispredanja.

Zahvaljujući ovakvoj morfologiji dobijena kompozitna vlakna već sa 5% Biopola ispoljavaju značajno povećanje prekidne jačine uz relativno manji pad elastičnih svojstava u odnosu na jednokomponentna PUR vlakna. Yungov modul se pri tome sporije povećava što doprinosi očuvanju "mekoće" vlakana.



Slika 9.

Slika 9. Zavisnost elastičnog oporavka od koncentracije BIOPOL-a  
Figure 9. The dependence of elastic recovery on the Biopol concentration



Slika 10.

Slika 10. Zavisnost prekidnog izduženja od koncentracije BIOPOL-a  
Figure 10. The dependence of elongation at break on the Biopol concentration

Pri većim koncentracijama ojačavajuće komponente, uz još uvek zadovoljavajuća elastična svojstva, ostvaruje se povećanje prekidne jačine kompozitnih vlakana za približno ceo red veličine u odnosu na čista PUR vlakna.

#### LITERATURA

- [1] G.V. Vinogradov, B.V. Yarlykov, M.V. Tsebrenko, A.V. Yudin and T.I. Ablazova: *Polymer* **16** (1975) 609
- [2] N.B. Chin and C.D. Han: *J. Rheol.* **23** (1979) 557
- [3] G. Crevecoeur, G. Groeninckx, *J. Appl. Polym. Sci.* **49** (1993) 839
- [4] Zoran S. Petrović, Richard J. Farris: *Polym. Adv. Technol.* **6** (1995) 91
- [5] Zoran S. Petrović, Shane Milledge, Ivan Javni, Vladimir Divjaković: ANTEC '97, Toronto 3479, (1997)
- [6] V. Divjaković, Ž. Škrbić, E. Dingova, Z. Petrović: Zbornik radova "YU-polimeri", Jagodina 37, (1998)
- [7] P.A. Holmes: u *Developments in Crystalline Polymers-2*, ed. D.C. Bassett, Elsevier, Oxford, 1988
- [8] Ž. Škrbić, V. Divjaković, Z.S. Petrović: *Polymer*, **38** No.5 (1997)
- [9] G. I. Taylor, *Proc. R. Soc. A*, **146** 501 (1934)
- [10] C.D. Han: *Multiphase Flow in Polymer Processing*, Academic Press, New York, 1981
- [11] V. Divjaković, M. Kostić, P. Škundrić, A. Zlatanić, A. Medović: Zbornik radova "YU-polimeri", Jagodina 42, (1998)

#### SUMMARY

##### PREPARATION AND PROPERTIES OF SELF-REINFORCING COMPOSITE ELASTOMERIC FIBERS

(Scientific paper)

Vladimir Divjaković<sup>1</sup>, Petar Škundrić<sup>2</sup>, Željko Škrbić<sup>1</sup>, Mirjana Kostić<sup>2</sup>, Siniša Popović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of natural sciences and mathematics, Novi Sad,

<sup>2</sup>Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, Yugoslavia

The in situ preparation of reinforced composite fibers from a blend of two partially miscible polymers is based on the microfibrillation of one polymer component within the other one during fiber spinning. The subject of this study was the system polyurethane-elastomer with Biopol as the reinforcing component. Both polymers are characterized by similar processing temperatures and good compatibility. Bicomponent elastomeric fibers (with 5%, 10% and 15% Biopol) were obtained by spinning from the melt. Study of the morphological characteristics of the initial blends and fibers indicated that dispersed Biopol component turns into microfibril form during fiber processing. Composite fibers obtained in this way show a significant increase of stress at break even for lowest Biopol concentrations, with respect to pure polyurethane-elastomer fibers. Young's modulus shows no significant increase for lower Biopol concentrations, which results in preserving the softness of the composite fibres.

Key words: Composite • Elastomeric fibers • Reinforced composite • Polyurethane.

Ključne reči: Kompoziti • elastomerna vlakna • samoojačavajući kompoziti • poliuretani.