

## Upotreba paralelne zračne struje kod izrade ljepljivog netkanog tekstila ispredanjem iz taline

**Xiaomei Wang**, Ph.D.

Wuyi University, Textile and Apparel Department

Jiangmen, P.R. China

e-mail: wangxiaomei@mail.dhu.edu.cn

Prispjelo 02.01.2007.

UDK 677.017:677.026.425

Stručni rad\*

*Dodatna zračna struja paralelna s glavnom strujom zraka za povlačenje korištena je u procesu ispredanja iz taline za proizvodnju ljepljivog netkanog tekstila iz polimera niskog tališta (kopoliamida). Ustanovljeno je da je kvaliteta tako oblikovanog netkanog tekstila bolja, manje odstupanje promjera vlakna od prosječnog, jednoličnija razdioba pora jednoličnih veličina i oblika. U radu se raspravlja o četiri glavna parametra u procesu ispredanja iz taline: brzini glavne struje zraka za povlačenje, brzini paralele struje zraka, brzini ispredanja polimerne taline i razmaku između uređaja za ekstrudiranje i kolektora koji utječu na prosječni promjer vlakana i razdiobu promjera vlakana u netkanom tekstilu.*

**Ključne riječi:** ispredanje iz taline, paralelna zračna struja, ljepljivi netkani tekstil, razdioba promjera vlakana

### 1. Uvod

Proces ispredanja iz taline se upotrebljava kao jednofazna tehnologija za izradu netkanog tekstila od mikrovlakana, koja se počela primjenjivati 1950-ih godina [1]. Netkani tekstil dobiven ispredanjem iz taline prikladan je za medicinske materijale, tkanine za apsorpciju prolivenog ulja, za filtraciju itd. Karakteristične polimerne smole koje se koriste za tu svrhu su PP, PE, PET, PA i PC. Nedavno su **M. Dever** i sur. [2], **D.H. Muller** i **A. Krobjilowski** [3] proučavali neke specijalne polimere kao što su polivinilalkohol, polilaktid, poliesteramid, celulozni diacetat i polikaprolakton/termoplastični škrob za proces ispredanja iz taline.

U ovom je radu upotrijebljen kopoliamidni polimer za izradu ljepljivog netkanog tekstila ispreda-

njem iz taline, koji se može koristiti na različitim područjima, uključujući taljivu međupodstavu za odjeću, specijalno sredstvo za vezivanje filtracijskog materijala, higijenske proizvode i druga sredstva za vezivanje u proizvodnji laminata. Takav ljepljivi netkani tekstil karakterističan je po tome što ne utječe na promjenu originalnog opipa dvaju materijala koji se povezuju, a ne mijenja ni tzv. svojstva disanja tih materijala.

Kod uobičajene opreme za ispredanje iz taline prilično mala brzina hlađenja taljenog kopoliamida utječe na to da vlakna nisu potpuno skrućena prije dolaska na površinu kolektora. Takva poluskrućena vlakna često se zalijepe za susjedna vlakna uslijed vibracija i njihove velike adhezivnosti. Netkani tekstil tako dobiven ima neugledan izgled i malu upotrebnu vrijednost. Ovaj nedostatak je potaknuo na istraživanje s ciljem dobivanja netkanog tekstila više kvalitete, primjenom dodatne paralelne zračne struje.

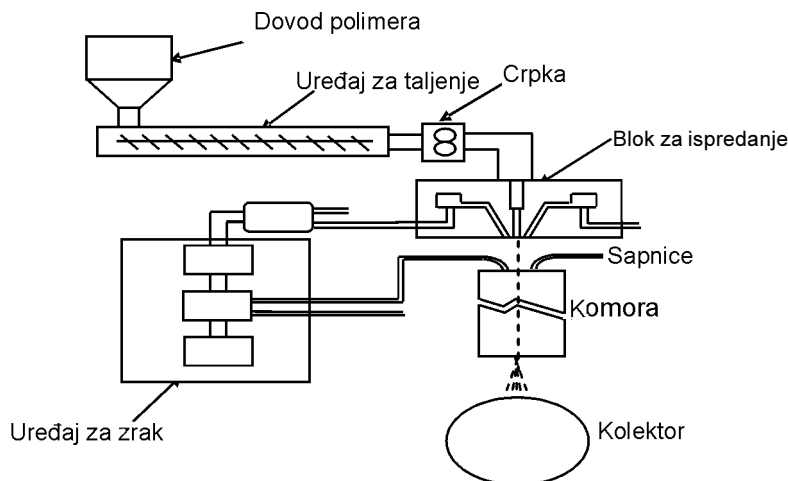
### 2. Eksperimentalni dio

#### 2.1. Oprema za ispredanje iz taline i polimerni materijali

U ovom radu je upotrijebljena pilot linija za ispredanje iz taline s više rupica i s uređajem za dodatnu paralelnu zračnu struju u Centru za istraživanje i razvoj netkanog tekstila, Donghua sveučilište. Uređaj za ekstrudiranje bio je vertikalno usmjeren kako bi se olakšalo prikupljanje vlakana na bubanj uzduž razmaka od ekstrudera do kolektora (DCD- die-to-collector distance). Shematski prikaz opreme dat je na sl.1. Rasporene sapnice prikazane na sl.1 djeluju tako da stvaraju zračnu struju paralelno s glavnom strujom zraka, a komora se koristi kao prolaz za paralelnu zračnu struju.

Kopoliamid korišten kao polimerni materijal dobiven je od francuske tvrtke Atofina Chemical u obliku granula. Područje taljenja ove smole je od 110 do 125 °C, a brzina strujanja volumena taline bila je 30 cm<sup>3</sup>/10 min na 160 °C (ISO1133). Ova vrsta kopoliamidnog ljepila

\*Izlaganje na 3. INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING & DESIGN CONFERENCE – Magic World of Textiles, 8. - 11. listopada 2006., Dubrovnik, Hrvatska



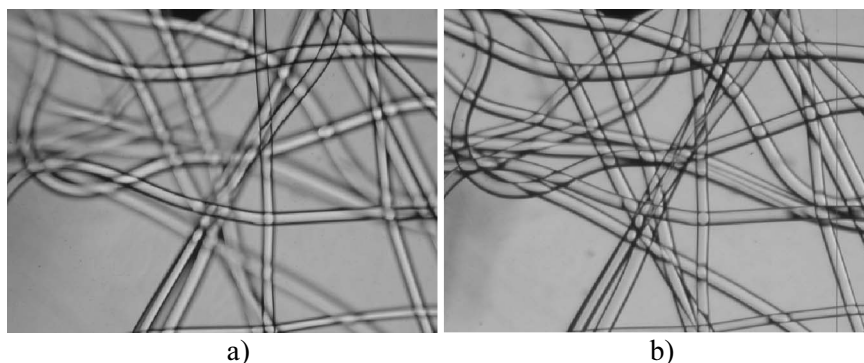
Sl.1 Shematski prikaz postrojenja za ispredanje vlakana iz taline

imala je izvrsnu otpornost na pranje i srednju otpornost na paru.

## 2.2. Eksperimentalni dio

Granule polimerna se prije ispredanja suše u vakuumskom sušioniku 12 h na oko 85 °C. Za novi polimer značajno je odgovarajuće podesiti temperaturu u procesu ispredanja iz taline. Zbog toga su provedeni pokusi za određivanje prikladne temperature, uključujući tri temperature zone spiralnog grijača za taljenje, temperaturu stijenki komore za taljenje, temperaturu uređaja za ekstrudiranje (bloka za ispredanje), temperaturu zraka za skrutnjivanje vlakana (nazvan i primarni zrak). Temperature spiralnog grijača za taljenje su posebno razmatrane zbog činjenice da preniska temperatura grijača uzrokuje premalu viskoznost taline i čime se dobiva velik otpor okretanju spiral-

nog grijača, što uzrokuje njegovo brže trošenje ili čak prijelom. Također, previsoka temperatura može uzrokovati razgradnju polimera, pougljenjenje i začepljenje mlaznica. Velikim brojem pokusa dobiveni su parametri optimalne temperature. Temperature zona spiralnog grijača od ulaza materijala do bloka za ispredanje bile su redom: 133, 290, 327 °C; stijenke 260 °C; bloka za ispredanje 170 °C i temperatura zraka u uređaju za ispredanje 292 °C. Temperatura paralelne struje zraka podešena je na uvjete okoline za sve eksperimente. Zatim su provedeni eksperimenti uz promjenu drugih procesnih promjenljivih veličina, kao što su brzina prolaza proizvoda, DCD razmaka (razmak između uređaja za ekstrudiranje i kolektora), tlak primarnog zraka i tlak paralelne zračne struje.



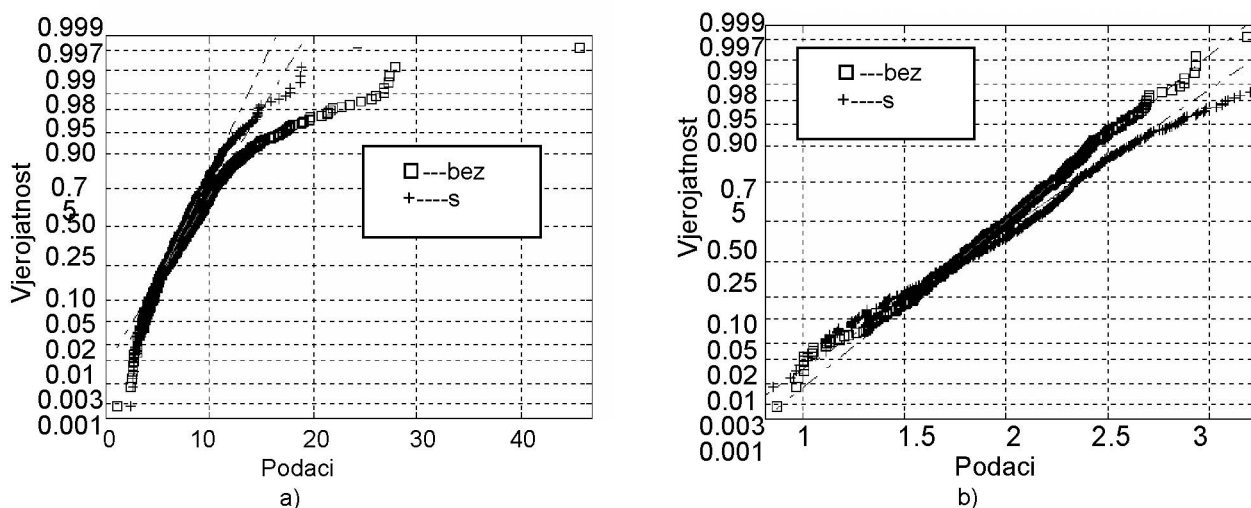
Sl.2 Mikroskopske snimke uzoraka načinjene: a) uobičajenom tehnikom, b) modificiranom tehnikom

Uzorci svakog netkanog tekstila dobivenog ispredanjem iz taline snimljeni su optičkim mikroskopom Motic B5 koji je spojen na digitalnu kameru Nikon COOPLIX 995. Izmjeren je promjer vlakna i pora u dobivenom netkanom tekstilu pomoću programa za obradu slika Motic Images. Kod izrade slika debljina uzoraka je bila često veća nego dubina fokusa mikroskopa kod velikog povećanja objektivna, pa tako vlakna u različitim dubinama uzoraka ne mogu biti istodobno u fokusu, što uzrokuje nejasnu mikroskopsku sliku koja je neprikladna za daljnju obradu podataka. Da bi se dobila jasna i vrlo uvećana mikroskopska slika uzoraka radi točnog mjerenja, odabrano je malo povećanje objektivna od 10x, a kamera je podešena na digitalni način rada. Na sl.2a i b prikazane su mikroskopske slike načinjene normalnim odn. modificiranim tehnikama snimanja. Vidi se da je slika uzorka nekanog tekstila na sl.2b znatno jasnija nego na sl.2a. Osim toga, uzorci su prethodno zasićeni glicerolom kako bi se povećao stupanj svjetline radi daljnjeg poboljšanja kvalitete slike.

## 3. Rezultati i rasprava

### 3.1. Usporedba netkanog tekstila oblikovanih s paralelnom strujom zraka i bez paralelne struje zraka

Objektivna usporedba između ovih dviju vrsta netkanih tekstila izrađenih ispredanjem iz taline može se provesti analizom finoće, odnosno promjera vlakana i strukture pora u netkanom tekstilu. Za oba ispitivana uzorka izmjereno je 530 pojedinačnih vlakana i 530 pora. Relativno velik broj mjerenja omogućuje točniji proračun promjera vlakna kao i karakteristike pora. Na sl.3a i 3b prikazani su dijagrami normalne vjerojatnosti odn. logaritmi normalne vjerojatnosti za uzorke dobivene ispredanjem iz taline s paralelnom zračnom strujom i bez paralelne zračne struje. Svrha dijagrama normalne vjerojatnosti je



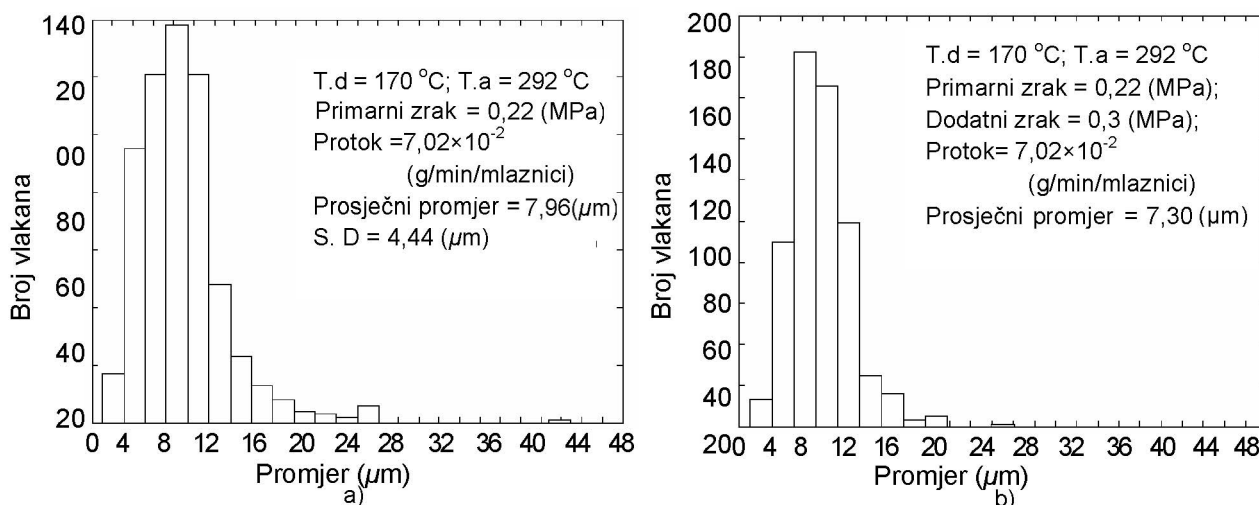
Sl.3 Dijagrami vjerojatnosti promjera vlakana za uzorke dobivene ispredanjem iz taline s paralelnom zračnom strujom i bez paralelne zračne struje: a) normalni model, b) log-normalni model

da ocijeni jesu li podaci mogli doći iz normalne razdiobe. Ako su podaci normalni, dijagram će biti linearan; inače dijagram ima izgled krivulja. Iz sl.3 je vidljivo da su podaci promjera vlakna slijedili log-normalnu razdiobu, a ne normalnu razdiobu. Zato se promjer vlakana nije mogao točno ocijeniti izračunom aritmetičke sredine, zbog čega je u ovom radu promjer određen mjerenjem geometrijske sredine. Na sl.4 je tipičan histogram promjera vlakna za dva ispitivana uzorka netkanog tekstila. Trebalo bi naglasiti da je bilo vrlo finih vlakana

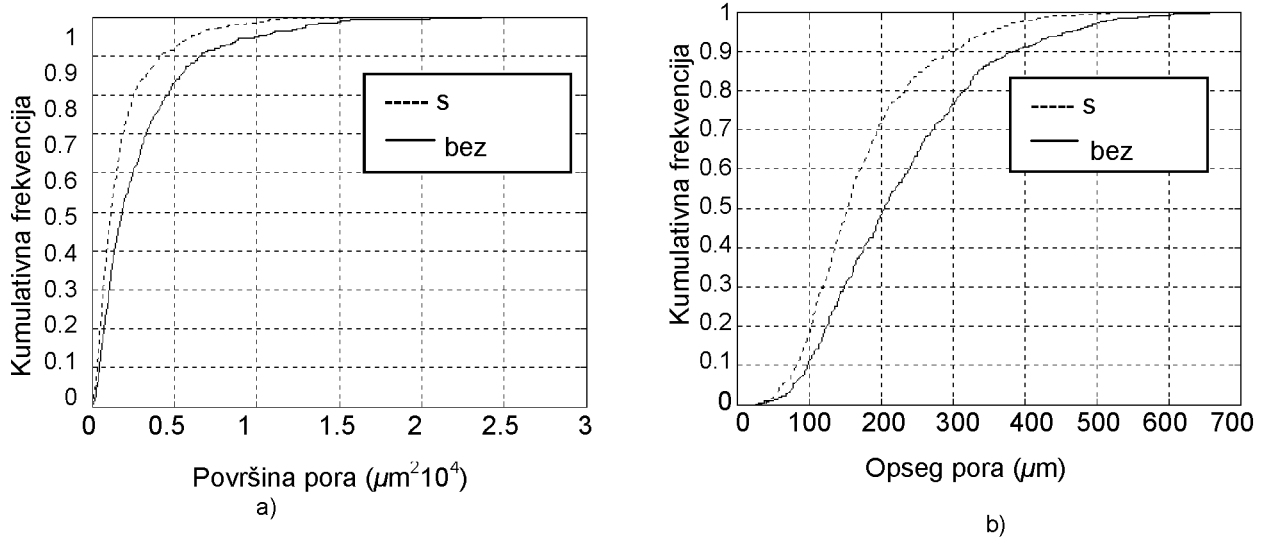
na ispod 1  $\mu\text{m}$  u uzorku netkanog tekstila oblikovanog bez dodatne struje zraka, koja se nisu mogla izmjeriti. Prema sl.4 vidljivo je da uzorak netkanog tekstila oblikovan s paralelnom strujom zraka ima manji promjer vlakana prema geometrijskoj srednjoj vrijednosti, te užu razdiobu promjera vlakana.

Indeksi za opis strukture pora netkanog tekstila uključuju površinu, opseg, zaobljenost i omjer slike površine pore i površine kruga čiji opseg je jednak opsegu pore, a omjer slike pore se definira kao

omjer širine i dužine ekvivalentnog pravokutnika (pravokutnik čija površina i opseg su jednaki onima pore). Što su veće vrijednosti ovih dvaju indeksa to je veći stupanj jednoličnosti pore. Na sl.5 su prikazani kumulativni dijagrami razdiobe učestalosti površine i opsega pora koji daju informaciju o varijaciji. Prema usporedbi očito je da pore u uzorku netkanog tekstila oblikovanog uz dodatnu struju zraka imaju jednoličniju razdiobu. Na sl.6a prikazana je razdioba učestalosti proračuna zaobljenosti pora za oba uzorka, a na sl. 6b omjer slike pore.



Sl.4 Histogrami promjera vlakna: a) uzorka netkanog tekstila bez dodatne zračne struje, b) s dodatnom zračnom strujom



Sl.5 Kumulativna razdioba frekvencija u uzorcima izrađenim s dodatnom strujom zraka i bez nje: a) površine pora, b) opseg pora

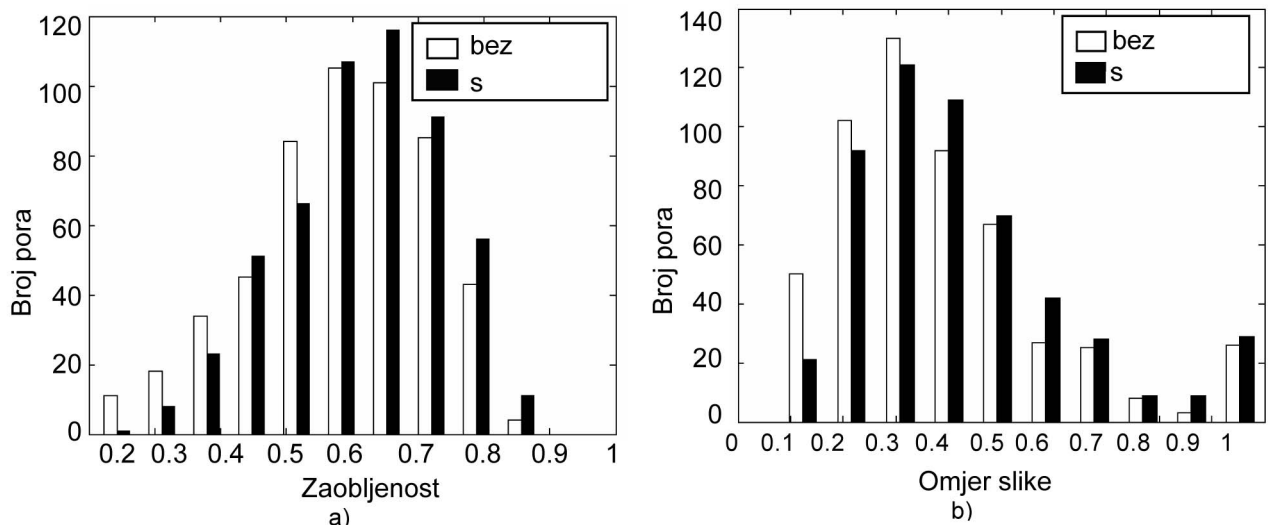
Vidljivo je da je za manju vrijednost indeksa veći broj pora u uzorku oblikovanom bez dodatne struje zraka, dok je za veće vrijednosti indeksa veći broj pora u uzorku oblikovanom s dodatnom strujom zraka, sl.6a i 6b. To dokazuje da su pore u netkanom tekstilu oblikovanom s dodatnom strujom zraka znatno pravilnije. Iz usporedbe finoće vlakna odn. strukture pora između uzoraka proizvedenih s dodatnom paralelnom strujom zraka i bez nje, može se zaključiti da je paralelna struja zraka korisna za poboljšanje kvalitete netkanog tekstila.

### 3.2. Utjecaj parametara procesa na promjer vlakna

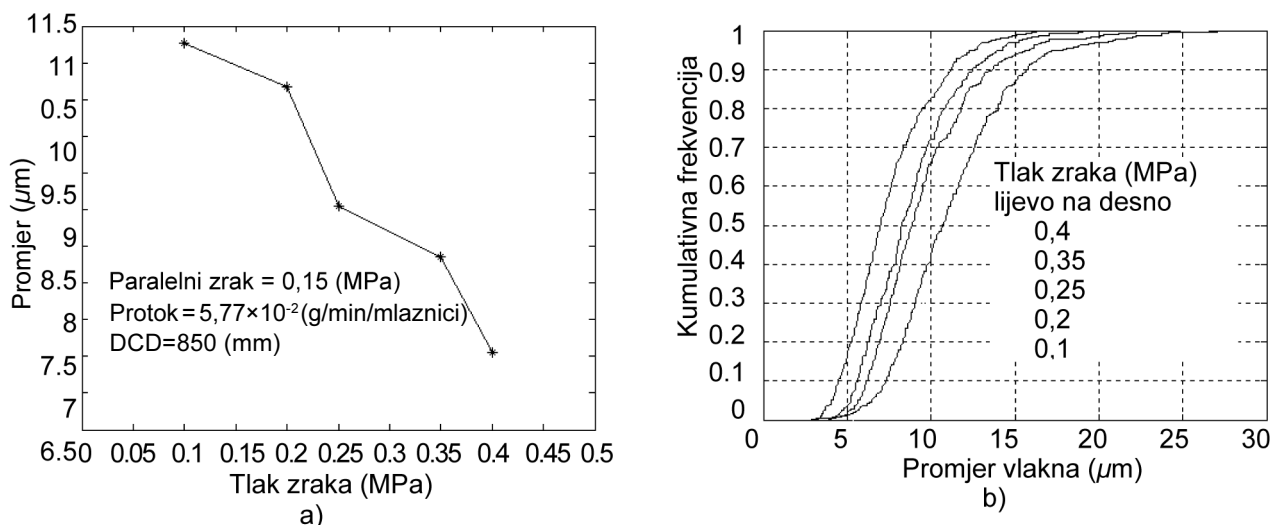
Poznato je da finoća vlakana znatno utječe na kvalitetu proizvoda. Zbog toga, sljedeća razmišljanja su usredotočena na izradu netkanog tekstila s paralelnom strujom zraka s naglaskom na utjecaj parametara procesa na finoću, odnosno promjer vlakana. Kod svih eksperimenata temperature su bile podešene kao što je prethodno navedeno; na svim uzorcima netkanog tekstila provedeno je 370 pojedinačnih mjerenja vlakana, te su izračunati geometrijski prosječni promjeri vlakana.

#### 3.2.1. Utjecaj brzine ispredanja polimera

Na sl.7a i 7b prikazana je razdioba promjera prikazana kao kumulativna učestalost. Brzina ispredanja taline polimera određena je vaganjem prikupljenih vlakana koja su ispredena iz bloka za ispredanje tijekom poznatog vremena. Iz sl.8 se uočava da se promjer vlakana povećava linearno s povećanjem brzine prolaza, što se ispituje u ovom radu, a slično eksperimentalnim rezultatima i teoretski izračunatim rezultatima s uobičajenim polimerom koji se koristi kao sirovina [6-11]. Na sl.7b uočava se da se šire razdiobe



Sl.6 Razdioba frekvencija uzorcima izrađenim s dodatnom strujom zraka i bez nje: a) zaobljenost pora, b) omjer slike pora



Sl.7 Utjecaj tlaka primarne struje zraka na razdiobu promjera vlakana: a) promjeri vlakana kod različitih tlakova struje zraka, b) kumulativna frekvencija kod različitih tlakova struje zraka

promjera vlakna događaju kod povećane brzine ispređanja što upućuje na znatnije odstupanje.

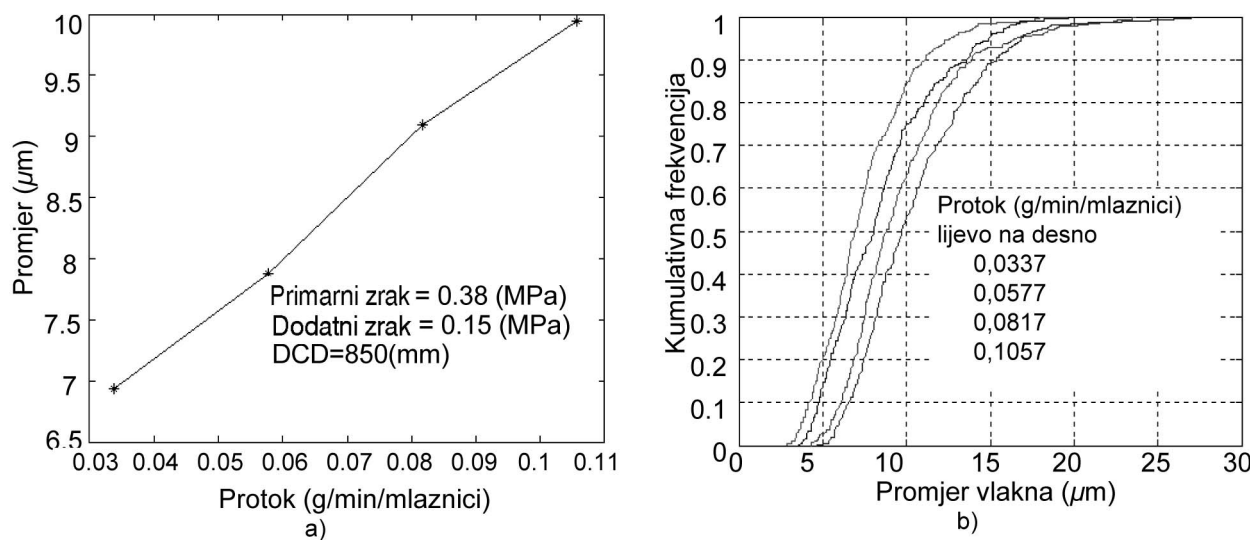
### 3.2.2. Utjecaj tlaka primarnog zraka

Na sl.7a prikazano je kako se promjeri vlakna mijenjaju kod promjene tlaka primarnog zraka od 0,1 do 0,4 MPa, dok sl.9b prikazuje odgovarajuće kumulativne učestalosti. Jasno je prema sl.7a da povećanje tlaka zraka mnogo smanjuje promjer vlakna u promatranom području tlaka zraka. Ove

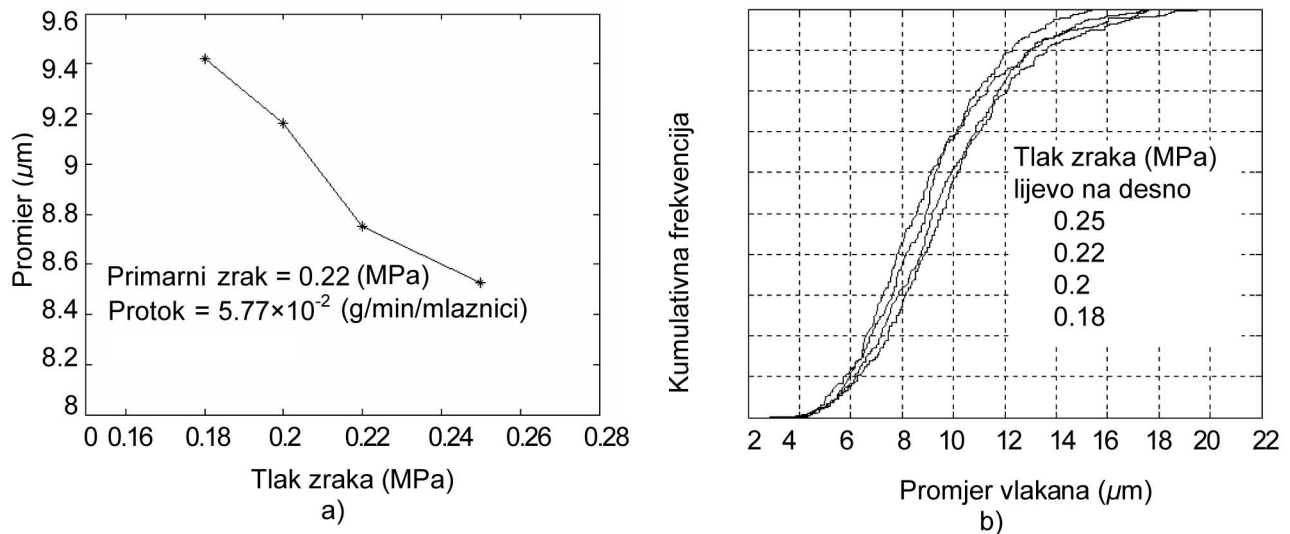
promjene promjera vlakana uslijed različitog tlaka zraka su u skladu s radom drugih istraživača uz upotrebu karakteristične sirovine na uobičajenom postrojenju za ispređanje iz taline [6-11]. Osnovni razlog je taj da se razlika između brzine struje zraka i brzine filameta mora povećati, premda se obje brzine povećavaju kod tlaka primarnog zraka što rezultira u većoj sili istezanja vlakana i uzrokuje stvaranje finijih vlakana. Dijagrami učestalosti pokazuju da se nejednoličnost promjera vlakana smanjuje s povećanjem tlaka.

### 3.2.3. Utjecaj tlaka paralelne struje zraka

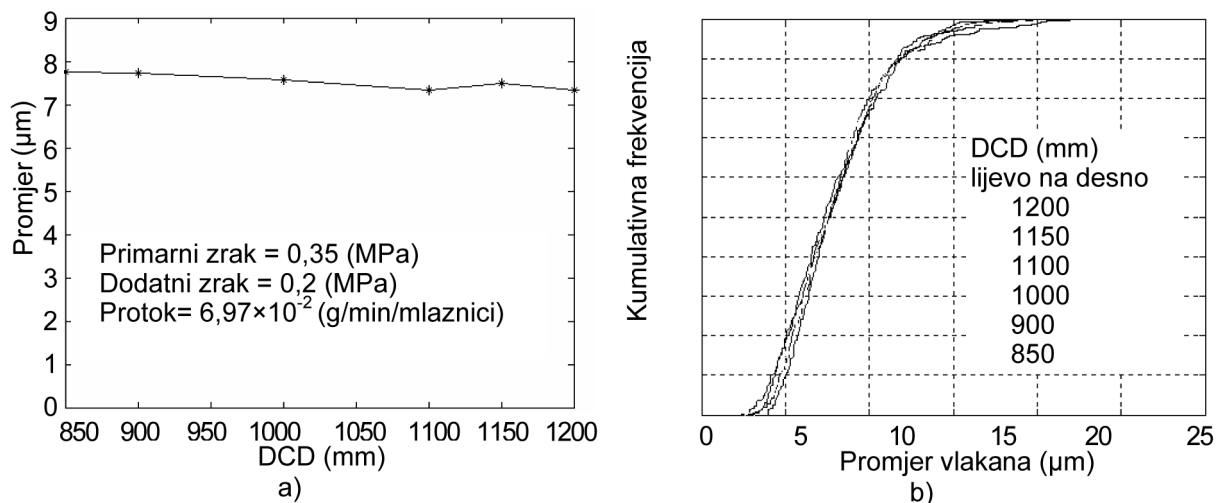
Na sl.9 prikazan je utjecaj tlaka dodatne struje zraka na promjer vlakna i kumulativnu učestalost. Tlak dodatnog zraka bio je podešen na 0,18, 0,2, 0,22 i 0,25 MPa za svaki eksperiment. Iz dijagrama na sl.9 uočava se da se povećanjem tlaka paralelne struje zraka uz povećanje brzine zračne struje, smanjuje promjer vlakna. Dodatna paralelna struja zraka također stanjuje vlakno, slično kao glavna struja zraka.



Sl.8 Utjecaj brzine protoka polimera za ispređanje na promjer vlakana: a) promjer kod različitih protoka, b) kumulativna frekvencija kod različitih protoka



Sl.9 Utjecaj tlaka paralelne struje zraka na promjer vlakana: a) promjer kod različitih tlakova, b) kumulativna frekvencija



Sl.10 Utjecaj razmaka od ekstrudera do kolektora (DCD) na promjer vlakana: a) promjer vlakana, b) kumulativna frekvencija promjera vlakana

Paralelna struja zraka pospješuje brže hlađenje vlakana zbog povećanja volumena nezagrijanog zraka uz primarnu zračnu struju. Pospješuje se skrutnjivanje, zbog čega vlakna nisu ljepljiva. S druge strane, komora za dodatnu struju zraka osigurava zaštitu zraka od smetnji vanjskog zraka, što rezultira u manjoj tendenciji sljepljivanja filamenta i značajnom poboljšanju kvalitete netkanog tekstila.

#### 3.2.4. Utjecaj razmaka od uređaja za ekstrudiranje i kolektora

Na sl.10 prikazan je dijagram odnosa prosječnog promjera vlakna u odnosu na razmak između uređaja za ekstrudiranje i kolektora, koji se kreće od 850 do 1200 mm. Veliki razmak između uređaja za ekstrudiranje i kolektora upotrijebljen je u ovom radu za produljenje vremena puta vlakna tako da se vlakno dovoljno skrutni kada se nađe na površini bubnja. Iz sl.10a može se

uočiti da razmak između uređaja za ekstrudiranje i kolektora upotrijebljen u ovim ispitivanjima nema znatan utjecaj na promjer vlakna. Y.K. Lee i sur. [7] objavili su slično razmišljanje pri čemu je područje razmaka između uređaja za ekstrudiranje i kolektora bilo od 0,16 do 0,61 m. Također se i u radu Velua i sur. [11] pokazuje da razmak između uređaja za ekstrudiranje i kolektora nije mnogo utjecao na promjer vlakna kada prelazi neko područje. Na sl. 10b prikazana je

kumulativna učestalost razdiobe i nema očite razlike među dijagramima. Iz svih gornjih analiza može se zaključiti da je jednoličnost promjera vlakna direktno povezana s finoćom vlakna, tj. što je finija geometrijska srednja vrijednost promjera vlakna, to će vlakno biti jednoličnije.

#### 4. Zaključak

Kopoliamidni polimer niskog tališta može se upotrijebiti za izradu ljepljivog materijal sličnog tkanini dobivenog ispredanjem iz taline uz uvođenje paralelne struje zraka. Tako dobiveni netkani tekstil ima pore jednoličnije veličine, pravilnijeg oblika, te finija vlakna, odnosno vlakna jednoličnije razdiobe promjera. Promjeri vlakana u proizvedenim uzorcima netkanog tekstila slijede log-normalnu razdiobu, zbog čega se prosječni promjer vlakana određuje geometrijskom, a ne aritmetičkom sredinom.

Prosječni promjer vlakana se smanjuje s povećanjem tlaka primarne struje zraka i tlaka dodatne paralelne struje zraka i smanjenjem brzine ispredanja polimerne taline.

Razmaci između uređaja za ekstrudiranje i kolektora u području ispitivanja od 850 do 1200 mm nemaju očit utjecaj na prosječni promjer vlakana.

Razdioba promjera vlakna direktno je povezana s finoćom vlakna.

(Preveo M. Horvatić)

#### Literatura:

- [1] Shambaugh R.L.; *Ind. and Eng. Chemistry Research* **27** (1988) 12, 2363-2372, ISSN 0888-5885
- [2] Dever M. et al; *INDA J. of Nonwovens Research*, **5** (1993) 2, 27-33, ISSN NONE-0593
- [3] Muller D.H., A. Krobjilowski; *Int. Nonwovens Journal* **10** (2001) 1, 11-17, ISSN 1527-2494

- [4] Milligan M.W. et al; *Journal of Applied Polymer Science* **44** (1992) 2, 279-288, ISSN 0021-8995
- [5] Milligan M.W. et al; *INDA Journal of Nonwovens Research* **5** (1993) 3, 8-12, ISSN NONE-0593
- [6] Bansal V., R.L. Shambaugh; *Ind. and Eng. Chemistry Research* **37** (1998) 5, 1799-1806, ISSN 0888-5885
- [7] Lee Y., L.C. Wadsworth; *Polymer Engineering and Science* **30** (1990) 22, 1413-1419, ISSN 0032-3888
- [8] Haynes B., M. Milligan; *INDA Journal of Nonwovens Research*, **3** (1991) 4, 20-25, ISSN NONE-0593
- [9] Chen T., X. Huang; *Journal of China Textile University* **17** (2000) 4, 1-4, ISSN 1000-1476
- [10] Chen T., X. Huang; *Textile Research Journal*, **73** (2003) 7, 651-654, ISSN 0040-5175
- [11] Velu Y.K. et al; *Textile Research Journal* **73** (2003) 11, 971-979, ISSN 0040-5175

## SUMMARY

### Use of Parallel Airflow in Producing Adhesive Meltblown Web

*X. Wang*

The accessory airflow parallel to the main drag air was used in the melt blowing process to produce adhesive web, with a low-melting-point polymer (copolyamide) as raw material. It was found that the thus formed web quality was improved, exhibiting narrower fiber diameter and pore size distribution, and more regular pore shape. With the parallel airflow existing, four main melt-blowing parameters including the main drag air velocity, the parallel velocity, the polymer melt output rate and the die-to-collector distance are discussed in terms of their influence on mean fiber diameter and fiber diameter distribution.

**Key words:** melt blowing, parallel airflow, adhesive web, fiber diameter distribution

*Wuyi University, Textile and Apparel Department*

*Jiangmen, P.R. China*

*e-mail: wangxiaomei@mail.dhu.edu.cn*

*Received January 2, 2007*

### Gebrauch des parallelen Luftstroms in der Herstellung des klebenden Meltblown-Vlieses

Der zusätzliche Luftstrom, der zu der Hauptschleppluft parallel ist, wird im Meltblown-Prozess zur Herstellung eines klebenden Vlieses aus dem Polymer mit einem niedrigen Schmelzpunkt (Copolyamid) als Rohstoff verwendet. Es ist festgestellt worden, dass die Qualität des so gestalteten Vlieses besser ist und dass es ein engeres Faserdurchmesser, eine Verteilung der Porengröße und eine gleichmäßigere Porenform hat. Bei dem vorhandenen parallelen Luftstrom werden vier Meltblown-Parameter besprochen, wobei die Geschwindigkeit der Hauptschleppluft, die parallele Geschwindigkeit, die Herstellungsgeschwindigkeit der Polymerschmelzmasse und der Extrusionsabstand zu dem Kollektor hinsichtlich ihres Einflusses auf den Mitteldurchmesser der Faser und die Verteilung des Faserdurchmessers mit einbezogen sind.