

BILJANA PEJIĆ
KOVILJKA ASANOVIĆ
MIRJANA KOSTIĆ
PETAR ŠKUNDRIĆ
TATJANA MIHAJLIDI

Katedra za Tekstilno
inženjerstvo,
Tehnološko–metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu

NAUČNI RAD

677.12+66-96:677.027.625.17

UTICAJ PRATEĆIH KOMPONENATA VLAKANA KONOPLJE NA NJIHOVU ELEKTRIČNU OTPORNOST

U cilju iznalaženja zadovoljavajućeg postupka modifikovanja vlakana konoplje, u ovom radu su prikazane zavisnosti između hemijskog sastava, finoće i električne otpornosti. Prema proceduri za određivanje hemijskog sastava, sukcesivno su uklanjane jedna po jedna prateća komponenta iz vlakana konoplje. Nakon svake etape odvojena je izvesna količina vlaknastog supstrata, a potom su izvršena merenja finoće i električne otpornosti, u cilju utvrđivanja uticaja svake komponente iz vlakana konoplje na pomenute karakteristike. Takođe je izvršena analiza uticaja eksperimentalnih uslova na finoću i električnu otpornost pri uobičajenom postupku modifikovanja vlakana konoplje zasnovanom na njihovom tretiranju rastvorom natrijumhidroksida.

Vlakna konoplje pripadaju grupi biljnih, celuloznih vlakana, a dobijaju se iz stabljike istoimene biljke. Višećelijsko vlakno konoplje se može okarakterisati kao kompozitni materijal heterogenog hemijskog sastava. Sa morfološkog aspekta, tehničko vlakno konoplje izgrađeno je od velikog broja elementarnih vlakana, koja imaju karakterističan peto- ili šestougli poprečni presek, zatupaste ili račvaste krajeve i unutrašnji kanal (lumen). Srednja lamela fibrila je u najvećoj meri izgrađena od odrvenjene komponente lignina, dok su interfibrilarne regije ispunjene hemicelulozama. Snopci elementarnih vlakana su u daljem poretku integrisani u višećelijsko vlakano pomoću biljnog lepka pektina, koji učestvuje i u izgradnji ćelijskog zida vlakana konoplje [1–4].

Vlakna konoplje, usled karakteristične strukture i heterogenog hemijskog sastava, imaju niz izuzetnih svojstava. Specifična prekidna jačina konoplje se kreće u intervalu vrednosti od 50–90 cN/tex, zbog čega se konoplja zajedno sa ramijom ubraja u najjača prirodna vlakna. Sorpciona svojstva ovih vlakana su takođe veoma dobra, što ih uz antimikrobna svojstva i odsustvo alergijskih dejstava čini veoma higijeničnim i prihvatljivim u oblasti medicinskog tekstila i farmaceutske industrije. Usled niskih vrednosti električne otpornosti, odsustva statičkog naelektrisanja i otpornosti na UV zračenje, konoplja je dobila svoje mesto i u oblasti izrade radne i zaštitne odeće [5–7]. Imajući u vidu rečeno, kao i uslove gajenja, vlakna konoplje se odlično uklapaju u trendove zaštite čovekove okoline.

S obzirom na to da vlakna konoplje imaju veliku količinu pratećih materija (lignina, pektina i voskova) i nečistoća, njihova ravnomernost, finoća i elastičnost nemaju zadovoljavajuće vrednosti. U tom smeru svi postupci modifikovanja vlakana konoplje (hemijski,

mehanički, enzimatski) usmereni su u prvom redu na uklanjanje odrvenjene komponente lignina i vezivnih komponenti, kako bi se dobila finija i mekša vlakna [5–11]. Postupke modifikovanja treba izvesti tako da se postigne željeni cilj, a da se pri tom značajnije ne naruše pozitivna svojstva vlakana konoplje, u koja se između ostalog ubrajaju niska vrednost električne otpornosti i odsustvo statičkog naelektrisanja.

U cilju utvrđivanja uticaja svake komponente iz vlakana konoplje na njihova svojstva, u ovom radu je vršeno sukcesivno uklanjanje jedne po jedne komponente, a nakon svake etape su izvršena merenja finoće, kao veoma važnog svojstva za dalje procese prerade. S obzirom na značaj niske vrednosti električne otpornosti polaznih vlakana konoplje, merena je i kontrolisana promena vrednosti ove karakteristike na svim dobijenim uzorcima.

Profinjavanje tehničkog vlakna konoplje, kao što je već rečeno, se postiže raznim postupcima hemijskog modifikovanja. Jedna od najčešće primenjivanih hemijskih modifikacija vlakana konoplje je alkalna obrada rastvorom natrijumhidroksida različitih koncentracija. U ovom radu ispitivan je i uticaj raznih varijanti modifikovanja vlakana konoplje ovog tipa na njihovu finoću i električnu otpornost.

MATERIJAL I METODE

U ovom radu je kao materijal za ispitivanje korišćeno domaće dugo vlakno konoplje, dobijeno iz Bačkog Brestovca. Sve korišćene hemikalije su dobijene iz komercijalnih izvora i imaju p.a. čistoću.

Postupak sukcesivnog uklanjanja pratećih komponenti iz vlakana konoplje

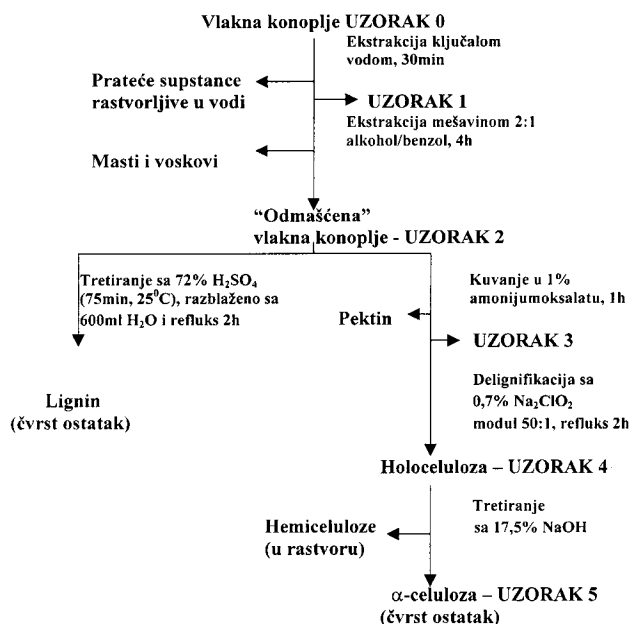
Sukcesivno uklanjanje komponenti iz vlakana konoplje vršeno je prema proceduri za određivanje hemijskog sastava definisanoj u radu [12], za koji je kao osnova poslužila šema Soutar–a i Bryden–a [13], prikazana na slici 1.

Adresa autora: K. Asanović, Tehnološko–metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, 11000 Beograd, Srbija i Crna Gora

E–mail: koka@tmf.bg.ac.yu

Rad primljen: Oktobar 11, 2005

Rad prihvaćen: Januar 16, 2006



Slika 1. Šema procedure za određivanje hemijskog sastava vlakana iz like

Figure 1. Scheme of the procedure for determining the bast fibre chemical composition

Iz šeme prikazane na slici 1 realizovane su sledeće faze: 1. ekstrakcija ključalom vodom, 2. ekstrakcija mešavinom alkohola i benzola, 3. kuvanje u amonijumoksalatu i 4. delignifikacija natrijumhloritom.

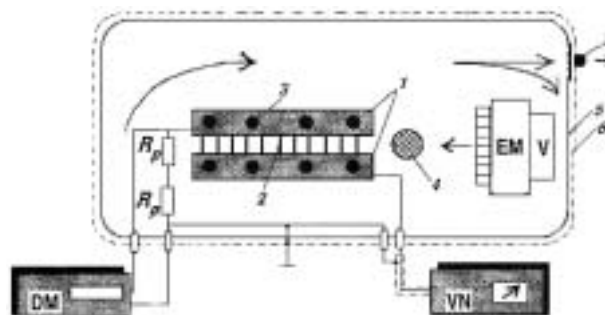
U daljem tekstu uzorci na kojima su vršena ispitivanja biće prikazani kao:

- uzorak 0 (polazno vlakno)
- uzorak 1 (nakon uklanjanja supstanci rastvornih u vodi),
- uzorak 2 (nakon uklanjanja masti i voskova),
- uzorak 3 (nakon uklanjanja pektina),
- uzorak 4 (nakon uklanjanja lignina).

Određivanje električne otpornosti tekstilnih materijala na bazi konoplje

Određivanje električne otpornosti vlakana realizovano je na aparaturi konstruisanoj na Katedri za tekstilno inženjerstvo TMF-a u Beogradu [14]. Šema korišćene aparature, prilagođene određivanju električne otpornosti vlakana naponskom metodom, prikazana je na slici 2.

Uzorci paralelnog snopa vlakana (2) finoće 1000 tex, čija se otpornost određuje, postavljaju se između elektroda (1) u obliku pločica koje su presvučene srebrom i fiksiraju zavrtanjima (3). Srebrne elektrode su odabrane zbog stabilnosti njihove otpornosti – naime poznato je da oksid srebra ima približno istu otpornost kao i metalno srebro. Elektrode, koje se nalaze na rastojanju 1 cm, smeštene su u transparentnoj komori (5) obloženoj metalnom mrežom (6) koja predstavlja adekvatnu električnu zaštitu od spoljašnjih električnih polja (Faradejev kavez). Postizanje zadate vlažnosti vazduha u komori ostvaruje se variranjem sadržaja vode u ovlaži-



Slika 2. Šema aparature za merenje električne otpornosti vlakana
Figure 2. Scheme of the apparatus for the measurement of fibre electric resistance

vaču (V), dok cirkulaciju vazduha u komori obezbeđuje elektromotor sa turbinskim kolom (EM). Uspostavljena temperatura i vlažnost u komori registruje se pomoću senzora digitalnog merača vlažnosti i temperature (4). Uzorci ispitivanih vlakana, merne dužine 1 cm, postavljene između elektroda, redno su vezani sa zaštitnim otpornicima (R_p) i izvorom visokog jednosmernog napona (VN), elektromotorne sile $E = 1200V$. Veza komore i prostorije u kojoj se realizuje merenje ostvaruje se preko otvora (7).

Električne otpornosti vlakana (R) određene su primenom stacionarne naponske metode, merenjem pada napona (U_m) na otporniku poznate otpornosti ($2R_p$). Pad napona se registruje digitalnim milivoltmetrom (DM) firme "Philips" tipa PM 2528, čija je otpornost ($R_i = 10 M\Omega$) daleko manja od otpornosti vlakana. Električne otpornosti vlakana određene su pomoću jednačine date u tabeli 1.

Tabela 1. Jednačina za određivanje električne otpornosti vlakana naponskom metodom

Table 1. Equation for the determination of fibre electric resistance by the voltage method

Jednačina za proračun otpornosti	$R = \frac{2R_p R_i}{2R_p + R_i} \left(\frac{E}{U_m} - 1 \right) \approx \frac{2R_p R_i}{2R_p + R_i} \cdot \frac{E}{U_m}$
Apromisacije:	$R \gg R_p, R \gg R_i, E \gg U_m$
Podaci neophodni za određivanje otpornosti:	$R_p = 820 k\Omega, R_i = 10 M\Omega, E = 1200 V$

Određivanje sadržaja vlage u vlaknima konoplje

Sadržaj vlage u vlaknima konoplje određen je gravimetrijskom metodom definisanom standardom JUS F.S3.101.

Određivanje finoće vlakana konoplje

Određivanje finoće tekstilnih vlakana vršeno je po metodi definisanoj standardom JUS F.S2.212.

REZULTATI MERENJA I DISKUSIJA

U ovom radu je kao prilog pravilnom izboru postupka modifikovanja konoplje ispitivan uticaj svake kom-

Tabela 2. Sadržaj vlage, finoća i električna otpornost vlakana konoplje (pri relativnoj vlažnosti vazduha u komori $\varphi = 60\%$)
Table 2. Moisture content, fineness and electric resistance of hemp fibres (relative air humidity in the chamber $\varphi = 60\%$)

Uzorak	Sadržaj vlage w, %	Finoća T, tex	Električna otpornost R, T Ω
0	8,40	21,5	0,0913
1	8,97	16,8	0,325
2	8,57	9,5	0,782
3	8,16	6,3	0,793
4	7,77	1,7	1,550

ponente vlakna konoplje na vrednost električne otpornosti, finoće i sadržaja vlage. Prilikom pripreme uzoraka za ispitivanje, tokom sukcesivnog izdvajanja komponenti, određen je i hemijski sastav vlakana konoplje. Utvrđeno je da polazno vlakno sadrži: 1,50% supstanci rastvornih u vodi, 0,69% masti i voskova, 1,39% pektina, 4,68% lignina, 11,09% hemiceluloza i 78,15% alfa-celuloze.

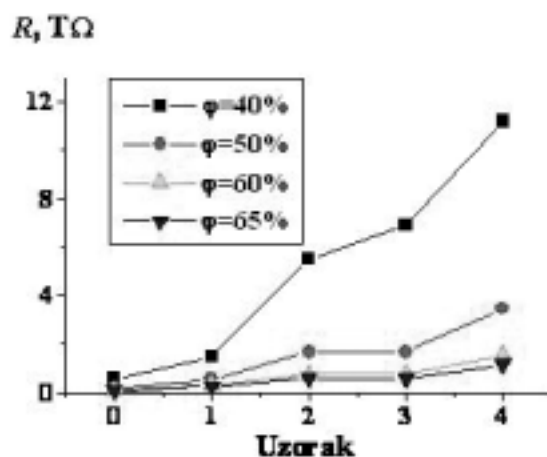
U tabeli 2 date su vrednosti za sadržaj vlage, finoću i električnu otpornost ispitivanih uzoraka (pri relativnoj vlažnosti vazduha u komori $\varphi = 60\%$). Rezultati drugih autora [15,16] i naša ranija ispitivanja električne otpornosti vlakna konoplje [4,14], ukazuju da je ova vrednost daleko niža, kako u odnosu na sintetička vlakna, tako i u odnosu na pamuk i ostala prirodna vlakna.

Na osnovu rezultata iz tabele 2 može se zaključiti da lignin ima najveći uticaj na finoću vlakana konoplje, jer se uklanjanjem ove komponente iz uzorka 3 dobija vlaknasti oblik (uzorak 4) koji je skoro 4 puta finiji od uzorka 3, odnosno oko 12 puta finiji od polaznog vlakna (uzorka 0). Uzorak 3 je u odnosu na uzorak 2 finiji za oko 1,5 puta, uzorak 2 u odnosu na uzorak 1 za oko 1,7 puta, dok je pri uklanjanju supstanci rastvornih u vodi, iz polaznog neobrađenog uzorka (uzorak 0), profinjavanje vlakna konoplje najmanje (svega za oko 20%).

Sadržaj vlage u ispitivanim uzorcima vlakana konoplje se pri uklanjanju pratećih nevlaknatih supstanci nije značajno menjao. Ipak se može konstatovati da vrednosti sadržaja vlage u uzorcima 1 i 2 pokazuju trend blagog porasta u odnosu na polazni uzorak, dok je kod uzoraka 3 i 4 sadržaj vlage ispod vrednosti koja je zabeležena za polazno vlakno konoplje.

S obzirom na to da se postupcima modifikovanja u najvećoj meri uklanjaju upravo prateće komponente vlakana konoplje, veoma je važno utvrditi pojedinačni uticaj svake od njih na električnu otpornost (R) vlakana konoplje. Na slici 3 prikazana je zavisnost električne otpornosti (R) od sadržaja pojedinih komponenti u vlaknima konoplje pri raznim vrednostima relativne vlažnosti okoline.

Sa slike 3 se vidi da postupnim uklanjanjem jedne po jedne komponente dolazi do porasta električne otpornosti, što potvrđuje njihov uticaj na ovu karakteristiku



Slika 3. Zavisnost električne otpornosti (R) od sadržaja pratećih komponenti u vlaknima konoplje, pri različitim vrednostima relativne vlažnosti okoline

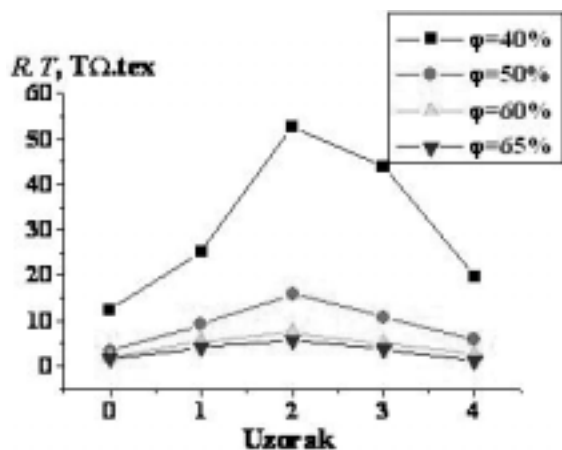
Figure 3. Dependence of the electric resistance (R) on the amount of accompanying substances in hemp fibres, at different relative humidity of the surrounding atmosphere

vlakana konoplje. Prikazani rezultati takođe potvrđuju, iz literature dobro poznatu činjenicu, da relativna vlažnost okoline ima značajan uticaj na električnu otpornost tekstilnih materijala, a samim tim i otpornost vlakana konoplje. Električna otpornost polaznih vlakana konoplje (uzorak 0) pri relativnoj vlažnosti okoline od 50% je 3,5 puta niža u odnosu na vrednosti električne otpornosti istog uzorka pri relativnoj vlažnosti okoline od 40%. Zapaža se i da električna otpornost nultog, polaznog uzorka na relativnoj vlažnosti okoline od 60%, ima 6 puta niže vrednosti u odnosu na električnu otpornost merenu pri relativnoj vlažnosti okoline od 40%. Na slici 3 se može uočiti i da je porast električne otpornosti daleko blaži u slučaju viših vrednosti relativne vlažnosti okoline.

Značajan uticaj relativne vlažnosti okoline na električnu otpornost, objašnjava se delimičnom jonizacijom molekula vode, koji se nalaze oko tekstilnog materijala i neutralizuju naelektrisanje na njegovoj površini. Bitan faktor jesu i sorpciona svojstva tekstilnog materijala, a poznato je da vlakna konoplje imaju izuzetna sorpciona svojstva, što se može ilustrovati vrednostima za stepen bubrenja vlakana konoplje u vodi, koje se kreću u intervalu od oko 30 do 40%, za vremenski opseg od 0 do 60 minuta [12].

Na osnovu istraživanja uticaja sadržaja pratećih komponenti na svojstva vlakana konoplje, Hearle [11,16] je došao do zaključka da na elektrofizička svojstva utiče i nadmolekulska struktura vlakana, tj. veličina amorfnih područja i sadržaj vlage u njima.

Kako je u ranijim radovima pokazano da proizvod električne otpornosti i finoće (R·T) predstavlja indirektni pokazatelj specifične otpornosti kao rezistivne karakteristike materijala [14], na slici 4 prikazana je zavisnost proizvoda električne otpornosti i finoće od sadržaja pojedinih komponenti u vlaknima konoplje, takođe pri različ-



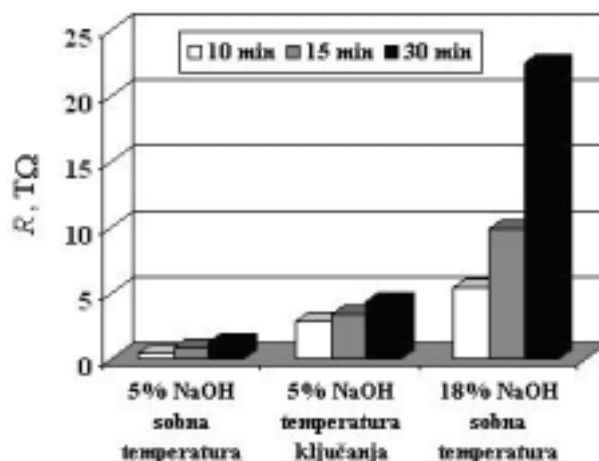
Slika 4. Zavisnost proizvoda električne otpornosti i finoće ($R \cdot T$) od sadržaja pratećih komponenti u vlaknima konoplje, pri različitim vrednostima relativne vlažnosti okoline

Figure 4. Dependence of the product of the electric resistance and fineness ($R \cdot T$) on the amount of accompanying substances in hemp fibres, at different relative humidity of the surrounding atmosphere

tim vrednostima relativne vlažnosti okoline, odnosno pri istim uslovima kao i na slici 3.

Sa slike 4 se vidi da proizvod električne otpornosti i finoće raste kao i otpornost u prve dve faze, odnosno posle uklanjanja supstanci rastvornih u vodi i posle uklanjanja masti i voskova. Međutim, uklanjanje kako pektina, tako i lignina je praćeno smanjenjem vrednosti proizvoda električne otpornosti vlakana i njihove finoće. Iz izloženog može da se izvede zaključak da je pri odstranjivanju pratećih supstanci iz vlakna konoplje sa stanovišta što manjeg pogoršanja rezistivnih svojstava važno da se uklone ne samo masti i voskovi već i lignin i pektin.

Da pored hemijskog sastava značajan uticaj na električnu otpornost ima i struktura vlakana potvrđuju i rezultati (tabela 3) dobijeni merenjem električne otpor-



Slika 5. Električne otpornosti vlakna konoplje modifikovanih u slobodnom stanju u zavisnosti od vremena tretiranja, temperature i koncentracije rastvora natrijumhidroksida

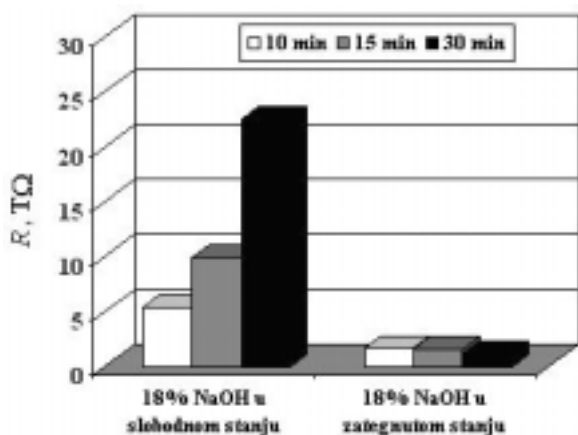
Figure 5. Electric resistance of hemp fibres modified in slack depending on the treatment time, temperature and sodium hydroxide concentration

nosti vlakna konoplje modifikovanih natrijumhidroksidom koncentracija 5 i 18%, u vremenu tretiranja od 10, 15 i 30 minuta, na sobnoj i temperaturi ključanja u slobodnom i zategnutom stanju.

Iz rezultata prikazanih u tabeli 3 može da se u svim ispitivanim slučajevima alkalne obrade konstatuje neznatno povećanje sadržaja vlage u vlaknu konoplje, profinjavanje i povećanje njegove električne otpornosti. Pri modifikovanju u slobodnom stanju intenzitet profinjavanja vlakana se povećava sa povećanjem: vremena tretiranja, koncentracije i temperature rastvora natrijumhidroksida. Takođe se intenzifikuje i porast električne otpornosti (što je dodatno ilustrovano slikom 5), kako sa povećanjem vremena tretiranja rastvorom natrijumhidroksida i njegove koncentracije, tako i povišenjem temperature rastvora.

Tabela 3. Električne otpornosti vlakna konoplje u zavisnosti od uslova modifikovanja (pri relativnoj vlažnosti vazduha u komori $\varphi = 60\%$)
Table 3. Electric resistances of hemp fibres depending on the modification conditions (relative air humidity in the chamber $\varphi = 60\%$)

Uslovi modifikovanja		vreme (min)	Finoća T, tex	Sadržaj vlage $w, \%$	Električna otpornost $R, T\Omega$
Koncentracija natrijumhidroksida i temperatura					
Nemodifikovano		0	21.5	8.40	0.0913
5% NaOH sobna temperatura	Modifikovano u slobodnom stanju	10	6.19	9.42	0.383
		15	4.30	9.41	0.859
		30	3.87	9.45	1.23
5% NaOH temperatura ključanja		10	3.45	8.45	2.91
		15	3.21	8.32	3.42
		30	2.94	8.26	4.35
18% NaOH sobna temperatura	10	3.63	8.83	5.41	
	15	3.22	9.87	9.91	
	30	2.11	9.04	22.4	
18% NaOH sobna temperatura	Modifikovano u zategnutom stanju	10	5.00	8.84	1.63
		15	4.45	8.82	1.53
		30	3.96	9.41	1.06



Slika 6. Električne otpornosti vlakana konoplje modificiranih 18% natrijumhidroksidom, u slobodnom i zategnutom stanju
 Figure 6 Electric resistance of hemp fibres modified with 18% sodium hydroxide, in slack and under tension

Pri modifikaciji vlakana konoplje u zategnutom stanju intenzitet profinjavanja je nešto manji nego pri tretiranju rastvorom natrijumhidroksida u slobodnom stanju. Međutim, može da se konstatuje izuzetno povoljan uticaj zategnutosti vlakana pri njihovom modifikovanju rastvorom natrijumhidroksida s obzirom da doprinosi očuvanju niske vrednosti električne otpornosti vlakana konoplje. Pri povećanju vremena tretiranja u zategnutom stanju modifikovano vlakno postaje i finije, a u isto vreme mu opada i električna otpornost, za razliku od svih ispitivanih uslova u slobodnom stanju, kada je profinjavanje uvek praćeno povećavanjem električne otpornosti. Poređenjem električne otpornosti pri vremenu tretiranja od 30 min rastvorom natrijumhidroksida iste koncentracije u slobodnom i u zategnutom stanju može da se konstatuje da je električna otpornost uzoraka tretiranih u slobodnom stanju nekoliko desetina puta veća od vrednosti dobijenih posle tretiranja u zategnutom stanju (slika 6). Ovaj rezultat promoviše modifikovanje u zategnutom stanju kao izrazito povoljno za očuvanje elektrofizičkih svojstava vlakana konoplje i upućuje na detaljnija ispitivanja ovog tipa modifikovanja.

Prilikom obrade vlakna konoplje 18% natrijumhidroksidom u slobodnom stanju, dolazi do njihovog tekstuiranja, što se može objasniti pretpostavkom da je došlo do prostornog prestrajavanja makromolekula celuloze i piranoznih prstenova u okviru makromolekula celuloze, kao i do smanjenja orjentisanosti u samom vlaknu. Ovakve strukturne promene u vlaknima konoplje, uz promenu hemijskog sastava, za posledicu imaju povećanje električne otpornosti vlakana. Nasuprot modifikovanju u slobodnom stanju, modifikovanje u zategnutom stanju dovodi do povećanja orjentisanosti vlakana u smeru dejstva sile zatezanja, što doprinosi očuvanju dobre električne provodljivosti vlakana konoplje modificiranih na ovaj način.

Razlika u vrednostima električne otpornosti vlakana konoplje obrađenih različitim hemijskim sredstvima u ovom radu, javlja se usled potpunog i delimičnog ukla-

njanja pratećih komponenti, a samim tim i promena u strukturi vlakana. Obzirom na to da se pektini nalaze u srednjoj lameli i primarnom zidu fibrila, a hemiceluloze u interfibrilarnim oblastima, njihovo potpuno uklanjanje je daleko lakše u odnosu na uklanjanje odrvenjene komponente lignina. Lignin se nalazi u srednjoj lameli i mnogo manje pristupačnom sekundarnom zidu, pa je on samo delimično uklonjen alkalnim rastvorima, za razliku od tretmana vlakana konoplje hemijskim postupcima prikazanim na slici 1 u ovom radu, gde dolazi do potpunog uklanjanja lignina i iz srednje lamele i iz sekundarnog zida. Delimičnim ili potpunim uklanjanjem pratećih komponenti iz srednje lamele, primarnog i sekundarnog zida, interfibrilarni regioni postaju manje gusti i mnogo manje kruti, tako da su fibrili osposobljeni za ponovno orjentisanje [17].

U tom smeru bi u narednim istraživanjima bilo dobro izvršiti detaljnija ispitivanja strukturnih promena u vlaknima konoplje, kao i promene sadržaja funkcionalnih grupa, koje se javljaju pri različitim vrstama obrade i modifikovanja, u cilju eliminisanja ili bar ublažavanja njihovih nedostataka. Na taj način bi se potkrepile i izvesne pretpostavke koje su date u ovom radu, a odnose se i na promenu strukture i izmene oblika celuloznih makromolekula koji mogu varirati od celuloze I do celuloze IV [18–20].

ZAKLJUČAK

Profinjavanje vlakana konoplje, sukcesivnim odstranjivanjem pratećih komponentata, izaziva povećanje električne otpornosti vlakana konoplje u svim ispitivanim fazama. Najmanju promenu, kako finoće, tako i električne otpornosti, prouzrokuje uklanjanje supstanci rastvornih u vodi, dok je ovaj uticaj najintenzivniji pri odstranjivanju masti i voskova. Međutim, odstranjivanje pektina i lignina, koje takođe dovodi do daljeg povećanja električne otpornosti vlakna konoplje, prouzrokuje smanjenje vrednosti proizvoda električne otpornosti i finoće koji predstavlja indirektni pokazatelj specifične električne otpornosti linearnih tekstilnih struktura.

Uobičajeni postupak modifikovanja vlakana konoplje vodenim rastvorom natrijumhidroksida istovremeno dovodi do profinjavanja vlakna i do povećanja električne otpornosti. Stepent profinjenosti vlakana i povećanje električne otpornosti se pri modifikovanju vlakana konoplje u slobodnom stanju intenzifikuju sa povećanjem vremena tretiranja, koncentracije rastvora natrijumhidroksida i povišenjem temperature. Međutim, modifikovanje vlakana rastvorom natrijumhidroksida u zategnutom stanju prouzrokuje sniženje električne otpornosti vlakana konoplje, za nekoliko desetina puta u odnosu na vrednosti otpornosti vlakana modificiranih pri istim ostalim eksperimentalnim uslovima, ali u slobodnom stanju. Efekat sniženje električne otpornosti vlakana konoplje modificiranih u zategnutom stanju se intenzifikuje pri povećanju vremena modifikovanja. Stoga bi, u cilju optimizacije postupka modifikovanja, dalja istraživanja trebalo usmeriti u pravcu optimizacije uslova

modifikovanja u zategnutom stanju, kao i u smeru izučavanja promena u strukturi vlakana konoplje prilikom njihovog modifikovanja.

NAPOMENA

Ovo ispitivanje je proisteklo iz rada na Projektu TR-6713B koji finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Vlade Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] V.V. Zhivetin, L.N. Ginzburg, Len na rubezhe XX i XXI vekov, IPO "Poligran", Moskva, 1998.
- [2] R. Jovanović, Edicija: Nauka o vlaknima i tehnologija vlakana, II Celulozna prirodna i hemijska vlakna, Građevinska knjiga, Beograd, (1989) 112–118.
- [3] R. Jovanović, Struktura i svojstva vlakana, TMF-Beograd, (1981) 45–63, 118–124.
- [4] S. Milosavljević i grupa autora, Monografija: Konoplja sirovina budućnosti, TMF-Beograd, (2004) 8–29, 173–182.
- [5] N. Sedelnik, Effect of Biological Modification of Technical Flax Fibres, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, **7** (1999) 19–21.
- [6] L.A. Abdul-Karim, A. Rab, E. Polyanszky, I. Rusznak, Kinetics of Delignification in Kraft Pulping of Wheat Straw and Hemp, *Tappi Journal*, **78** (1995) 161–164.
- [7] J. Mussig, R. Martens, H. Harig, Hemp Fibre as a Textile Resource, *Textile Asia*, May (1998) 39–50.
- [8] J. Czekalski, D. Kozakiewicz, M. Michalak, M. Stasiak, Ecological Blended Yarns: Hemp-PAN, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, **8** (2000) 22–23.
- [9] R. Brazis, J. Czekalski, D. Kozakiewicz, M. Michalak, M. Stasiak, Electromagnetic Wave Attenuation in Hemp-PAN

Fibre Blends, Fibres and Textiles in Eastern Europe, **8** (2000) 35–38.

- [10] M. Azizur Rahman, M. Siddiqueullah, A. Jabbar Mian, The Effect of the Degree of Substitution on Some Textile Properties of Jute and Cotton Fibres, *J.Text. Inst.*, **87** (1996) 259–264.
- [11] A. Mukherjee, P.K. Ganguly, D. Sur, Structural Mechanics of Jute: The Effect of Hemicellulose or Lignin Removal, *J. Text. Inst.*, **84** (1993) 348–353.
- [12] B. Pejić, Modifikovanje vlakana konoplje za konvencionalna i nova područja primene, Magistarski rad, TMF-Beograd 2003.
- [13] W. Garner, *Textile Laboratory Manual*, American Elsevier P.K.I. New York (1966) 92–93.
- [14] K. Asanović, Doprinos metrologiji nekih elektrofizičkih svojstava tekstilnih materijala, Doktorska disertacija, TMF-Beograd 2003.
- [15] V.P. Radovitskiy, B.N. Strel'tsov, *Elektrodinamika tekstil'nyh volokon*, Legkaya industriya, Moskva, 1967.
- [16] W.E. Morton, J.W.S. Hearle, *Physical Properties of Textile Fibres*, The Textile Institute, William Heinemann Ltd, London 1975.
- [17] H.M. Wang, R. Postle, R.W. Kessler, W. Kessler, Removing Pectin and Lignin During Chemical Processing of Hemp for Textile Applications, *Textile Res. J.*, **73** (2003) 664–669.
- [18] P. Zugenmaier, Conformation and Packing of Various Crystalline Cellulose Fibers, *Prog. Polym. Sci.*, **26** (2001) 1341–1417.
- [19] J. Einfeldt, D. Meißner, A. Kwasniewski, Polymerdynamics of Cellulose and Other Polysaccharides in Solid State—secondary Dielectric Relaxation Processes, *Prog. Polym. Sci.*, **26** (2001) 1419–1472.
- [20] *Wood Chemistry (Fundamental and Applications)*, EERO SJOSTROM, Academic Press, Inc. London Ltd. 1981.

SUMMARY

INFLUENCE OF ACCOMPANYING SUBSTANCES OF HEMP FIBRES ON THEIR ELECTRIC RESISTANCE

(Scientific paper)

Biljana Pejić, Kovička Asanović, Mirjana Kostić, Petar Škundrić, Tatjana Mihajlidi
Textile Engineering Department, Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Serbia and Montenegro

Hemp fibres belong to the group of natural, cellulose bast fibres. These fibres have exceptional properties such as: antimicrobial effect, absence of allergy effect, extraordinary sorption properties, good electro-physical properties (small static electricity in regard to other cellulose fibres) as well as high values of breaking strength (the natural fibre with the highest strength). However, hemp fibres have some defects: heterogeneous chemical composition, large quantity of accompanying substances (lignin, pectins, waxes) and unsatisfactory fineness and evenness. It is possible to a great extent to eliminate or reduce, the defects of hemp fibres by of appropriate modification treatments.

In order to determine the appropriate modification treatment of hemp fibres, the dependences between the chemical composition, fineness and electric resistance of hemp fibres were presented in this paper. In the experimental part of the paper, by the application of a procedure for the determination of the chemical composition, the accompanying substances of hemp fibres were gradually removed. After each phase some fibrous substrates were separated. After that the fineness and electric resistance were determined. This experiment was conducted in order to define the influence of each component of hemp fibres on the fineness and electric resistance. In this paper, hemp fibres were modified by an aqueous solution of sodium hydroxide, under different conditions of modification. The influence of modification conditions on the fineness and electric resistance were studied.

Key words: Hemp fibres • Electric resistance • Fineness • Chemical modification • Sodium hydroxide •

Ključne reči: Vlakna konoplje • Električna otpornost • Finoća • Hemijsko modifikovanje • Natrijumhidroksid •