

Zdenka Filipič, univ. dipl. inž.

doc dr. Karin Stana-Kleinschek, univ. dipl. inž.

dr. Tatjana Kreže, univ. dipl. inž.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo, ekologijo in koloristiko, Laboratorij za obdelavo in preskušanje polimernih materialov, Smetanova 17, SI-2000 Maribor; e-pošta: zdenka.filipic@uni-mb.si, karin.stana@uni-mb.si, tanja.kreze@uni-mb.si

Uporaba tenziometrije za zasledovanje sorpcijskih lastnosti celuloznih vlaken

Zelo pomembna lastnost tekstilnih vlaken je njihova sposobnost navzemanja tekočin – njihova sorpcijska sposobnost. Za izboljšanje reaktivnosti regeneriranih celuloznih vlaken je običajno potrebna predobdelava, kot sta pranje in beljenje. Preskušana viskozna in modalna ter liocel vlakna so enake kemične sestave, razlikujejo se v molekulski in nadmolekulski ureditvi. Razlike v sorpcijskih lastnostih neobdelanih in predobdelanih regeneriranih celuloznih vlaken smo zasledovali z alternativno metodo – tenziometrijo ter rezultate primerjali s klasično metodo zasledovanja hidrofilitnosti. Tenziometrija je analizna metoda za določevanje površinske napetosti, stičnega kota in adsorpcije. S pomočjo Powder Contact Angle metode smo določili kapilarno hitrost preskušanih vzorcev, na osnovi tega pa izračunali stični kot med trdno (vlakno) in tekočo (voda/heptan) fazo. S postopki predobdelave se sorpcijske lastnosti regeneriranih celuloznih vlaken bistveno izboljšajo, kar ugodno vpliva na nadaljnje faze plemenitenja. Največjo sorpcijsko sposobnost navzemanja vode in s tem najnižji stični kot med neobdelanimi vzorci vlaken imajo viskozna vlakna (φ 68,3°), največji stični kot (φ 77,1°) pa modalna vlakna. Na izboljšanje sorpcijskih lastnosti ima največji vpliv predobdelava – beljenje, kjer prav tako dosežejo najnižji stični kot beljena viskozna vlakna (φ 57,8°).

Ključne besede: sorpcija, tenziometrija, predobdelava, regenerirana celulozna vlakna

The Sorption Characteristics of Different Cellulose Fibres Monitored by Tensiometry

The improvement of wettability and sorptivity is a major task during textile finishing. In order to create the proper sorption character of regenerated cellulose fibres different pre-treatment processes are applied such as washing and bleaching. Classical viscose, modal and a new type of regenerated cellulose fibres called lyocell, have the same chemical structure, but a different molecular and supramolecular structure. The differences in the sorption properties of untreated and pre-treated regenerated cellulose fibres were obtained using a new alternative method-tensiometry and compared with various methods for determining water adsorption. Tensiometry is an analysing method for measuring the surface tensions, contact angles and adsorption. We measured the sorption abilities using the Powder Contact Angle Method and as a result we get a capillar velocity. From the velocity we can calculate the contact angle between the solid – fibres and the liquid – water/heptan. The pre-treatment increases the adsorption abilities and makes the material more accessible to chemicals used in finishing processes. The raw viscose fibres show the highest amount of moisture and have the lowest contact angle (φ 68,3°), raw modal fibres have the biggest contact angle (φ 77,1°). Using chemical bleaching we improve the sorption abilities. The bleached viscose fibres have the lowest contact angle (φ 57,8°).

Keywords: sorption, tensiometry, pre-treatment, regenerated cellulose fibres

1.0 UVOD

Za uporabne lastnosti vlaken je zelo pomembna njihova sposobnost navzemanja vlage, vode ter vodnih raztopin barvil in različnih kemikalij. Na sorpcijske lastnosti vlaken vplivata tako molekulska (kemična sestava, dolžina makromolekul, število končnih skupin) kot nadmolekulska struktura vlaken (stopnja kristalinitosti, gostota zloženosti, velikost kristalitov, medsebojna povezava strukturnih gradnikov in njihova orientacija, delež amorfnih področij ter delež in oblika praznin [1, 2].

Količina absorbirane vode je pomemben kriterij za ugotavljanje sorpcijskih lastnosti celuloznih vlaken. Proces navzemanja vode je ravnotežen tako pri navzemanju vlage (vodne pare) ali navzemanju vode pri omakanju [3, 4, 5]. Navzemanje vode pri vlaknih, ki so enoosno orientirani polimeri, vedno povzroči nabrekavanje. Le-to je tem večje, čim več vode lahko vlakno veže s sekundarnimi interakcijami. Odvisno je od strukture vlaken, deleža kristalinitosti oziroma deleža amorfnih področij in praznin. Stopnja orientacije vpliva predvsem na hitrost navzemanja vode. Zaradi navzete vode se volumen vlaken poveča, vlakna nabrekajo, pri orientiranih se poveča predvsem premer vlaken, pri neorientiranih pa tudi dolžina [6, 7, 8]. Za doseganje želenih sorpcijskih lastnosti regeneriranih celuloznih vlaken je potrebna faza predobdelave.

2.0 PREDOBDELAVA REGENERIRANIH CELULOZNIH VLAKEN

Predobdelava regeneriranih celuloznih vlaken največkrat obsega alkalno čiščenje, beljenje in alkalno luženje. S predobdelavo se izboljšajo nekateri kemično-tehnološki učinki, kot so: enakomernost, egalnost, hidrofilnost, stopnja beline, sposobnost sprejemanja barvil in nekateri mehansko-tehnološki učinki: enakomernost v podolžni in prečni smeri, stabilnost dimenzij in gladkost [9].

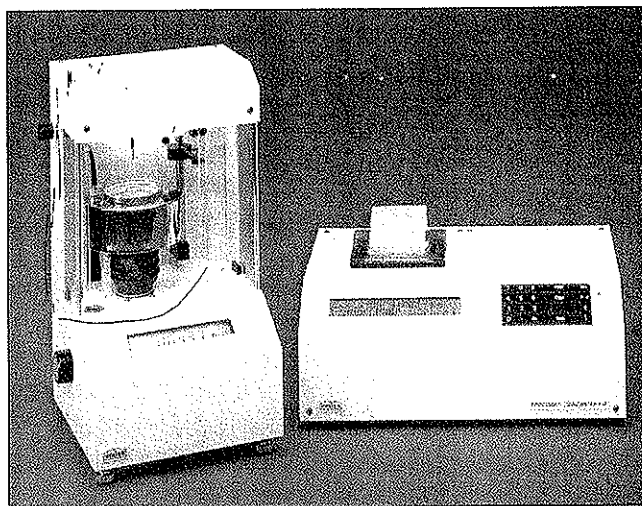
Primesi in nečistoče predstavljajo hidrofobno zaporo in pri nezadostni odstranitvi vplivajo na hidrofilnost oz. omočenje vlaken. Pranje je odvisno od mnogih dejavnikov, kot so vrsta tekstilnega materiala, nečistoče, kakovost in količina vode, pralno sredstvo, mehanske in toplotne obdelave ter čas obdelave [9]. Sprejemanje in odstranjevanje nečistoč je odvisno od morfološke zgradbe vlakna, od njegove strukture in mesta, kjer se nečistoče nahajajo.

Regenerirana celulozna vlakna ponavadi ne dosegajo zadovoljive stopnje beline, njihov rahlo rumeni ton pa lahko odstranimo z beljenjem. Doseči želimo visoko stopnjo beline ob minimalni poškodbi vlaken. Postopek beljenja je sestavljen iz niza operacij, s katerimi dosežemo enakomerno navzemanje vode, barvil in drugih plemenitilnih sredstev [10]. Celulozna vlakna

belimo predvsem z oksidacijskimi belilnimi sredstvi. Zaradi širokega temperaturnega in pH območja delovanja, stalne beline in ekološke neoporečnosti je najpomembnejše belilno sredstvo H_2O_2 [11]. V postopku beljenja je zelo nevaren katalitični razpad peroksida, ki ga povzročajo prehodni elementi, zlasti železo, baker in mangan. V kopel se prenesejo z blagom, tehnološko vodo in kemikalijami. Belilni kopeli dodajamo tudi stabilizatorje z namenom zaščititi peroksidni ion HO_2^- pred prehitrim in nenadzorovanim razpadom na OH^- in belilno aktivni kisik, ki v neugodnih okoliščinah močno poškoduje vlakno. Stabilizatorji delujejo puferno aktivno, kar zagotavlja, da pH ni previsok, hkrati pa imajo tudi nalogo deaktivirati katalizatorje razpada H_2O_2 [11]. Z omenjenimi postopki spreminjamo omakalne oziroma sorpcijske lastnosti materiala, ki jih lahko zasledujemo z uporabo tenziometrije.

2.1 Zasledovanje učinkov predobdelave regeneriranih celuloznih vlaken

Tenziometrija je analizna metoda določevanja površinske napetosti, stičnega kota in adsorpcije. Uporabna je v različnih vejah industrije, kot so tekstilna, papirna industrija, farmacija, kozmetika, stomatologija, biologija, optika, industrija umetnih snovi, barv in lakov, lepil, izdelava talnih oblog itd. [12] Meritve se izvajajo na aparaturni opremi, ki je predstavljena na sliki 1.



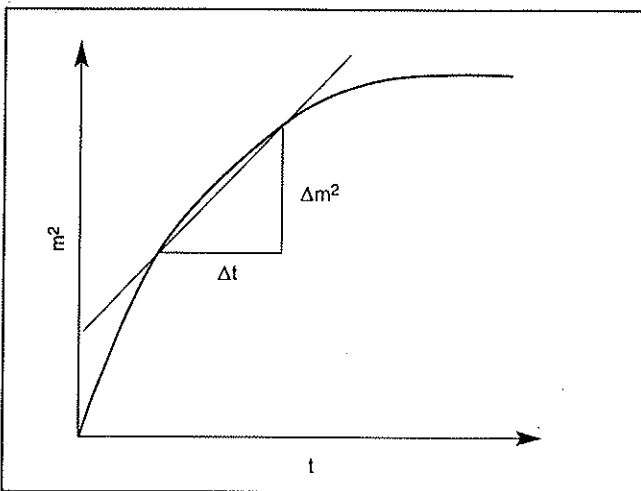
Slika 1: Tenziometer KRÜSS K12 [13]

Tenziometer je sestavljen iz merilne enote (napajalni del, temperaturni senzor, dvojni plašč za termostatiranje z vgradnim magnetnim mešalom, pogonska mizica za avtomatski dvig in spust vzorcev ter določitev položaja vzorcev) in procesne enote (izračunavanje, komunikacija z merilno enoto in povezava s tiskalnikom).

Za ugotavljanje adsorpcijskih lastnosti z merjenjem dinamičnega stičnega kota uporabljamo programski paket K121. Ta nam omogoča avtomatsko merjenje dinamične-

ga stičnega kota, izračunavanje proste površinske energije trdnih snovi, izračunavanje polarnih in disperznih komponent pri prosti površinski energiji. Dinamični stični kot merimo pri praškastih površinah, poroznih trdnih površinah in vlaknatih površinah. Za merjenje kritične koncentracije micel (CMC) uporabljamo programski paket K122. Omogoča nam merjenje površine, zunanje površinske napetosti in avtomatsko merjenje CMC. Izračunavamo lahko tudi obseg adsorpcije na površini tekočine z Gibbsovo adsorpcijsko enačbo [12, 13, 14].

Omakalno sposobnost vlaken lahko določimo z metodo Powder Contact Angle – metoda z naraščajočo višino (slika 3). Izračunamo lahko stični kot med trdno (vlakno) in tekočo (topilo) fazo. Če so vrednosti stičnega kota med 90° in 180°, pomeni, da se material ne omaka s topilom, če pa ležijo vrednosti med 0° in 90°, prihaja do omočenja materiala s topilom. Stični kot izračunamo neposredno iz Washburnove enačbe (2) iz izmerjene kapilarne hitrosti m^2/t . Kapilarno hitrost dobimo tako, da izmerjeno naraščajočo maso vzorca (m) po stiku le-tega s topilom kvadriramo (m^2) in jo grafično prikažemo v odvisnosti od merjenega časa (t). Izmerjeno maso vzorca (m^2) odvajamo po času (dm^2/dt). Tako dobimo naklon (smerni koeficient) tangente, ki aproksimira količino $m^2(t)$ v področju, kjer se ta količina spreminja približno linearno (slika 2). Iz naklona premice, ki je odvisen od omakalne sposobnosti vzorca, izračunamo stični kot φ . Čim manjši je stični kot, tem večja je omakalna sposobnost materiala [12, 13, 14].



Slika 2: Prikaz krivulje $m^2(t)$ [14]

Konstanta c (geometrijski faktor v enačbi 2) je odvisna od vrste merilnega valja in vzorca. Določimo jo tako, da uporabimo zelo polarno topilo, npr. heksan ali heptan, ki popolnoma omoči trdno fazo – vzorec vlaken. Pri popolnem omočenju je stični kot φ nič in $\cos \varphi$ je enak ena. Konstanto c izračunamo po enačbi 1 [14].

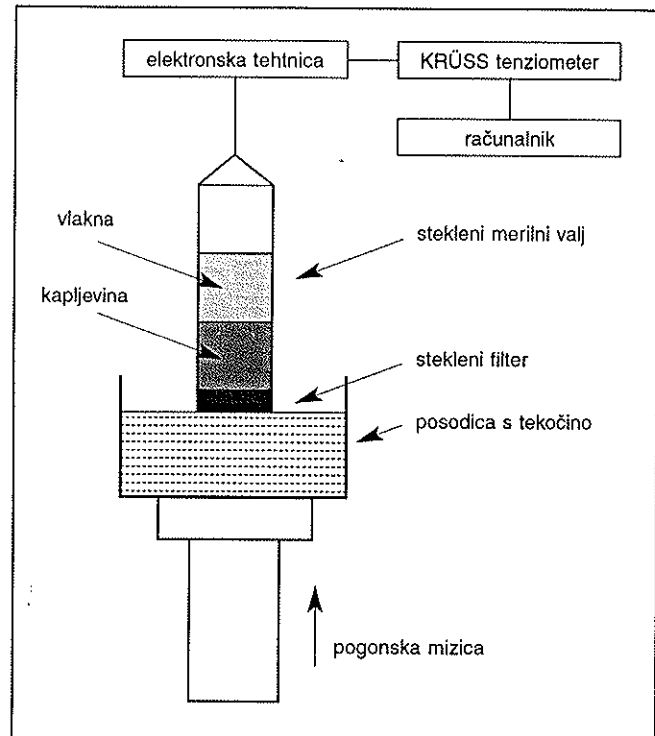
$$c = \frac{m^2}{t} \cdot \frac{\eta}{\rho^2 \cdot \sigma \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

Stični kot med vzorcem in omakalno tekočino izračunamo po Washburnovi enačbi [12, 14].

$$\cos \varphi = \frac{m^2}{t} \cdot \frac{\eta}{\rho^2 \cdot \sigma \cdot c} \quad (2)$$

kjer je:

- t – čas
- η – viskoznost tekočine
- ρ – gostota tekočine
- σ – površinska napetost tekočine
- φ – stični kot med trdno in tekočo fazo,
- c – konstanta tekočine
- m^2 – hitrost naraščanja mase vzorca



Slika 3: Prikaz merjenja adsorpcije vlaken [13]

Sorpcijske lastnosti vlaken lahko ugotovljamo tudi s klasičnimi metodami zasledovanja hidrofilitnosti, kot je npr. standardizirana metoda ugotavljanja sposobnosti navzemanja vlage [15, 16].

3.0 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 Materiali

Za preučevanje sorpcijskih lastnosti vlaken smo izbrali tri tipe regeneriranih celuloznih vlaken (rezana vlakna bombažnega tipa 1,7 dtex, dolžine 40 mm, proizvajalca Lenzing AG Avstrija), in sicer regularna viskozna vlakna (LenzingViscose®), modalna vlakna (LenzingModal®) in liocel vlakna (LenzingLyocell®), vlakna nove generacije regeneriranih celuloznih vlaken.

3.2 Predobdelava

Preskušani vzorci so bili v prvi fazi alkalno čiščeni (neionogeno pralno sredstvo, Na_2CO_3 , $T = 60^\circ\text{C}$, $t = 30$ min). Sledila je faza kemijskega beljenja (H_2O_2 , mineralni stabilizator, $T = 98^\circ\text{C}$, $t = 30$ min, pH 10,7 – 10,8). Po končani obdelavi je sledilo izpiranje vlaken do konstantne prevodnosti vode.

3.3 Analizne metode

Sorpcijske lastnosti regeneriranih celuloznih vlaken smo ugotavljali z metodo Powder Contact Angle. Stekljeni merilni valj smo napolnili z vlakni določene mase in ga namestili v tenziometer KRÜSS K12 (glej sliko 1 in 3).

Na pogonsko mizico v napravi smo položili posodico s tekočino. Ob vključitvi tenziometra KRÜSS K12 se pogonska mizica s posodo, v kateri je tekočina, avtomatsko pomika navzgor do steklenega valja z vlakni. Ob stiku valja z vlakni in tekočine v posodi prične tekočina prodirati skozi luknjice na spodnji strani valja, vlakna se omočijo. Postopek smo izvedli za vse tri tipe regeneriranih celuloznih vlaken, in sicer z vodo in s heptanom (določanje konstante c). Iz dobljene kapilarne hitrosti smo po enačbi 2 izračunali stični kot φ [12, 13, 14].

Navzemanje vlage surovih regeneriranih celuloznih vlaken smo določili po zahtevah standarda DIN 54 351 [15]. Meritve temeljijo na principu tehtanja mase vlaken, izpostavljenih standardni atmosferi $m_k(\text{g})$ in masi absolutno suhih vlaken $m_a(\text{g})$ [16].

4.0 REZULTATI IN RAZPRAVA

V preglednici 1 so podane kapilarne hitrosti in stični koti za neobdelana, alkalno obdelana (oprana) ter beljena viskozna, modalna in liocelna vlakna.

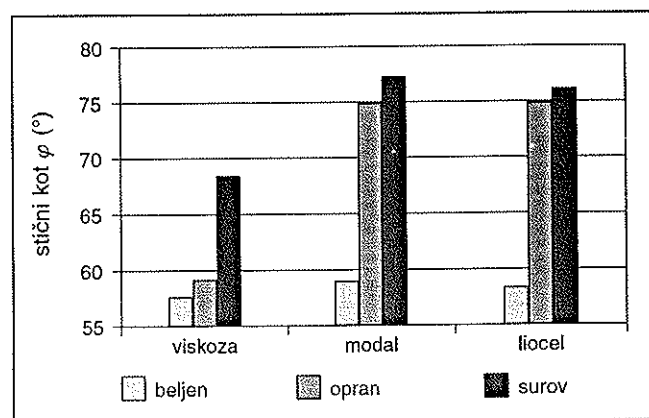
Iz preglednice 1 je razvidno, da imajo med surovimi preskušanimi vlakni največji stični kot surova modalna vlakna ($77,10^\circ$). Visoka vrednost stičnega kota pomeni slabše omakanje materiala s tekočino oziroma slabše sorpcijske sposobnosti. Modalnim vlaknom sledijo surova liocelna vlakna s stičnim kotom $76,10^\circ$ in nato surova viskozna vlakna z najmanjšim stičnim kotom

($68,34^\circ$). Najmanjši stični kot viskoznih vlaken pomeni, da je omakalna sposobnost surovih viskoznih vlaken največja v primerjavi s surovimi liocelnimi in modalnimi vlakni.

Najnižji stični kot oz. največja sorpcijska sposobnost, dosežena pri viskoznih vlaknih, je rezultat največje notranje površine praznin, najvišjega deleža amorfne faze in najnižje orientacije v vlaknih, s tem pa največje dostopnosti in največjega števila dostopnih hidroksilnih skupin, sposobnih za interakcijo [2].

Da bi povečali hidrofilnost regeneriranih celuloznih vlaken, smo preskušana vlakna alkalno predobdelali in belili. Iz diagrama na sliki 4 je razvidno, da so se po postopkih predobdelave sorpcijske lastnosti preskušanih vlaken izboljšale, stični kot se je zmanjšal pri vseh treh tipih regeneriranih celuloznih vlaken.

Na diagramu slike 4 prikazujejo srednji stolpci (oprani vzorci) vrednosti stičnih kotov φ vlaken po alkalni obdelavi. Alkalna obdelava vlaken ima največji vpliv pri viskoznih vlaknih. Stični kot surovih viskoznih vlaken se je po alkalni obdelavi zmanjšal za 13 % in znaša $59,17^\circ$. Pri liocelnih in modalnih vlaknih pa alkalna obdelava nima tako velikega vpliva. Stični kot se pri modalnih in liocelnih vlaknih ni bistveno zmanjšal. Stični kot alkalno obdelanih modalnih vlaken je 75° , kar pomeni, da se je zmanjšal za 3 %, pri liocelnih vlaknih pa le za 2 % in znaša $\varphi 74,80^\circ$.



Slika 4: Stični kot φ [°] surovih in predobdelanih regeneriranih celuloznih vlaken

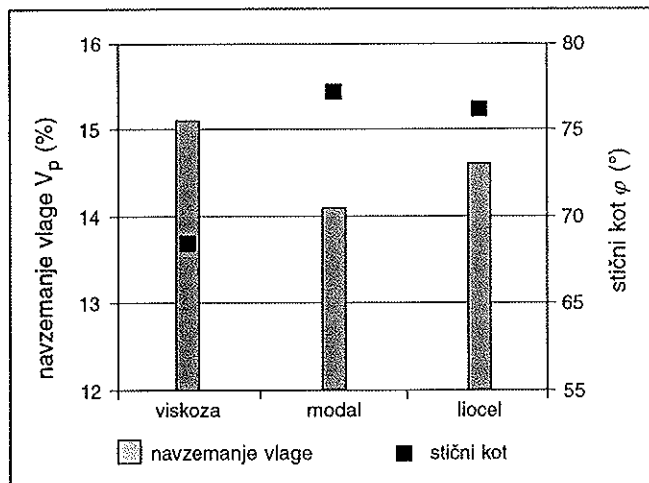
Po fazi beljenja se omakalne sposobnosti regeneriranih celuloznih vlaken bistveno izboljšajo, prav tako v primeru modalnih in liocelnih vlaken. Stični kot se močno zmanjša pri vseh treh tipih preskušanih vlaken.

Preglednica 1: Kapilarna hitrost m^2/t in stični kot φ neobdelanih, alkalno obdelanih in beljenih viskoznih, modalnih in liocelnih vlaken

Vzorec	Viskozna			Modal			Liocel		
	surov	oprano	beljen	surov	oprano	beljen	surov	oprano	beljen
Kapilarna hitrost [g^2/s]	0,221	0,185	0,174	0,655	0,452	0,089	0,878	0,878	0,192
Stični kot φ [°]	68,34	59,17	57,82	77,10	75,00	59,20	76,10	74,80	58,60

Najmanjši stični kot imajo beljena viskozna vlakna φ $57,82^\circ$, ta se je v primerjavi s surovimi viskozni vlakni zmanjšal za 15 %. Stični kot beljenih modalnih vlaken je sicer nekoliko višji v primerjavi z viskozni vlakni φ $59,20^\circ$, vendar je glede na surova modalna vlakna manjši kar za 23 %. Prav tako se je za 23 % zmanjšal stični kot liocelnih vlaken po fazi beljenja in znaša φ $58,60^\circ$.

S tenziometrijo ugotovljene sorpcijske sposobnosti surovih regeneriranih celuloznih vlaken smo primerjali s klasično metodo zasledovanja hidrofilitnosti – ugotavljanje navzemanja vlage. Največji delež vlage pri standardni atmosferi so navzela surova viskozna vlakna s pribitkom vlage V_p 15,1 %, sledijo jim surova liocelna vlakna V_p 14,6 %, najmanj vlage pa so navzela surova modalna vlakna V_p 14,1 %. Kot je razvidno iz diagrama na sliki 5, trend naraščanja deleža navzete vlage od modalnih, prek liocelnih do viskoznih vlaken popolnoma sovpadajo s sposobnostjo omakanja preskušanih vlaken, ugotovljeno na osnovi tenziometrije, z izračunanimi stičnimi koti φ . Surova viskozna vlakna, ki so navzela največji delež vlage, imajo najmanjši stični kot, modalna vlakna z največjim stičnim kotom pa so navzela najmanjši delež vlage.



Slika 5: Delež vlage V_p [%] neobdelanih viskoznih, modalnih in liocelnih vlaken pri relativni zračni vlagi 65 % in temperaturi 20°C

Ugotavljanje sorpcijskih sposobnosti preskušanih regeneriranih celuloznih vlaken s tenziometrijo je skladno s pričakovanjem pokazalo, da so najbolj hidrofилna viskozna vlakna. Njihova dostopnost za topila se po predobdelavi, tako alkalni obdelavi kot po beljenju še znatno poveča. Kot je znano iz literaturnih virov [3, 17], so viskozna vlakna v primerjavi z modalnimi manj raztezana, manj orientirana in manj kristalina. Alkalna raztopina pralnega sredstva z lahkoto prodira v manj urejena amorfná področja, prekine medmolekulska učinkovanja med makromolekulami celuloze, vlakna nabreknejo, poveča se premer in s tem dostopna no-

tranja površina vlaken. To omogoča viskozni vlaknom večjo sposobnost omočenja s tekočino, doseganje manjših stičnih kotov φ in s tem boljše sorpcijske lastnosti. Za razliko od viskoznih kažejo modalna in liocelna vlakna bolj urejeno strukturo [3, 17], kar se odraža v manjšem prodiranju alkalnih raztopin v dostopna področja vlaken in s tem je vpliv alkalne obdelave na hidrofилni karakter vlaken manjši.

Kljub uporabi primernih koncentracij oksidanta in ustreznemu pH mediju, prihaja pri kemijskem beljenju do krašanja celuloznih makromolekul (depolymerizacija), padca polimerizacijske stopnje in nastanka novih hidrofилnih skupin (COOH skupine). Vpliv oksidacijskega delovanja se kaže v večjem padcu stičnega kota in s tem večji dostopnosti za topila pri vseh treh tipih regeneriranih celuloznih vlaken, tako viskoznih kot tudi modalnih in liocelnih vlakenih.

5.0 SKLEPI

S tenziometrijo smo na osnovi ugotavljanja kapilarne hitrosti in izračunavanja stičnih kotov natančneje opredelili hidrofobno/hidrofилni karakter regeneriranih celuloznih vlaken kot funkcijo različnih vrst predobdelav. Sorpcijsko sposobnost preskušanih vlaken smo primerjali s klasično metodo navzemanja vlage v vlaknih. Rezultati obeh metod so med seboj primerljivi in vodijo do podobnih zaključkov.

Med surovimi regeneriranimi celuloznimi vlakni imajo najboljše sorpcijske lastnosti po pričakovanju viskozna vlakna; navzela so največji delež zračne vlage in imajo najmanjši stični kot φ ($68,34^\circ$). Sledijo liocelna vlakna tako po navzemanju vlage kot po vrednosti stičnega kota ($76,1^\circ$), najmanjšo sposobnost omakanja pa imajo modalna vlakna z največjim stičnim kotom ($77,10^\circ$) in najmanjšim deležem navzete vlage.

S predobdelavo so se sorpcijske lastnosti vseh treh tipov regeneriranih celuloznih vlaken izboljšale, pri viskoznih vlaknih že po alkalni obdelavi, pri liocelnih in modalnih vlaknih pa bistveno predvsem po beljenju. Stični kot surovih viskoznih vlaken se je po alkalni predobdelavi zmanjšal za 13 %, modalnih in liocelnih vlaken pa le za 2 – 3 %. Po beljenju pa dosežejo najmanjši stični kot beljena viskozna vlakna (φ se zniža za 15 %), sledijo liocelna in nato modalna vlakna, pri katerih se stični kot zniža za 23 %.

Viri:

- [1] KREŽE, T., STRNAD, S., STANA-KLEINSCHKEK, K. in RIBITSCH, V. Influence of aqueous medium on mechanical properties of conventional and new environmentally friendly regenerated cellulose fibres. V *International Conferences on Polymer Characterization. Polychar-8*. Denton : University of North Texas, 2000, p. 0–12.

- [2] KREŽE, T. *Sorpcijske karakteristike klasičnih in novih okolju prijaznih regeneriranih celuloznih vlaken : doktorska disertacija*. Maribor : Univerza v Mariboru, 1999, str. 30–33, 149–150.
- [3] KLEMM, D., PHILIPP, B. in HEINZE, T. *Comprehensive cellulose chemistry. Vol. 1. Fundamentals and analytical methods*. Weinheim : Wiley-VCH, 1998.
- [4] MORTON, WE. in HEARLE, JWS. *Physical properties of textile fibres*. Manchester : The Textile Institute; London : Butterworths, 1962.
- [5] LEWIN, M. in SELLO, SB. *Chemical processing of fibres and fabrics. Part A. Fundamentals and preparation*. New York, Basel : Marcel Dekker, 1983.
- [6] SCHAUMANN, W. Properties of LenzingViscose and LenzingModal applied to finishing. *Lenzinger Berichte*, 1996, no.75, p. 81–90.
- [7] BERGER, W. Möglichkeiten und Grenzen alternativer Verfahren zur Celluloseauflösung und Verformung. *Lenzinger Berichte*, 1994, no. 74, p. 11–18.
- [8] BREIER, R. Die Strangveredlung von Lyocell – Aktueller Stand der Praxis. *Lenzinger Berichte*, 1997, no. 76, p. 108–111.
- [9] RÖSCH, G. Iz prakse predobdelave bombažnih tkanin. *Tekstilec*, 1988, let. 31, št. 4, str. 139–143.
- [10] STANA-KLEINSCHKEK, K. *Surface properties of processed cotton fibres : dissertation submitted to the Natural Science Faculty of the Karl Franzens University in Graz to obtain for the requirement of the degree of Doctor of Natural Science*. Graz : Karl Franzens Universität Graz, 1996.
- [11] BERAUS, F. Vpliv trdote vode na aktivnost stabilizatorjev za beljenje bombaža z vodikovim peroksidom. *Tekstilec*, 1991, let. 34, št. 2–3, str. 62–70.
- [12] OHLERICH, U. Hauptanwendungsgebiete für Ober- und Grenzflächenspannungsmessungen. V *Seminar Krüss GmbH*. Hamburg : Krüss.
- [13] *Kontaktwinkel und Adsorptionssysteme : Benutzhandbuch*. Hamburg : Krüss, 1996.
- [14] LECHNER, H. Die Kontaktwinkelmessung : ein Verfahren zur Bestimmung der freien Grenzflächenenergie von Festkörpern. V *Vortrag an der Universität für Bodenkultur*. Wien, Oktober, 1994, p. 1–19.
- [15] *Prüfung von Zellstoff : Bestimmung des Trockengewichts*. Standard DIN 54 351: 1977.
- [16] *Prüfung von Textilien : Angleichen der Proben an das Normalklima*. Standard DIN 53 802: 1979.
- [17] KRÄSSIG, H. *Cellulose, structure, accessibility and reactivity*. Y-Parc : Gordon and Breach Science Publishers, 1992.

Prispelo/Received: 04–2000; sprejeto/accepted: 06–2000