

PONAŠANJE PLETENINA NA BAZI KONOPLJE U POGLEDU TOPLOTNOG KOMFORA *

Nenad Mladenović¹, Matejka Bizjak², Snežana Stanković¹

¹Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Katedra za tekstilno
inženjerstvo, Beograd, Srbija

²Univerzitet u Ljubljani, Fakultet za prirodne nauke i inženjerstvo, Katedra za tekstil,
Ljubljana, Slovenija

Cilj ovog rada bio je ispitivanje mogućnosti proizvodnje komfornih tekstilnih materijala na bazi konoplje uvođenjem meke i tople poliakrilonitrilne pređe. Operacijom dubliranja pređa homogenog sirovinskog sastava (poliakrilonitrilne i pređe od konoplje) omogućeno je dobijanje pletenina homogenog sirovinskog sastava (100% konoplja, 100% poliakrilonitril) i pletenine od mešavine konoplje i poliakrilonitrilnih vlakana (50% konoplja + 50% poliakrilonitril). Kako su prenos toplote, vlage i vazduha kroz materijal glavni faktori toplotnog komfora, merena su termička svojstva, propustljivost vodene pare i vazduha pletenina upotrebom standardnih uređaja (Permetest, TextTest). Pokazalo se da su ispitivana svojstva konoplja+poliakril pletenine uporediva sa svojstvima pletenine od konoplje. Pored toga, rezultati su ukazali na efekte koje struktura pređe ispoljava u pogledu toplotnog komfora pletenina. Upotrebljena vlakana su manifestovala svoj uticaj na termička svojstva pletenina i njihovu sposobnost da propuštaju vazduh i vodenu paru kroz različitu sposobnost pakovanja vlakana u pređe. Ovim istraživanjem je potvrđena mogućnost dobijanja pletenina na bazi mešavine konoplje i poliakrilonitrilnih vlakana sa zadovoljavajućim svojstvima toplotnog komfora.

Ključne reči: toplotni komfor, pletenina, pređa, konoplja, termička svojstva, propustljivost vazduha, propustljivost vodene pare

* Rad saopšten na IX Simpozijumu "Savremene tehnologije i privredni razvoj", Leskovac, 21. i 22. oktobar 2011. godine

Adresa autora: Snežana Stanković, Tehnološko-metalurški fakultet, Katedra za tekstilno inženjerstvo, Karnegijeva 4, 11120 Beograd, Srbija
E-mail: stankovic@tmf.bg.ac.rs

UVOD

Komfor odeće predstavlja kompleksan fenomen koji se može razmatrati u istorijskom, kulturološkom i društvenom kontekstu. Komfor nekog odevnog predmeta uslovljen je fizičkim svojstvima tekstilnog materijala, veličinom i krojem odevnog predmeta, psiho-fiziološkim faktorima, kao što su čovekovo fiziološko stanje, životni stil, modni trendovi, i prethodnim čovečjim iskustvima, odnosno predrasudama, sklonostima i očekivanjima. U tom smislu se komfor može svrstati u tri grupe: psihološki ili estetski, toplotni i taktilni komfor. Toplotni komfor se odnosi na sposobnost tekstilnih materijala da ne remete termofiziološku ravnotežu čovečjeg tela i okruženja putem prenosa toplote i znoja koje je ljudski organizam proizveo. Ponašanje tekstilnog materijala u procesu termodinamičke razmene energije odevenog čovečjeg tela i okruženja uslovljeno je, pre svega, njegovom sposobnošću da prenosi toplotu i propušta vazduh i vodenu paru. Prema tome, termička svojstva, propustljivost vazduha i vodene pare predstavljaju ključne parametre tekstilnih materijala u pogledu toplotnog komfora.

Proizvodnja vlakana konoplje odlikuje se naglim usponima i padovima, počev od perioda intenzivnog gajenja pa do gotovo potpunog prekida poslednjih decenija. Konoplja je odavno poznata po upotrebi u tehničke svrhe proistekloj iz njene velike jačine i modula. Zahvaljujući svojim jedinstvenim svojstvima, kao što su odlična fiziološka i higijenska (sorpciona) svojstva, dobra termička i električna svojstva, antimikrobna i antialergijska svojstva, UV i IR zaštitna svojstva, kao i ekološka svojstva, vlakna konoplje se u današnje vreme reafirmišu za primenu u oblasti "zdravog" odevnog tekstila. Navedena svojstva vlakana konoplje, uz eliminisanje izvesnih slabosti kao što su mala sposobnost istezanja i savijanja, tvrdi opip i otežana transformacija u pređe i tekstilne površine, opredeljuju ih za primenu u oblasti odevnog tekstila sa dobrim predispozicijama sa aspekta komfora. Dosadašnja istraživanja idu u pravcu iznalaženja mogućnosti transformacije vlakana konoplje u komforne tekstilne materijale mešanjem sa drugim tekstilnim vlaknima (prirodnim i sintetičkim) u masi ili mešanjem traka u nekoj od faza proizvodnje pređe. U okviru ovog rada ispitivana je mogućnost proizvodnje komfornih odevnih tekstilnih materijala na bazi konoplje mešanjem vlakana konoplje sa štapel poliakrilonitrilnim (PAC) vlaknima. Novinu predstavlja činjenica da je mešanje ostvareno operacijom dubliranja pređa homogenog sirovinskog sastava, odnosno dubliranjem pređe od konoplje sa mekom i toplom PAC pređom. Ispitivanjem termičkih svojstava, propustljivosti vazduha i vodene pare pletenina na bazi konoplje omogućena je njihova evaluacija sa aspekta toplotnog komfora.

EKSPERIMENTALNI DEO

U okviru istraživanja korišćene su štapel pređa od konoplje i PAC pređa koje su se odlikovale istom nominalnom finoćom 50 tex. Faktičke karakteristike ovih pređa prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Konstrukcije karakteristike upotrebljenih pređa

Svojstvo, jedinica	Konoplja	PAC
Finoća, tex	47,8	48,7
Broj uvoja, m ⁻¹	370	351
Maljavost, m ⁻¹	3,4	63,5

Prethodnim stručnjem ovih pređa (dubliranje pređa bez dodatnih uvoja) dobijene su dublirane homogena pređa od konoplje i homogena PAC pređa i dublirana konoplja/PAC pređa. Na kružnoj pletačoj mašini finoće NoE 20 su od ovih pređa izrađene kulirane DL pletenine, čije su konstrukcije karakteristike prikazane u tabeli 2.

Tabela 2. Konstrukcije karakteristike pletenina

Svojstvo, jedinica		Konoplja+konoplja	Konoplja+PAC	PAC+PAC
Gustina, cm ⁻¹	D _h ^{a)}	5,5	5,5	6,5
	D _v ^{b)}	13,7	13	11
Površinska gustina, cm ⁻²		75,4	71,5	71,5
Debljina, mm		0,916	1,038	1,181
Površinska masa, g m ⁻²		360	360	370

a) horizontalna gustina pletenine; b) vertikalna gustina pletenine

Ispitivanje termičkih svojstava i propustljivosti vodene pare ispitivanih pletenina vršeno je na PERMETEST-u (Sensora Instruments, Češka) po proceduri nešto izmenjenoj u odnosu na standard ISO 11092 [1]. Izmene su se odnosile na primenu izotermskih uslova merenja koji su podrazumevali održavanje temperature u intervalu 20-22 °C u skladu sa ambijentalnom temperaturom. Umesto relativne vlažnosti paralelnog toka vazduha od 40 %, ispitivanja su vršena pri relativnoj vlažnosti od 60-65 % što je odgovaralo ambijentalnoj vlažnosti. Primenom ovog uređaja omogućeno je karakterisanje termičkih svojstava pletenina parametrima - termička otpornost (R_t) (m²K·W⁻¹) i koeficijent prelaza toplote (K) (Wm⁻²·K⁻¹), i propustljivosti vodene pare pomoću parametara – otpornost pletenina propuštanju vodene pare (R_{et}) (m²P_a·W⁻¹) i relativna propustljivost vodene pare (P_{ww}) (%) [2]. Upotrebom uređaja TextTest (Switzerland) ispitivana je propustljivost vazduha pletenina prema standardnoj proceduri ISO 9237 [3] koja je podrazumevala merenje protoka vazduha kroz tekstilni materijal pri konstantnom gradijentu pritiska. Parametar propustljivost vazduha (Q) (m³m⁻² min⁻¹) definisan je kao količina vazduha koja za 1 minut prođe kroz 1 m² tekstilnog materijala pri konstantnom gradijentu pritiska.

U svrhu analize ponašanja pletenina na bazi konoplje u pogledu sposobnosti prenosa toplote i propustljivosti vazduha i vodne pare, izračunate su gustina pletenina (δ) (g·cm⁻³) kao odnos površinske mase i debljine pletenine, i poroznost pletenine P (%) kao ukupna količina vazduha u pletenini uključujući pore između i unutar pređe.

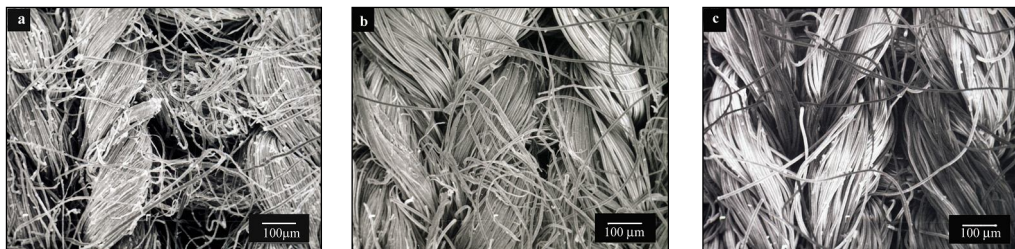
REZULTATI I DISKUSIJA

Zahvaljujući činjenici da su upotrebljene pređa od konoplje i PAC pređa iste nominalne finoće i bliskih vrednosti upredanja, proizvedene pletenine su se odlikovale približnim konstrukcionim karakteristikama (tabela 2). Izvesne male varijacije u površinskoj gustini, debljini i masi pletenina pripisuju se razlikama upotrebljenih pređa u pogledu savitljivosti, mekoće i gustini pakovanja vlakana. Naime, upotrebljena pređa od konoplje je ranije okarakterisana kao slabije savitljiva, kompaktna, sa velikom gustinom pakovanja vlakana u njoj [4]. Maljavost površine ove pređe je izuzetno mala (tabela 1) jer je, usled male gipkosti vlakana konoplje, migracija vlakana prilikom formiranja pređe znatno usporena čime je sprečeno intenzivnije oslobađanje krajeva vlakana u površinskom sloju pređe. Nasuprot tome, izražena maljavost PAC pređe (tabela 1) ukazuje na njenu rastresitu strukturu što podrazumeva veći prečnik pređe sa većim sadržajem vazduha unutar nje. Varijacije u površinskoj masi i debljini ispitivanih pletenina odrazile su se na razlike u njihovoj gustini (tabela 3). Interesantno je, međutim, da su ispitivane pletenine ispoljile približne vrednosti poroznosti.

Tabela 3. Fizička svojstva pletenina

Svojstvo, jedinica	Konoplja+konoplja	Konoplja+PAC	PAC+PAC
Gustina, g·cm ⁻³	0,398	0,347	0,313
Poroznost, %	74,0	73,3	73,9
Propustljivost vazduha, m ³ m ⁻² min ⁻¹	64,7	62,3	44,8

Generalno je prihvaćeno da struktura tekstilnog materijala u najvećoj meri određuje njegovu sposobnost da propušta vazduh, pri čemu ključne parametre predstavljaju debljina i poroznost materijala. Međutim, u okviru ovog istraživanja uprkos bliskim vrednostima poroznosti i vrlo malim varijacijama debljine pletenina, uočena su izvesna odstupanja u propustljivosti vazduha (tabela 3). Bliske vrednosti propustljivosti vazduha uočene su kod pletenine izrađene od pređe od konoplje i kod pletenine izrađene od stručene konoplja/PAC pređe. Pletenina koja je bila izrađena od stručene dve PAC pređe ispoljila je propustljivost vazduha za oko 30 % nižu u odnosu na pleteninu od konoplje. Ovo ukazuje na različit karakter poroznosti ovih pletenina, odnosno na razlike u distribuciji pora unutar strukture pletenina, budući da su ranija istraživanja pokazala da je, pored ukupne poroznosti, od posebne važnosti broj, oblik i veličina makropora (otvorenih pora ili pora između pređa) u materijalu [5,6]. Pored konstrukcionih karakteristika tekstilnog materijala, makroporoznost je uslovljena i geometrijom pređe jer rastresitija struktura pređe ili maljavija površina pređe u izvesnoj meri zatvaraju pore i menjaju njihov oblik smanjujuću praktično makroporoznost materijala. SEM mikrofotografije ispitivanih pletenina potvrdile su uticaj geometrije pređe na distribuciju pora u pleteninama (slika 1).



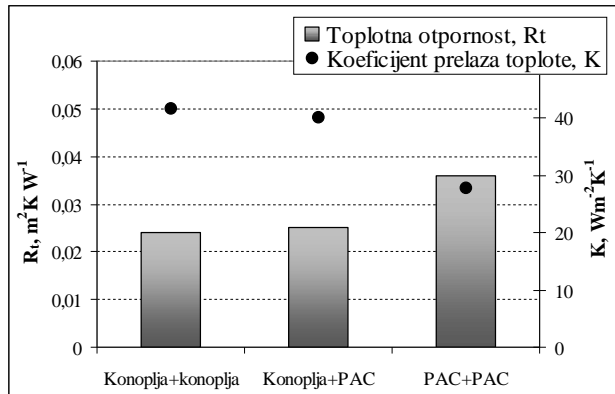
Slika 1. SEM mikrofotografije DL pletenina: (a) konoplja; (b) konoplja+PAC; (c) PAC

Veća gustina pakovanja vlakana konoplje u pređi smanjila je količinu vazduha unutar same pređe izazivajući istovremeno povećanje otvorene slobodne površine između pređa u pletenini (slika 1a) i povećanje propustljivosti vazduha. Veća količina vazduha uključena u PAC pređu, iako je doprinela ukupnoj poroznosti pletenine, dovela je do „zatvaranja“ njene strukture (slika 1c) i nije mogla da doprinese strujanju vazduha kroz pleteninu. SEM mikrofotografija pletenine izrađene od stručene PAC pređe sa pređom od konoplje (slika 1b) ukazuje na izvesno „zatvaranje“ strukture, ali uprkos tome, propustljivost vazduha je samo neznatno smanjena (3,7 %) u odnosu na pleteninu od konoplje. Ovo se može objasniti činjenicom da, iako su poroznost tekstilnog materijala i propustljivost vazduha u tesnoj vezi, njihova korelacija nije uvek jednostavna. U poređenju sa poroznošću kao statičkim svojstvom, strujanje vazduha kroz otvorene pore materijala može da dovede do pomeranja nekih štrčećih vlakana čime se postiže efekat veće propustljivosti vazduha.

Termička svojstva tekstilnih materijala uslovljena su vrstom vlakana, strukturom i svojstvima pređe i strukturom tekstilnog materijala [7]. Iako su u procesu prenosa toplote kroz tekstilni materijal zastupljena sva tri mehanizma (kondukcija, konvekcija i radijacija), smatra se da je kondukcija najvažniji mehanizam prenosa toplote kroz tekstilni materijal. Toplotna konduktivnost materijala određena je toplotnom konduktivnošću vlakana i vazduha, pri čemu treba imati u vidu da se vazduh uključen u strukturu materijala vrlo često ponaša kao izolacioni medijum [8]. Kada je reč o strukturi tekstilnog materijala, njegova debljina i poroznost predstavljaju osnovne parametre termičkog ponašanja. Rezultati toplotne otpornosti i koeficijenta prolaza toplote ispitivanih pletenina prikazani su na slici 2. Očigledno je različito termičko ponašanje pletenine od konoplje i PAC pletenine. Konoplja+PAC pletenina ispoljila je vrednosti ispitivanih parametara bliske vrednostima pletenine od konoplje.

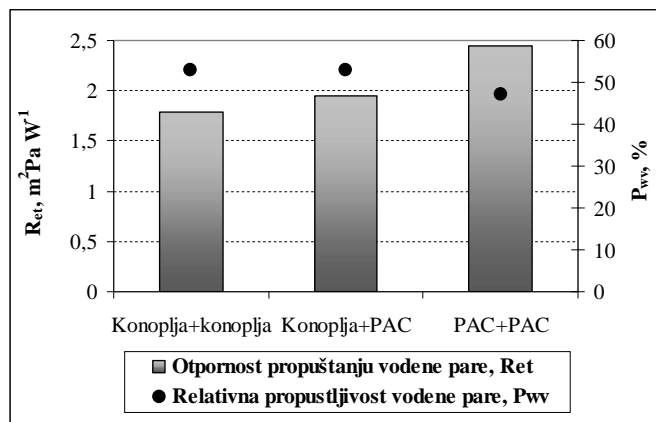
Manjoj toplotnoj otpornosti pletenine od konoplje doprinosi veća gustina pakovanja vlakana konoplje u pređu, jer se povećanjem intimnog kontakta između vlakana ubrzava provođenje toplote kroz pređu. Pored toga, veća otvorena slobodna površina ove pletenine omogućila je i prenos toplote konvekcijom kroz makropore. Povećana toplotna otpornost PAC pletenine je posledica smanjene toplotne konduktivnosti PAC vlakana u odnosu na celulozna vlakna, kao i rastresite i maljave PAC pređe upotrebene u ovom eksperimentu. Vazduh uključen u jezgro i površinski sloj PAC

pređe predstavljao je izolacioni medijum usporavajući prenos toplote. Čini se da je kod konoplja+PAC pletenine dominantan uticaj ispoljila kompaktna pređa od konoplje.



Slika 2. Termička svojstva DL pletenina

Smatra se da celulozna vlakna imaju dobru sposobnost propuštanja vodene pare zahvaljujući prisustvu lumena u njihovoj strukturi. Pored toga, veruje se da hidrofilna površina celuloznih vlakana ubrzava difuziju molekula adsorbovanih na njihovoj površini. Sa druge strane, ranija istraživanja su pokazala da struktura tekstilnog materijala, pre svega njegova debljina i poroznost, mogu značajno da utiču na propustljivost vodene pare [9]. Polazeći od činjenice da je difuzija vodene pare kroz vazduh gotovo trenutna, većina autora se slaže da je, pored ukupne poroznosti materijala, otvorena slobodna površina u materijalu od presudnog značaja. Rezultati koji se odnose na otpornost propuštanju vodene pare i relativnu propustljivost vodene pare ispitivanih pletenina prikazani su na slici 3.



Slika 3. Propustljivost vodene pare DL pletenina

Pletenina od konoplje je ispoljila očekivanu manju otpornost propuštanju vodene pare odnosno, veću relativnu propustljivost u poređenju sa PAC pleteninom. Budući da je u okviru ovog istraživanja ispitivanje propustljivosti vodene pare sprovedeno u stacionarnim uslovima, smatra se da je prenos vodene pare obavljen mehanizmima molekulske difuzije kroz vlakno, difuzijom po površini vlakna i difuzijom kroz otvorene pore pletenina. U tom smislu, verujemo da je veća otpornost propuštanju vodene pare PAC pletenine, pored hidrofobnosti poliakrilonitrilnih vlakana, posledica i „zatvorene“ strukture pletenine (slika 1c). Nasuprot tome, pored hidrofilnosti vlakana konoplje, manja otpornost propuštanju vodene pare pletenine od konoplje može se pripisati njenoj većoj makroporoznosti (slika 1a). Upotrebom stručene konoplja+PAC pređe dobijena je pletenina koja je okarakterisana propustljivošću vodene pare približnu propustljivosti vodene pare pletenine od konoplje. U ovom slučaju se čini da je, pored pozitivnog uticaja hidrofilne i kompaktne pređe od konoplje, povećanju propustljivosti vodene pare doprinela čak i PAC pređa. Naime, veruje se da je usled velike maljavosti PAC pređe, čime je povećana njena specifična površina, došlo do intenziviranja površinske difuzije adsorbovanih molekula vlage.

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati su pokazali da struktura pređe može značajno da utiče na sposobnost pletenina da prenose toplotu, propuštaju vazduh i vodenu paru odnosno, na toplotni komfor pletenina. Struktura pređa upotrebljenih u ovom istraživanju bila je uslovljena svojstvima PAC vlakana i vlakana konoplje. Razlike u geometriji i svojstvima ovih vlakana odrazile su se na gustinu pakovanja vlakana u pređu. Različita gustina pakovanja PAC vlakana i vlakana konoplje uzrokovala je razlike u prečniku i površinskim svojstvima pređa. Kao posledica toga, proizvedene pletenine su se odlikovale različitom distribucijom pora odnosno, različitim karakterom poroznosti što je uslovalo razlike u ponašanju pletenina u pogledu prenosa toplote i propuštanja vazduha i vodene pare.

PAC pletenina i pletenina od konoplje su okarakterisane različitim termičkim svojstvima i različitom propustljivošću vazduha i vodene pare, pri čemu se pletenina od konoplje pokazala superiornom u pogledu ispitivanih svojstava. Činjenica da je konoplja+PAC pletenina ispoljila termička svojstva i svojstva propustljivosti vazduha i vodene pare bliska svojstvima pletenine od konoplje, nameće sledeće zaključke:

- Pletenine na bazi mešavine konoplje i poliakrilonitrilnih vlakana pružaju vrlo zadovoljavajuća svojstva toplotnog komfora, i
- Mešanje različitih sirovina operacijom dubliranja pređa homogenog sirovinskog sastava pruža mogućnost dobijanja pletenina željenih svojstava toplotnog komfora.

Zahvalnica

Rad je deo istraživanja u okviru projekta OI -171029 koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije

Literatura

- [1] ISO 11092 Textiles – Physiological effects – Measurement of the thermal and water-vapor resistance
- [2] Sensora Instruments & Consalting, Manual of use of the instruments version 2005 with digital indication of heat flow
- [3] ISO 9237 Textiles – Determination of the permeability of fabrics to air
- [4] S. Stanković, Uticaj strukture pređa na bazi agroceluloznih vlakana na njihovu dalju tekstilnu transformaciju i upotrebna svojstva, Doktorska disertacija, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2009.
- [5] S Backer, Textile Res. J. 21 (1951) p. 703
- [6] H.N. Yoon, A. Buckley, Textile Res. J. 54 (1984) p. 289
- [7] S. Stanković, Komfor odeće, Zadužbina Andrejević, Beograd, u štampi
- [8] S Stanković, D. Popović, G. Poparić, Polymer Testing, 27 (2008) p. 41
- [9] R.N. DeMartino, Y.N. Yon, A. Buckley, Textile Res. J. 54 (1984) p. 602

SUMMARY

THERMAL COMFORT BEHAVIOUR OF HEMP BASED KNITTED FABRICS

(Original scientific paper)

Nenad Mladenović¹, Matejka Bizjak², Snežana Stanković¹

¹University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Textile Engineering Department, Belgrade, Serbia

²University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, Ljubljana, Slovenia

The hemp fibres production is characterized by sharp ups and downs, from the extensively growing to their decline in the past decades. Thanks to the unique hemp fibre properties, such as physiological, hygienic and ecological properties, hemp is nowadays reintroduced as a potential fibre source for health clothing textiles. However, hemp fibres have some limitations concerning the coarseness and lower elasticity. The aim of this study was to investigate the possibilities of producing hemp based comfort textile materials by involving soft and warm synthetic (acrylic) yarn. Since the transport of heat, moisture and air through a fabric are the major factors in thermal comfort, thermal properties, water vapour permeability and air permeability of the knitted fabrics were measured by standard testing devices (Permetest and TexTest). Yarn structure seems to be a significant factor influencing thermal comfort properties of knitted fabrics. In this investigation the differences in the yarn structure came from the differences in fibre geometry and properties, and manifested through the packing density into yarn. The hemp+acrylic knitted fabric exhibited transport properties at a comparable level to pure hemp knitted fabric, so the possibility of obtaining

hemp+acrylic knitted fabrics with satisfactory thermal comfort properties was confirmed.

Key words: thermal comfort, knitted fabric, yarn, hemp, thermal properties, air permeability, water vapour permeability.

Primljen / Received: 23. maj 2011. godine

Prihvaćen / Accepted: 06. jun 2011. godine