

UTICAJ TERMIČKOG FIKSIRANJA MEĐUPOSTAVE NA KVALITET ODEVNIH TKANINA OCENJEN SA ASPEKTA NJIHOVIH ELEKTRIČNIH OTPORNOSTI

Koviljka Asanović^{1*}, Tatjana Mihailović¹, Mirjana Kostić¹, Iva Gajić¹,
Aleksandra Ivanovska¹

¹Katedra za tekstilno inženjerstvo, Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija
*e-mail: koka@tmf.bg.ac.rs

Naučni rad
UDC: 677.021:677.027
doi: 10.5937/tekstind2004004A

Apstrakt: U radu je ispitivan uticaj termičkog fiksiranja tkane međupostave na kvalitet tkanina ocenjen sa aspekta njihove specifične zapreminske električne otpornosti. Ispitivanja su obuhvatila tkanine od pamuka, lana, viskoze, poliestra i mešavine pamuk/poliestar izrađene u platno prepletaju i tkaninu dobijenu od mešavine pamučnih i poliestarskih vlakana u keper 3/1S prepletaju. U svojstvu međupostave, korišćena je pamučna tkanina sa tačkasto nanetim termoplastičnim vezivnim sredstvom. Dobijeni rezultati su pokazali da na specifičnu zapreminsku električnu otpornost tkanina utiče njihov sirovinski sastav, prepletaj, vrsta upotrebljenog prediva, gustina tkanina koja je posebno izražena kod međupostave, proces termičkog fiksiranja međupostave kao i vlažnost vazduha u kome se nalazi tekstilni materijal. Termičko fiksiranje međupostave u velikoj meri smanjuje specifičnu zapreminsku električnu otpornost poliestarske tkanine (499 puta u pravcu osnove i 860 u pravcu potke), a povećava otpornost ostalih tkanina u rasponu od 1,3 puta kod viskozne i tkanine dobijene od mešavine pamučnih i poliestarskih vlakana u platno prepletaju do 3,9 puta kod tkanine keper prepletaja. Na osnovu sprovedenog ispitivanja može se zaključiti da se kvalitet ispitivanih tkanina, ocenjen na osnovu njihovih električnih otpornosti, značajno poboljšava u slučaju poliestarske tkanine, odnosno pogoršava kod preostalih tkanina posle termičkog fiksiranja međupostave.

Ključne reči: odevne tkanine, tkana međupostava, termičko fiksiranje, specifična zapreminska električna otpornost, kvalitet tkanina.

THE INFLUENCE OF THERMAL FIXATION OF INTERLINING ON THE QUALITY OF WOVEN CLOTHING FABRICS EVALUATED FROM THE ASPECT OF THEIR ELECTRICAL RESISTANCE

Abstract: In this paper, the influence of thermal fixation of woven interlining on the quality of woven fabrics, evaluated from the aspect of their dc volume electrical resistivity, was investigated. The plain weave fabrics made from cotton, flax, viscose, polyester, and cotton/polyester blends and 3/1S twill weave fabric obtained from cotton and polyester fibers blend were investigated. A cotton fabric with a point-applied thermoplastic binder was used as an interlining. The obtained results showed that the dc volume electrical resistivity of fabrics is influenced by their chemical composition, type of weave, type of yarn, fabric density which is especially pronounced in the interlining, the process of thermal fixation of the interlining, and ambient air humidity. The thermal fixation of

the woven interlining greatly reduces the dc volume electrical resistivity of polyester fabric (499 times in the warp direction and 860 times in the weft direction), and increases the resistivity of other fabrics in the range of 1.3 times for viscose fabric and fabric obtained from cotton and polyester fibers blend in plain weave to 3.9 times for twill weave fabric. Based on the conducted investigation, it can be concluded that the quality of the tested fabrics evaluated from the aspect of their electrical resistivities, was significantly improved in the case of polyester fabric i.e worsens in the other investigated fabrics after thermal fixation of the woven interlining.

Keywords: clothing woven fabrics, fusible woven interlining, thermal fixation, dc volume electrical resistivity, quality of woven fabrics.

1. UVOD

Poznato je da je električna otpornost (zapreminska i površinska) najčešće određivano elektro-fizičko svojstvo tekstilnih materijala [1-3]. Veliki broj radova je posvećen praćenju uticaja kako unutrašnjih faktora (sirovinskog sastava tj. vrste vlakana, sadržaja amorfni i kristalnih područja u vlaknima, strukturnih karakteristika tkanina, sadržaja vlage u tkaninama itd.), tako i spoljašnjih faktora (vlažnosti i temperature spoljnog vazduha) na električnu otpornost tkanina [2-11]. Pored navedenog, novija istraživanja različitih autora su pokazala da na električnu otpornost tkanina utiču i različiti tretmani kojima su one podvrgnute [4, 12-16]. Kramar sa saradnicima je u svom radu [4] pokazala da obrada plazmom pamučne i viskozne tkanine dovodi do smanjenja njihovih električnih otpornosti posebno ako su u njih inkorporirani joni srebra, bakra ili cinka. Ivanovska sa saradnicima [12] je ustanovila da selektivno uklanjanje hemiceluloza iz tkanina od jute (modifikovane sa 5% NaOH, 10% NaOH i 17,5% NaOH u trajanju od 5 minuta) dovodi do povećanja sadržaja vlage u tkaninama, a time smanjenja njihovih specifičnih zapreminskih električnih otpornosti. Giesz sa saradnicima [13] je pokazala da su posle jednog uranjanja u etanolni koloid AgNW (Ag u obliku nanoprovodnika) i naknadnog sušenja, pamučna i viskozna tkanina ostale neprovodne (površinska otpornost pamučne tkanine je iznosila $4,9 \times 10^{10}$, a viskozne $3,6 \times 10^{11}$ Ω). Međutim, pamučna tkanina je ispoljila izvrsnu provodljivost posle 10 uranjanja (20 Ω), a viskozna tkanina posle 15 uranjanja (46 Ω) u AgNW. Površinska otpornost modifikovane pamučne tkanine je porasla sa 20 na 195 Ω posle 50 pranja, a AgNW sloj je bio stabilan i tkanina je i dalje pokazivala visoku provodljivost, za razliku od viskozne tkanine koja je posle dva pranja postala neprovodna, a njena površinska otpornost se povećala sa 46 na $1,4 \times 10^{11}$ Ω . Pawlak sa saradnicima [14] je zaključio da upotreba tehnologije vakuumske taloženja srebra i zlata visoke čistoće omogućava proizvodnju fleksibilnog i lakog elektroprovodnog tekstila, tj. tekstila male električne otpornosti. Tunáková sa saradnicima [15]

je ustanovila da proces pranja i sušenja tkanine koja sadrži izuzetno fina čelična vlakna ugrađena u strukturu pređe dovodi do statistički značajnog povećanja površinske i zapreminske otpornosti tkanina, kao i da se nakon 20 ciklusa pranja/sušenja zapreminska otpornost povećava za 31% u poređenju sa neopranim uzorkom. Varnaite i Katunskis [16] su utvrdili da se površinske i zapreminske otpornosti poliestarskih (PES) tkanina i tkanina dobijenih od mešavine pamučnih i poliestarskih vlakana sa umetnutim provodljivim pređama (PES/INOKS ili pređama koje su naslojene srebrom) povećavaju nakon abrazije sa 5000, 10000, 15000, 25000, 35000 i 45000 abrazionih ciklusa na Martindale-ovom uređaju. Takođe, registrovali su niže zapreminske otpornosti kod tkanina koje u svojoj strukturi imaju PES/INOKS pređe.

Na osnovu napred iznetog, uočava se, da je u najvećem broju slučajeva praćen uticaj hemijskih tretmana, pranja/sušenja ili abrazije na električnu otpornost tkanih struktura. U našem prethodnom radu [17] ispitivan je uticaj termičkog fiksiranja međupostave na tkanine keper prepletaja dobijene od mešavine pamučnih i poliestarskih vlakana na njihovu specifičnu zapreminsku električnu otpornost. Imajući u vidu da u dostupnoj literaturi nije detaljnije ispitivan uticaj termičkog fiksiranja međupostave na električnu otpornost tkanina, cilj ovog rada je bio da se proširivanjem eksperimentalnog materijala sagleda na koji način termičko fiksiranje međupostave na tkanine različitog sirovinskog sastava i prepletaja utiče na njihov kvalitet sa aspekta njihove specifične zapreminske električne otpornosti.

2. MATERIJAL I METODE

2.1. Materijal

Eksperimentalni materijal je obuhvatio pet komercijalno proizvedenih odevnih tkanina platno prepletaja različitog sirovinskog sastava (pamuk, lan, viskoza, poliestar i mešavina pamuk/poliestar) i jednu tkaninu keper prepletaja izrađenu od mešavine

pamučnih i poliestarskih vlakana. Kao međupostava (uzorak MP) upotrebljena je pamučna tkanina platno prepletaja sa tačkasto nanetim termoplastičnim vezivnim sredstvom debljine 0,435 mm, površinske mase 99 g·m⁻², gustine po osnovi 171 dm⁻¹ i gustine po potki 89 dm⁻¹. Pravac osnove (potke) ispitivanih tkanina i pravac osnove (potke) međupostave poklapali su se tokom procesa termičkog fiksiranja. Strukturne karakteristike ispitivanih tkanina pre termičkog fiksiranja i njihove debljine i površinske mase posle termičkog fiksiranja međupostave prikazane su u Tabeli 1.

verziteta u Beogradu. Određivanje zapreminske električne otpornosti tkanina, u pravcu osnove i u pravcu potke, sprovedeno je primenom stacionarne naponske metode [3, 4, 7, 17]. Merenja su realizovana pri desorpciji vlage sa uzoraka, tj. pri sniženju vlažnosti vazduha u komori uređaja u intervalu od 70% do 50%. U cilju povećanja osetljivosti metode, po tri uzorka od svake ispitivane tkanine, odnosno sedam uzoraka poliestarske tkanine je istovremeno bilo povezano sa elektrodama uređaja tokom svakog merenja. Sva me-

Tabela 1: Strukturne karakteristike ispitivanih tkanina pre i posle termičkog fiksiranja međupostave

Redni broj uzorka		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Pre termičkog fiksiranja							
Oznaka uzorka		1NF	2NF	3NF	4NF	5NF	6NF
Sirovinski sastav		Pamuk (100%)	Lan (100%)	Viskoza (100%)	PES (100%)	Pamuk/PES (33/67%)	Pamuk/PES (33/67%)
Prepletaj		platno	platno	platno	platno	platno	keper 3/1
Finoća pređe, tex	osnova	35	48	27	36	16x2	27
	potka	35	44	34	34	16x2	29
Utkanje pređe, %	osnova	7,8	6,7	9,3	10,5	8,8	2,9
	potka	8,6	3,2	8,1	8,7	2,0	4,4
Gustina tkanine, dm ⁻¹	osnova	269	209	257	228	356	452
	potka	221	188	268	211	214	224
Debljina tkanine, mm		0,364	0,368	0,366	0,450	0,390	0,397
Površinska masa tkanine, g·m ⁻²		180	202	160	179	183	203
Posle termičkog fiksiranja							
Oznaka uzorka		1TF	2TF	3TF	4TF	5TF	6TF
Debljina tkanine, mm		0,783	0,778	0,760	0,827	0,795	0,807
Površinska masa tkanine, g·m ⁻²		265	289	258	263	263	285

2.2. Metode

Debljina međupostave i debljina ispitivanih tkanina pre i posle termičkog fiksiranja međupostave izmerena je primenom debljinomera (AMES, tip 414-10, USA) pri pritisku od 9,81 kPa [17], a njihove površinske mase u skladu sa standardom ISO 3801 [18]. Gustina, kako ispitivanih tkanina, tako i međupostave, određena je u skladu sa standardom SRPS EN 1049-2 [19]. Ostale strukturne karakteristike ispitivanih tkanina određene su prema procedurama datim u literaturi [20].

Zapreminska električna otpornost tkane međupostave i ispitivanih tkanina, kako pre tako i posle termičkog fiksiranja međupostave, određena je primenom uređaja razvijenog na Katedri za tekstilno inženjerstvo Tehnološko-metalurškog fakulteta Uni-

verziteta u Beogradu. Merenja su realizovana u letnjim uslovima na sobnoj temperaturi (28 ± 2 °C).

Na osnovu izmerene zapreminske električne otpornosti tkanina (R_x , GΩ), izračunata je specifična zapreminska električna otpornost uzoraka (ρ , GΩcm), primenom jednačine [3, 4, 17]:

$$\rho = \frac{R_x \cdot S_F}{l} \quad (1)$$

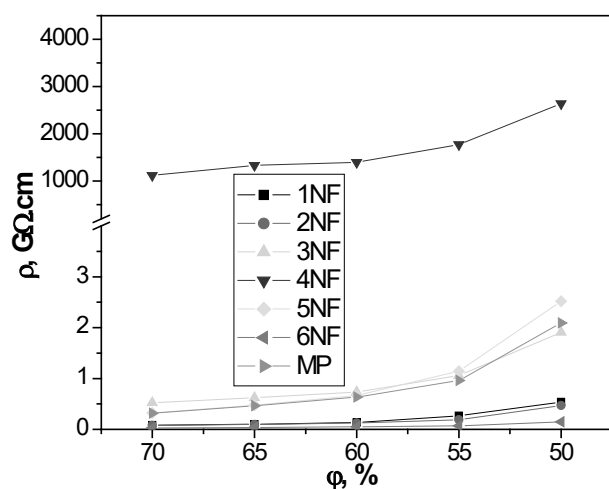
gde je: R_x zapreminska električna otpornost (GΩ), S_F površina poprečnog preseka uzorka (cm²) određena kao proizvod debljine uzorka i njegove širine, a l je dužina uzorka tj. rastojanje između elektroda koje iznosi 1 cm.

Specifična zapreminska električna otpornost predstavlja kvantitativni pokazatelj otpornosti ispitivanog uzorka proticanju električne struje.

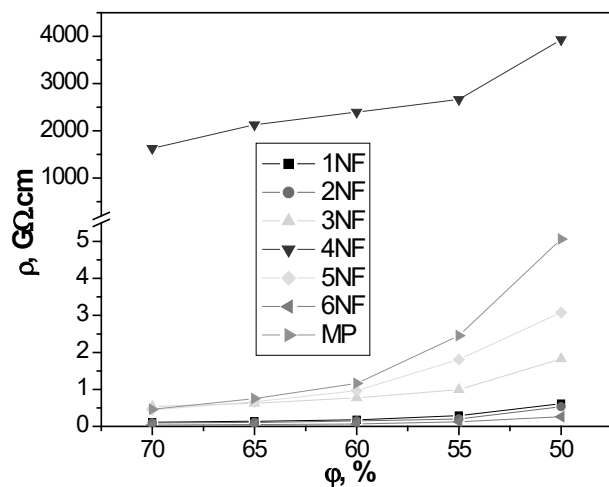
3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Specifične zapreminske električne otpornosti tkanina pre termičkog fiksiranja međupostave

Na Slici 1 prikazani su rezultati specifičnih zapreminskih električnih otpornosti (u daljem tekstu specifična otpornost) ispitivanih tkanina i tkane međupostave, određeni u uslovima desorpcije vlage sa uzoraka u intervalu od 70% do 50% relativne vlažnosti vazduha (u daljem tekstu vlažnost vazduha).



(a)



(b)

Slika 1: Specifična otpornost (ρ) međupostave i ispitivanih tkanina pre termičkog fiksiranja međupostave u funkciji vlažnosti vazduha (ϕ): (a) u pravcu osnove, (b) u pravcu potke

Krive prikazane na Slici 1 nedvosmisleno govore o značajnom uticaju, kako sirovinskog sastava tkanina,

tako i vlažnosti vazduha na specifičnu otpornost tkanih struktura. Najveću otpornost u kategoriji tkanina platno prepletaja, u oba strukturalna pravca, je pokazala tkanina od poliestarskih vlakana (uzorak 4NF), a najmanju lanena tkanina (uzorak 2NF), što je u saglasnosti sa ranije objavljenim rezultatima [2]. Tkanina dobijena od poliestarskih vlakana (uzorak 4NF) pokazala je za nekoliko redova veličine veću specifičnu otpornost u odnosu na sve ostale ispitivane tkanine platno prepletaja na bazi celuloze. Hidrofobnost poliestarskih vlakana, koja ne pokazuje sklonost ka sorpciji vlage iz svog okruženja, razlog je visoke vrednosti specifične otpornosti poliestarske tkanine [1, 21]. Suprotno ovome, znatno niže specifične otpornosti pamučne, lanene i viskozne tkanine (uzorci 1NF-3NF) su posledica hidrofilnosti vlakana od kojih su tkanine dobijene. Naime, prirodna celulozna vlakna (pamučna i lanena) i derivati celuloze (viskozna vlakna) zahvaljujući prisustvu velikog broja hidroksilnih grupa su sklona da sorbuju, ali i da zadrže vlagu, usled interakcije hidroksilnih grupa i molekula vode iz vazduha. Ovo je razlog zašto su tkanine od celuloznih vlakana ispoljile daleko niže vrednosti otpornosti [2, 7, 17] od poliestarske tkanine. Tkanina platno prepletaja dobijena od mešavine pamučnih i poliestarskih vlakana (uzorak 5NF) je pokazala veću vrednost specifične otpornosti od pamučne tkanine (uzorak 1NF), ali značajno nižu od poliestarske tkanine (uzorak 4NF). Dobijeni rezultat je potvrdio da specifična otpornost tekstilnih materijala izrazito zavisi od sirovinskog sastava pređa orijentisanih u pravcu proticanja struje. Osim toga, ustanovljeno je da kod uzorka dobijenog od mešavine vlakana različite električne otpornosti, komponenta sa manjom otpornošću, u konkretnom slučaju pamuk, ima dominantnu ulogu u provođenju električne struje [3, 5, 6]. Od ispitivanih celuloznih tkanina platno prepletaja (uzorci 1NF-3NF) najmanju specifičnu otpornost je pokazala lanena tkanina (uzorak 2NF), a najveću viskozna tkanina (uzorak 3NF), što je takođe u skladu sa rezultatima prikazanim u radu [2]. Takođe, rezultati prikazani na Slikama 1a i 1b pokazuju da ispitivane tkanine imaju nešto niže otpornosti u pravcu osnove, nego u pravcu potke, zbog većih gustina tkanina u podužnom, nego u poprečnom pravcu (Tabela 1), odnosno većeg broja paralelnih pređa koje prenose usmereno naelektrisanje kroz uzorak [2, 3, 5, 6, 17].

Iako je međupostava (uzorak MP) istog sirovinskog sastava (pamuk) i prepletaja (platno) kao i uzorak 1NF, registrovana je znatno veća specifična otpornost međupostave od ispitivane pamučne tkanine. Utvrđeno je da je pri vlažnosti vazduha od 60% (sredina ispitivanog intervala vlažnosti) specifična otpornost

međupostave 4,7 puta veća u pravcu osnove, odnosno 6,6 puta u pravcu potke u odnosu na otpornost ispitivane pamučne tkanine, što je posledica međusobnog delovanja većeg broja faktora: manje gustine međupostave u pravcu osnove, a posebno u pravcu potke [2, 3, 5, 6,17], tačkasto nanetog termoplastičnog vezivnog sredstva, koje je obično na bazi poliolefina izrazito visoke električne otpornosti [17, 21], kao i činjenice da naneto vezivno sredstvo remeti pravolinijski tok naelektrisanja kroz međupostavu [17].

Poredeći rezultate specifične otpornosti uzoraka 5NF i 6NF, koji imaju isti sirovinski sastav (mešavina pamučnih i poliestarskih vlakana), a različit prepletaj (platno i keper), uočava se da tkanina platno prepletaja (uzorak 5NF) pri vlažnosti vazduha od 60% ima 13,4 puta veću specifičnu otpornost u pravcu osnove i 14,6 puta u pravcu potke u odnosu na specifičnu otpornost tkanine keper prepletaja (uzorak 6NF). Značajne razlike u specifičnim otpornostima uzorka 5NF i uzorka 6NF se mogu objasniti uticajem prepletaja, što je u saglasnosti sa rezultatima dobijenim za vunene tkanine [8], kao i dodatnom uticaju drugih strukturnih parametara tkanina (finoće pređe, strukture pređe u smislu upotrebe jednožične ili končane pređe i gustine tkanine). Naime, kako je prikazano u tabeli 1, tkanina platno prepletaja (uzorak 5NF) je izrađena upotrebom dvožičnog prediva, dok je za izradu tkanine keper prepletaja (uzorak 6NF) korišćena jednožična pređa. U ranijim radovima [3, 5, 8] je konstatovano da je električna otpornost u strukturnom pravcu tkanine sa jednožičnim pređama niža u odnosu na strukturni pravac sa dvožičnim pređama usled boljeg kontakta između vlakana u jednožičnoj nego u dvožičnoj pređi, a time i lakšeg provođenja električne struje kroz ispitivani uzorak. Dodatno, veća gustina tkanine keper prepletaja u oba strukturna pravca je doprinela njenoj nižoj specifičnoj otpornosti u odnosu na specifičnu otpornost tkanine platno prepletaja.

Kao što je poznato, električna otpornost tekstilnog materijala značajno zavisi od vlažnosti okolnog vazduha, a time i od sadržaja vlage u ispitivanom uzorku [2-5, 9, 17]. Sniženje vlažnosti vazduha, kao što se vidi sa Slike 1, praćeno je porastom specifičnih otpornosti svih ispitivanih tkanina, uključujući i međupostavu, u oba strukturna pravca tkanina. Kvantitativno izražene vrednosti promene specifične otpornosti tkanina sa sniženjem vlažnosti vazduha u rasponu od 70% do 50% prikazane su u Tabeli 2. Promena specifičnih otpornosti prikazana je kao odnos specifičnih otpornosti tkanina određenih pri vlažnosti vazduha od 50% i 70% (ρ_{50}/ρ_{70}).

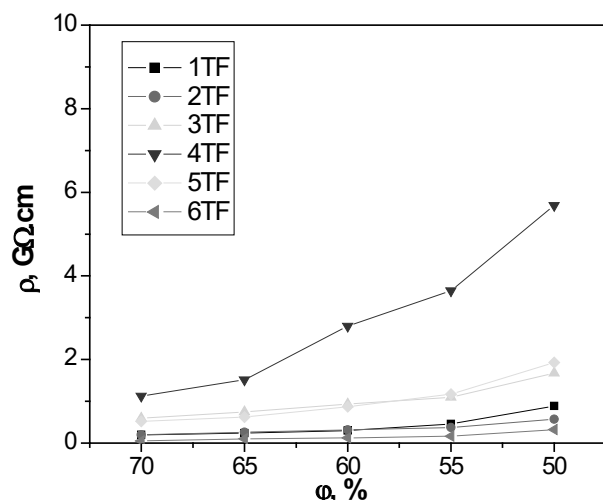
Tabela 2: Promena specifične otpornosti tkanina usled sniženja vlažnosti vazduha sa 70% na 50%

Oznaka uzorka	Promena specifične otpornosti (ρ_{50}/ρ_{70})	
	u pravcu osnove	u pravcu potke
1NF	6,7	5,5
2NF	5,9	5,8
3NF	3,6	3,4
4NF	2,4	2,4
5NF	7,9	6,9
6NF	5,6	7,4
MP	6,6	11,0

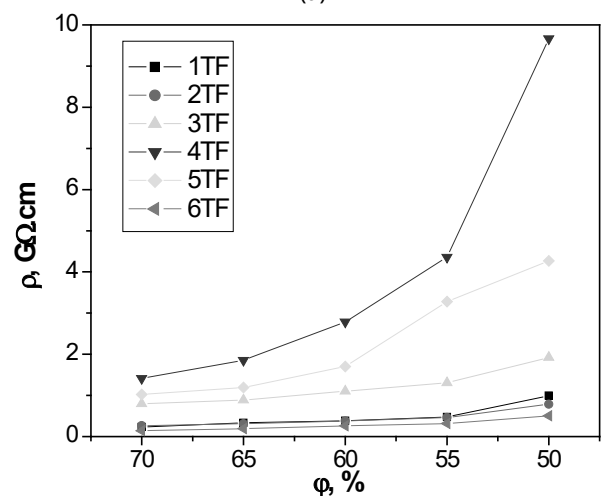
Kao što pokazuju rezultati prikazani u Tabeli 2, najmanji porast specifične otpornosti sa sniženjem vlažnosti vazduha za 20% se uočava kod tkanine dobijene od poliestarskih vlakana (uzorak 4NF), a najveći, posebno izražen u pravcu potke, kod međupostave (uzorak MP). Najmanji porast specifične otpornosti (2,4 puta u pravcu osnove i potke) sa sniženjem vlažnosti vazduha (70% na 50%) kod poliestarske tkanine se može pripisati njenom sirovinskom sastavu, odnosno veoma maloj sklonosti poliestarskih vlakana da sorbuju vlagu, a time i malim sadržajem vlage koji može da se ukloni procesom desorpcije vlage sa tkanine. Nasuprot poliestarskoj tkanini, kod međupostave je registrovan najveći porast otpornosti usled sniženja relativne vlažnosti vazduha, što je posebno izraženo u pravcu potke, gde je pri 50% vlažnosti vazduha, specifična otpornost 11,0 puta veća nego pri 70% vlažnosti (tabela 2). Razlog ovakvog ponašanja međupostave se nalazi u njenim strukturnim karakteristikama, tj. sirovinskom sastavu i gustini, kao i u nanetom termoplastičnom vezivnom sredstvu. Međupostava je dobijena od pamučnih vlakana koja su sklona da sorbuju vlagu, ali se takođe, od svih ispitivanih tkanina, odlikuje najmanjom gustinom. Tokom procesa sorpcije deo vlage stupa u interakciju sa hidrosilnim grupama u vlaknima pamuka i vezuje se vodoničnim vezama za vlakno, a deo vlage biva adsorbovan na površini tkanine. Pretpostavlja se da zbog male gustine međupostave, ali i nanetog termoplastičnog vezivnog sredstva koje nije sklono sorpciji vlage, veći deo vlage tokom sorpcije biva adsorbovan na površini međupostave. Stoga je uklanjanje vlage sa površine međupostave tokom procesa sniženja vlažnosti vazduha tj. tokom desorpcije olakšano, što kao rezultat ima značajan porast njene specifične otpornosti.

3.2. Specifične zapreminske električne otpornosti tkanina posle termičkog fiksiranja međupostave

Na Slici 2 prikazani su rezultati određivanja specifičnih zapreminskih električnih otpornosti ispitivanih tkanina posle termičkog fiksiranja međupostave, u uslovima desorpcije vlage sa uzoraka, u intervalu vlažnosti vazduha od 70% do 50%.



(a)



(b)

Slika 2: Specifična otpornost (ρ) ispitivanih tkanina posle termičkog fiksiranja međupostave u funkciji vlažnosti vazduha (ϕ): (a) u pravcu osnove, (b) u pravcu potke

Krive specifične otpornosti tkanina posle termičkog fiksiranja međupostave u funkciji vlažnosti vazduha prikazane na Slici 2, u odnosu na rezultate prikazane na Slici 1, pokazuju da je termičko fiksiranje međupostave dovelo do promene u specifičnoj otpornosti svih ispitivanih uzoraka. Kako pre, tako i posle termičkog

fiksiranja međupostave, najveću specifičnu otpornost pokazuje poliestarska tkanina (uzorak 4TF), dok kod tkanina platno prepletaja, najmanju otpornost pokazuje termički fiksirana lanena tkanina (uzorak 2TF). Najmanja specifična otpornost posle termičkog fiksiranja međupostave registrovana je kod tkanine keper prepletaja (uzorak 6TF), što je i očekivano, imajući u vidu otpornost tkanina pre termičkog fiksiranja. Takođe, uočava se da je i kod termički fiksiranih uzoraka otpornost niža u pravcu osnove, nego u pravcu potke. Međutim, poredeći rezultate prikazane na Slici 1 i Slici 2, uočava se da su razlike u specifičnim otpornostima u pravcu osnove i potke izraženije kod termički fiksiranih, nego kod uzoraka pre termičkog fiksiranja. Ovo je, pre svega, posledica uticaja termičkog fiksiranja međupostave koja ima skoro dva puta veću gustinu u pravcu osnove u odnosu na pravac potke. Naime, navedene razlike u gustinama u pravcu osnove i potke prouzrokovale su, pri vlažnosti vazduha od 60%, 1,8 puta nižu otpornost međupostave u pravcu osnove u odnosu na pravac potke (Slika 1), što se reflektovalo na porast razlike u otpornosti između dva osnovna strukturna pravca termički fiksiranih uzoraka.

Promene (porast ili smanjenje) u specifičnoj otpornosti uzoraka usled termičkog fiksiranja međupostave pri relativnoj vlažnosti vazduha od 60% u uslovima desorpcije vlage sa uzoraka, prikazane su u Tabeli 3. Porast specifične otpornosti uzoraka prikazana je odnosom (ρ_{TF}/ρ_{NF}), a smanjenje odnosom (ρ_{NF}/ρ_{TF}).

Tabela 3: Promena specifične otpornosti tkanina prouzrokovana termičkim fiksiranjem međupostave pri relativnoj vlažnosti vazduha od 60%

Redni broj uzorka	Promena specifične otpornosti pri relativnoj vlažnosti vazduha od 60%		
	ρ_{TF}/ρ_{NF} ili ρ_{NF}/ρ_{TF}	u pravcu osnove	u pravcu potke
1.	ρ_{TF}/ρ_{NF}	2,2	2,2
2.	ρ_{TF}/ρ_{NF}	2,5	2,6
3.	ρ_{TF}/ρ_{NF}	1,3	1,4
4.	ρ_{NF}/ρ_{TF}	499,0	860,0
5.	ρ_{TF}/ρ_{NF}	1,3	1,8
6.	ρ_{TF}/ρ_{NF}	2,5	3,9

Rezultati prikazani u Tabeli 3 pokazuju da je termičko fiksiranje međupostave samo kod poliestarske tkanine prouzrokovalo smanjenje specifične otpornosti, dok je kod ostalih ispitivanih tkanina dovelo do porasta otpornosti, odnosno pogoršanja elektro-fizičkih svojstava tkanina. Termičko fiksiranje međupostave na poliestarsku tkaninu snizilo je njenu početnu

specifičnu otpornosti 499 puta u pravcu osnove i 860 puta u pravcu potke, dok se kod ostalih ispitivanih tkanina porast specifične otpornosti kretao u rasponu od 1,3 puta kod viskozne i tkanine dobijene od mešavine pamučnih i poliestarskih vlakana u platno prepletaju (uzorak 3 i uzorak 5 u pravcu osnove, respektivno) do 3,9 puta kod tkanine keper prepletaja (uzorak 6 u pravcu potke). Kao što je navedeno kod tkanina pre termičkog fiksiranja međupostave, tako i kod termički fiksiranih tkanina uočljivo je da otpornost uzoraka izrazito zavisi od sirovinskog sastava pređa orijentisanih u pravcu električnog polja, pri čemu komponenta sa manjom otpornošću ima dominantnu ulogu u provođenju električne struje [3, 5, 6]. Ovaj uticaj je posebno izražen kod poliestarske tkanine kod koje je odlučujući uticaj u provođenju struje kod termički fiksiranog uzorka preuzela na sebe međupostava sa izrazito nižom vrednošću specifične otpornosti.

Promene specifičnih otpornosti tkanina posle termičkog fiksiranja međupostave, date kao odnos specifičnih otpornosti pri vlažnosti vazduha od 50% i 70% (ρ_{50}/ρ_{70}), prikazane su u Tabeli 4.

Tabela 4: Promena specifične otpornosti tkanina posle termičkog fiksiranja međupostave pri sniženju vlažnosti vazduha sa 70% na 50%

Redni broj uzorka	Promena specifične otpornosti (ρ_{50}/ρ_{70})	
	u pravcu osnove	u pravcu potke
1.	4,5	4,3
2.	2,9	2,9
3.	2,8	2,4
4.	5,1	6,8
5.	3,7	4,2
6.	6,4	3,6

Rezultati promene specifične otpornosti sa sniženjem vlažnosti vazduha (ρ_{50}/ρ_{70}) za uzorke posle termičkog fiksiranja međupostave, prikazani na Slici 2 i u Tabeli 4, pokazuju da je najmanji porast specifične otpornosti sa sniženjem vlažnosti vazduha u posmatranom intervalu (od 70% do 50%) registrovan kod termički fiksirane viskozne tkanine (uzorak 3), dok je termički fiksirana tkanina od poliestarskih vlakana (uzorak 4) ispoljila najveći porast otpornosti. Otpornost viskozne tkanine sa fiksiranom međupostavom je pri 50% vlažnosti vazduha 2,8 puta veća u pravcu osnove, odnosno 2,4 puta u pravcu potke, a kod termički fiksirane poliestarske tkanine je 5,1 puta veća u pravcu osnove, odnosno 6,8 puta u pravcu potke, u odnosu na otpornost koju su uzorci imali pri 70% vlage. Poredeći podatke prikazane u Tabelama 2 i 4, uočava se da je jedino kod poliestarske tkanine (uzo-

rak 4) povećanje specifične otpornosti sa sniženjem vlažnosti vazduha izraženije posle termičkog fiksiranja međupostave u odnosu na uzorak pre termičkog fiksiranja. Kod svih ostalih uzoraka, tj. kod uzoraka koji u svom sastavu imaju vlakna celuloznog porekla, povećanje specifične otpornosti sa sniženjem vlažnosti vazduha je izraženije pre termičkog fiksiranja međupostave. Manja promena specifične otpornosti sa promenom vlažnosti vazduha posle termičkog fiksiranja tkanina koja u svom sastavu imaju celulozna vlakna je verovatno posledica kako sklonosti celuloznih vlakana da zadrže vlagu, tako i otežane desorpcije vlage sa uzoraka koja je posle termičkog fiksiranja ostala zarobljena u uzorku između tkanine i međupostave usled formiranja kontinualnog filma od istopljene termoplastične vezivne supstance.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja su pokazali da kod tkanina platno prepletaja najveću specifičnu otpornost, za nekoliko redova veličine veću u odnosu na ostale ispitivane tkanine, pokazuje tkanina od poliestarskih vlakana, a najmanju lanena tkanina. Registrovane su nešto niže specifične otpornosti u pravcu osnove, nego u pravcu potke, usled većih gustina tkanina u pravcu osnove, u odnosu na pravac potke. Pri vlažnosti vazduha od 60% konstatovano je da je specifična otpornost međupostave veća u odnosu na specifičnu otpornost ispitivane pamučne tkanine usled manjih gustina i prisustva termoplastičnog vezivnog sredstva na međupostavi. Pri istoj vlažnosti vazduha, kod tkanina dobijenih od mešavine pamučnih i poliestarskih vlakana, registrovano je da tkanina platno prepletaja ima znatno veću specifičnu otpornost u oba strukturalna pravca u odnosu na tkaninu keper prepletaja što je prouzrokovano različitim prepletajem, manjom gustinom i upotrebom dvožičnih prediva. Najmanji porast specifične otpornosti sa sniženjem vlažnosti vazduha sa 70% na 50% se uočava kod tkanine dobijene od poliestarskih vlakana usled malog sadržaja vlage u tkanini, a najveći, kod međupostave zbog olakšanog uklanjanja adsorbovane vode sa njene površine.

Termičko fiksiranje međupostave na ispitivane tkanine prouzrokovalo je promene u njihovim specifičnim električnim otpornostima. Posle termičkog fiksiranja međupostave, kod poliestarske tkanine je registrovano značajno smanjenje (499 puta u pravcu osnove i 860 puta u pravcu potke), a kod ostalih ispitivanih tkanina povećanje specifične otpornosti (najizraženije kod tkanine keper prepletaja u pravcu potke - 3,9 puta). Najmanji porast specifične otpornosti sa sniženjem vlažnosti vazduha u intervalu od 70% do 50% registrovan je kod termički fiksirane viskozne tkanine, a najveći kod termički fiksirane poliestarske tkanine.

Sprovedena ispitivanja su pokazala da termičko fiksiranje međupostave menja specifičnu otpornost tkanina pre svega u zavisnosti od njenog sirovinskog sastava. Registrovano je da je termičko fiksiranje pamučne međupostave sa tačkasto nanetim termoplastičnim vezivnim sredstvom snizilo specifičnu otpornost poliestarske tkanine, a povećalo otpornost ostalih tkanina. Stoga se može reći da je termičko fiksiranje međupostave uticalo na značajno poboljšanje kvaliteta poliestarske, ali i na pogoršanje kvaliteta ostalih tkanina ocenjenih na osnovu električne otpornosti kao najčešće određivanog elektro-fizičkog svojstva tekstilnih materijala.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovor Br. 451-03-68/2020-14/200135).

REFERENCE

- [1] Morton, W.E., Hearle, J.W.S. (2008). *Physical Properties of Textile Fibers*, Wood head Publishing Limited, Cambridge.
- [2] Asanovic, K., Mihajlidi, T., Milosavljevic, S., Cerovic, D., Dojcilovic, J. (2007). Investigation of the electrical behavior of some textile materials, *Journal of Electrostatics*, 65 (3), 162-167.
- [3] Asanovic, K., Cerovic, D., Mihailovic, T., Kostic, M., Reljic, M. (2015). Quality of clothing fabrics in terms of their comfort properties, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 40 (4), 363-372.
- [4] Kramar, A., Asanović, K., Obradović, B., Kuraica, M., Kostić, M. (2018). Electrical resistivity of plasma treated viscose and cotton fabrics with incorporated metal ions, *Fibers and Polymers*, 19 (3), 571-579.
- [5] Cerovic, D., Asanovic, K., Maletic, S., Dojcilovic, J. (2013). Comparative study of the electrical and structural properties of woven fabrics, *Composites: Part B - Engineering*, 49, 65-70.
- [6] Mihajlidi, T., Asanović, K., Simić, D., Simić, M., Ostojić, S. (2000). Određivanje električne otpornosti tekstilnih površina, *Tekstilna industrija*, 48 (11-12), 5-8.
- [7] Mihajlidi, T., Asanović, K., Simić, M., Simić, D., Nikolić, D. (2002). Određivanje električne otpornosti tekstilnih materijala naponskom metodom, *Tekstilna industrija*, 50 (8-10), 27-32.
- [8] Asanović, K., Mihailović, T., Cerovic, D., Mihajlidi, T., Dojčilović, J. (2007). Uticaj strukture na elektro-fizička svojstva odevnih tkanina, *Kongres metrologa 2007*, Zlatibor 26-28 Septembar 2007, pp.169-177.
- [9] Asanović, K., Mihajlidi, T., Simić, M., Simić, D. (2003). Uticaj vlažnosti sredine na električnu otpornost tekstilnih materijala, *Tekstilna industrija*, 51 (8-10), 17-21.
- [10] Sengupta, S., Sengupta, A. (2012). Electrical resistance of jute fabrics, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 37 (1), 55-59.
- [11] Neelakandan, R., Madhusoothanan, M. (2010). Electrical resistivity studies on polyaniline coated polyester fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 5 (3), 25-29.
- [12] Ivanovska, A., Asanović, K., Tadić, N., Cerović, D., Kostić, M. (2019). Effect of the alkali treatment on the structure, moisture sorption and volume electrical resistivity of woven jute fabrics, 56. *Savetovanje Srpskog hemijskog društva*, Niš 7-8 Juni 2019, pp.70-77.
- [13] Giesz, P., Mackiewicz, E., Nejman, A., Celichowski, G., Cieślak, M. (2017). Investigation on functionalization of cotton and viscose fabrics with AgNWs, *Cellulose*, 24, 409-422.
- [14] Pawlak, R., Korzeniewska, E., Frydrysiak, M., Zięba, J., Tęsiowski, Ł., Gniotek, K., Stempień, Z., Tokarska, M. (2012). Using vacuum deposition technology for the manufacturing of electro-conductive layers on the surface of textiles, *Fibres & textiles in Eastern Europe*, 20 (2), 68-72.
- [15] Tunáková, V., Techniková, L., Militky, J. (2017). Influence of washing/drying cycles on fundamental properties of metal fiber-containing fabrics designed for electromagnetic shielding purposes, *Textile Research Journal*, 87 (2), 175-192.
- [16] Varnaitė, S., Katunskis, J. (2009). Influence of abrasion on electrostatic charge decay of woven fabrics with conductive yarns, *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 15 (2), 160-166.
- [17] Asanović, K., Kostić, M., Mihailović, T., Ivanovska, A., Gajić, I., Reljić, M. (2019). Parametri komfora odevnih tkanina keper prepletaja pre i posle termičkog fiksiranja međupostave, *Tekstilna industrija*, 67 (2), 11-19.
- [18] ISO 3801:1977-Textiles - Woven fabrics - Determination of mass per unit length and mass per unit area.
- [19] SRPS EN 1049-2:2016 - Tekstil - Tkanine - Konstrukcija - Metode analize - Deo 2: Određivanje broja niti po jedinici dužine.
- [20] Koblyakov, A. (1989). *Laboratory Practice in the Study of Textile Materials*, Mir Publisher, Moscow.
- [21] (<https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/volume-resistivity>, dostupno 07.07.2020).

Rad primljen: 07.09.2020.

Rad prihvaćen: 20.10.2020.