

Komparativno ispitivanje habanja visokoučinkovitih tkanina u mokrom stanju

Martina Kulić, mag.ing.tekst.teh.*, doc. dr. sc. Maja Somogyi Škoc**

**Studentica dodiplomskog studija na Tekstilno tehnološkom fakultetu, diplomski rad
Hemco d.o.o., Ante Starčevića 196A, 31400 Đakovo (e-mail: martina.kulic@yahoo.com)*

***Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila, Tekstilno tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb 10000.
e-mail:maja.somogyi@tf.hr*

Sažetak:

Razvojem visokoučinkovitih tkanina i ispitivanjem njihove otpornosti na habanje normiranom metodom po Martindaleu došlo se do spoznaja da su one izuzetno otporne te da bi se postojeća metoda možda trebala modificirati. Glede uvjeta, uobičajeno se otpornost na habanje ispituje u suhom stanju, ali otpornost u mokrom ne, a niti se tome posvećuje dovoljna pažnja. Naime, visokoučinkovite tkanine se najčešće koriste za vojnu, policijsku, sportsku i sl. namjenu u vrlo zahtjevnim uvjetima koji su daleko od idealnih. Koliko puta vojnik ili alpinista pokisne, tada se njegov opasač s oružjem ili različitom opremom haba o odjeću i sl., čime ljudski život može biti ozbiljno ugrožen. U skladu s navedenim, podatak o otpornosti na habanje u mokrom stanju bio bi dobra smjernica o ponašanju i trajnosti korištenih visokoučinkovitih tekstilnih materijala u zahtjevnim uvjetima uporabe.

U ovom radu provedeno je komparativno ispitivanje habanja visokoučinkovitih tkanina u suhom i mokrom stanju. Dobivena saznanja i rezultati uspoređivani su s rezultatima dobivenim normiranim postupkom, tj. postupkom ispitivanja otpornosti na habanje u suhom stanju (HRN EN ISO 12947-3:2008). Ispitivanje otpornosti na habanje u suhom i mokrom stanju provedeno je pri 1000, 5000, 25000, 50000 i 100000 ciklusa s ciljem dobivanja signifikantnih rezultata. Kao dodatan pokazatelj izračunat je relativni gubitak mase u mokrom stanju (f_w). Habanje u suhom i mokrom stanju provedeno je na uzorcima visokoučinkovitih tkanina, tj. na uzorcima deklariranim kao Yukon, Cordura®, Puma, Thems a i Windmaster®. Navedenim uzorcima određene su osnovne konstrukcijske karakteristike.

Ključne riječi: Martindale; habanje; habanje u mokrom stanju; visokoučinkovite tkanine

1. UVOD

Danas je jako raširena skupina visokoučinkovitih tkanina (engl. High Performance Fabrics) i gotovo da nema područja u kojem nisu potisnule ako ne i gotovo potpuno zamijenile konvencionalne tkanine. Težnja za premoći u pogledu vojne, policijske i druge opreme ili želje za povećanom sigurnosti u nekom od područja tehničkog tekstila, a u pogledu zaštitne odjeće dovela je do razvoja tkanina visoke otpornosti na habanje uz mnoga druga ciljana svojstva.

Tijekom svog „radnog vremena“ zaštitna odjeća vojnika, policajca, vatrogasca i sl. izložena je trenju i to na specifičnim dijelovima (ramena, laktovi, koljena, struk, nogavice i sl.) obzirom na to i na česte kritike korisnika o brznoj trošnosti odjevnih predmeta i ugrožavanju života u zadnje vrijeme gotovo da se isključivo koriste visokoučinkovite tkanine s deklariranom visokom otpornošću na habanje.

Razvojem takvih visokoučinkovitih tkanina, tj. tkanina visoke otpornosti na habanje i ispitivanjem njihove otpornosti na habanje normiranom metodom po Martindaleu došlo se do spoznaja da su one izuzetne otpornosti (uostalom to im i ime govori) te da bi se postojeća metoda možda trebala modificirati o čemu je bilo prije pisano, ali i uvjeti [1]. Glede uvjeta, uobičajeno se otpornost na habanje ispituje u suhom stanju, ali kakva je otpornost u mokrom to se ne ispituje, a niti se posvećuje pažnja, tome možda vrlo zanimljivom podatku - otpornosti. Naime, visokoučinkovite tkanine se najčešće koriste za vojnu, policijsku, sportsku i sl. namjenu gdje uvjeti sigurno nisu idealni, tj. samo suhi. Koliko puta vojnik ili alpinista pokisne i

tada se njegov opasač s oružjem haba o odjeću i sl. Obzirom na to, kada ljudski život može biti ozbiljno ugrožen takav bi podatak bio dobra smjernica o ponašanju i trajnosti korištene visokoučinkovite tkanine u mokrom stanju.

2. VISOKOUČINKOVITE TKANINE

U području umjetnih vlakana nastavlja se trend razvojnih istraživanja karakterističan za posljednju četvrtinu 20. st., uz sve izrazitiji naglasak na proizvodnji vlakana koja trebaju ispunjavati vrlo specifične zahtjeve korisnika iz raznovrsnih područja primjene. Trend razvoja vlakana prati trend razvoja tkanina za koji je karakteristična sve veća zastupljenost visoke tehnologije, poput mikro- i nano-tehnologije. Razvojna i primijenjeno-tehnološka istraživanja usmjerena su na dobivanje tkanina za konvencionalnu ali i specifičnu tekstilnu primjenu te su prisutna velika ulaganja u daljnji razvoj vlakana, a time i tkanina visokih i posebnih svojstava za razne primjene. Izuzetna se postignuća u proizvodnji tzv. vlakana po mjeri, tj. vlakana vrlo specifičnih svojstava prilagođenih posebnoj namjeni. Ta postignuća prate i postignuća u razvoju tkanina tako da je danas najraširenija skupina visokoučinkovitih tkanina. Visokoučinkovite tkanine su tkanine poboljšanih svojstava u vidu visoke vlačne čvrstoće, visokog modula elastičnosti, visokih mehaničkih svojstava, dobre termofiziološke udobnosti, udobnosti dodira te visoke termičke otpornosti i otpornosti na kemikalije. U skupinu visokoučinkovitih tekstilnih proizvoda pripadaju tekstilije s dobro poznatim često i zaštićenim trgovačkim ili tvorničkim nazivima kao što su npr. Gore-Tex[®] i Sympatex[®], zatim Cordura[®], Outlast[®], CoolMax[®], Polartec[®], PowerDry[®], Windstopper[®], Patagonia Capilene[®] i mnogi drugi [2].

3. ISPITIVANJE OTPORNOSTI NA HABANJE

Habanje je relativno pokretanje tekstilije (uzorka) spram sredstva za habanje, pri čemu uslijed trenja dolazi do trošenja tekstilnog materijala. Proces habanja može se odvijati određeno vrijeme (odn. određeni broj ciklusa), a da pritom nisu nastala vidljiva oštećenja. Za takav postupak koristi se termin *nahabavanje*. Ako se proces habanja provodi do vidljivog oštećenja – prekida niti ili pojave rupice na plošnom proizvodu – govori se o *prohabavanju* [3].

Danas je razvijen cijeli niz postupaka ispitivanja i odgovarajućih aparata koji se uglavnom klasificiraju prema načinu izvođenja relativnog pokretanja ispitivane epruvete i habajućeg tijela, a posljedica čega je i način habanja.

U praksi se najčešće koriste postupci plošnog i kružnog habanja, bilo da se radi o stalnom doticanju cijele ispitivane površine ili dijelova površine pri postupku s nepreferirajućim smjerom habanja [3]. U novije vrijeme najveći broj zahtjeva za ispitivanje otpornosti na habanje provodi se na aparatu po Martindaleu.

Ispitivanje otpornosti plošnih proizvoda na habanje po Martindaleu provodi se u skladu s nacionalnim i međunarodnim standardima. Najučestalija ispitivanja su ona koja se odnose na ispitivanje otpornosti na habanje prema [4]:

- HRN EN ISO 12 947 – 2:2008 Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 2: Determination of specimen breakdown – određivanje gubitka čvrstoće materijala nakon habanja,
- HRN EN ISO 12 947 – 3:2008 Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 3: Determination of mass loss – određivanje gubitka mase,
- HRN EN ISO 12947 – 4:2008 Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 4: Assessment of appearance change – ocjenjivanje izgleda habane površine (broj nopa, zadebljanja, grudica i sl.).



Slika 1: Martindale

3.1 Ispitivanje otpornosti visokoučinkovitih tkanina na habanje

Navedene norme u prethodnom poglavlju opisuju postupak ispitivanja otpornosti na habanje u suhom stanju. Iz svakodnevnog života znamo da bi podatak o otpornosti na habanje u mokrom stanju za mnoge tkanine bio vrlo važan, čak možda i važniji od podatka u suhom stanju, osobito kada je riječ o zaštitnoj odjeći koja se koristi u različitim vremenskim prilikama i neprilikama.

Razvoj visokoučinkovitih tkanina za zaštitnu odjeću, tj. tkanina poboljšanih svojstava trebao bi pratiti i razvoj metoda ispitivanja. Naime, metode koje se koriste za konvencionalne tkanine više nisu primjerene za tkanine koje imaju ciljano poboljšana određena svojstva. Osim metoda, trebali bi se modificirati i uvjeti budući da se takve tkanine koriste u različitim uvjetima koji su daleko od idealnih. Vođeni tim razmišljanjem te činjenicom da se i prekidna sila ispituje u mokrom stanju samo po sebi se nametnulo pitanje zašto se ne bi i otpornost tkanina na habanje ispitala u mokrom stanju. Takav podatak pružio bi dodatna saznanja o ponašanju tekstilije u mokrom stanju, a ako je riječ o visokoučinkovitoj tkanini tada bi imao još veće značenje budući da se one koriste za zaštitnu odjeću i štite ono neprocjenjivo, tj. ljudski život. Obzirom na navedeno u ovom radu je normirana metoda ispitivanja otpornosti na habanje modificirana, tj. ispitivanje je provedeno u mokrom stanju.

4. EKSPERIMENTALNI DIO

4.1. Uzorci

U radu je korišteno 5 uzoraka iste namjene (vojna i policijska namjena). Ispitivani uzorci označeni su brojevima od 1 do 5, a korišteni su tijekom eksperimentalnog dijela. Karakteristike ispitivanih uzoraka prikazane su u tablici 1.

Tablica 1: Karakterizacija ispitivanih uzoraka

Ispitivano svojstvo	Norma	Uzorak				
		1	2	3	4	5
		Yukon	Cordura®	Puma	Themsa	Windmaster
Sirovinski sastav: -lice -membrana -naličje	NN 41/2010 HRN ISO 1833: 2003	PES PES PES	PA	Pamuk/ PA	PES PES PES	PES PES PES
Plošna masa [gm^{-2}]	HRN ISO 3801:2003	226,2	382,7	225,1	193,8	279,4
Debljina [mm]	HRN EN ISO 5084:2003	0,48	0,61	0,40	0,34	0,99
Prekidna sila [N] - osnova - potka	HRN EN ISO 13934-1: 2008	1286 980	3537 3163	1119 829	1294 1181	816 619
Prekidno istezanje [%] - osnova - potka	HRN EN ISO 13934-1: 2008	30,22 44,68	38,77 44,56	27,48 17,35	/ /	38,2 22,2
Namjena		vojna			policijska	

4.2 Određivanje karakteristika površine

Karakteristike površine ispitivanih uzoraka određene su pomoću sustava Dino-Lite za mikroskopiranje. Korišten je Dino-Lite Pro AM413T digitalni mikroskop rezolucije 1,3 mpiksela s mogućnošću povećanja do 200x, a koji je računalno povezan. Na taj način pruža mnogo više mogućnosti u odnosu na tradicionalne mikroskope u pogledu realnog prikaza boja, izvrsne kvalitete slika, obrade slika, fotografiranja, video snimanja, a prema potrebi kalibracije i sl.

4.3 Habanje modificiranim postupkom po Martindaleu u mokrom stanju

Prije samog početka ispitivanja otpornosti na habanje u mokrom stanju potrebno je uzorke kao i popratne tkanine dobro namočiti i osigurati uvjete koji omogućuju habanje u mokrom stanju, a što se provelo prema slijedećim koracima:

1. Poliuretanska spužva, filc, standardna vunena tkanina moče se 24 sata u vodi iz slavine u koju je dodan tenzid kako bi se materijali bolje „kvasili“.

2. Na isti način potrebno je obraditi uzorke koji će se ispitivati, a pošto su uzorci lagani potrebno ih je opteretiti predmetnim stakalcima kako bi ostali uronjeni ispod nivoa tekućine.



3. Nakon „namakanja“ potrebno je s uzorka ukloniti višak vode uz pomoć papirnatoг ubrusa i valjka koji će istisnuti višak vode.



Postupak pripreme Martindalea za habanje modificiranim postupkom je prikazan u tablici 2.

Tablica 2: Postupak ispitivanja otpornosti na habanje modificiranim postupkom u mokrom stanju

<p>Postolje Martindela se obloži prozirnom prijanjajućom folijom, a zatim se na foliju stavi filc koji je prethodno dobro namočen, a na njega standardna vunena tkanina.</p>	
<p>U poprečnom presjeku, modificirani način može se prikazati shematski.</p>	
<p>Na standardnu vunenu tkaninu stavi se prsten, zatim uteg, a prsteni se učvrste pomoću pripadajućih vijaka.</p>	
<p>Na svako radno mjesto se stave prethodno pripremljeni držači uzoraka s uzorcima za habanje, a zatim se stavi ploča.</p>	
<p>Na svaki držač uzorka se stavi poklopac, zategne te opereti odgovarajućim utegom. Zada se potreban broj ciklusa habanja, a zatim se uzorci važu m_{poslije} [g]. Tijekom habanja dolazi do povećanog sapunjenja, tj. efekta sapunice.</p>	

4.4 Gubitak mase pri habanju u mokrom stanju (f_w)

Gubitak mase u mokrom stanju (Δm_w) određuje se mjerenjem mase suhog uzorka prije habanja (m_{suho}) i mase osušenog uzorka poslije ispitivanja otpornosti na habanje u mokrom stanju (m_{mokro}) prema slijedećem izrazu:

$$\Delta m_w = \Delta m_{\text{mokro}} - \Delta m_{\text{suho}} \text{ [g]} \quad (1)$$

Na temelju pregledane literature, vidljivo je da do sada ispitivanje otpornosti na habanje u mokrom stanju, kao i gubitak mase pri habanju u mokrom stanju nije bio predmet istraživanja. Obzirom na to, modifikacijom metode, tj. ispitivanjem otpornosti na habanje u mokrom stanju steći će se dodatna saznanja o ponašanju visokoučinkovitih tekstilija tijekom uporabe i održavanja.

5. REZULTATI I RASPRAVA

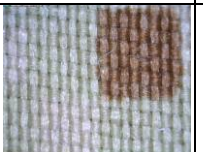




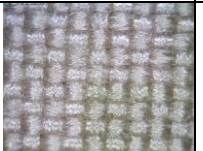






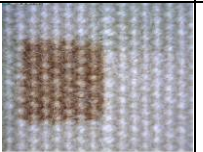

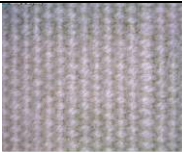
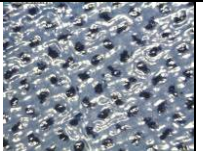


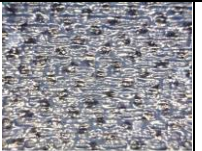






5.1. Rezultati određivanja karakteristika površine

Pomoću Dino-lite sustava određene su karakteristike površine početnih i habanih uzoraka u suhom i mokrom stanju. Radi bolje preglednosti i uočavanja signifikantnih razlika snimke su prikazane u poglavlju 5.2 i 5.3 uz rezultate gubitka mase u suhom i mokrom stanju, te su kao takve i opisane.

5.2. Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje normiranim postupkom

Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje normiranim postupkom prikazani su u tablici 3.

Tablica 3: Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje normiranim postupkom (u suhom stanju)

Uvjeti /Ispitivani parametri	1000 ciklusa	5000 ciklusa	25 000 ciklusa	50 000 ciklusa	100 000 ciklusa	
1	Δm [g]	0,0002	+0,0005	-0,0024	-0,0129	-0,0264
	Δm [%]	0.07	-0.18	-0.85	-4.61	-9.48
	Izgled površine					
2	Δm [g]	-0,0011	+0,0017	+0,0052	+0,0056	+0,0050
	Δm [%]	-0.23	0.36	1.09	1.20	1.04
	Izgled površine					
3	Δm [g]	-0,0023	-0,0022	-0,0026	-0,0025	-0,0058
	Δm [%]	-0.85	-0.81	-0.95	-0.93	-2.08
	Izgled površine					
4	Δm [g]	+0,0003	0	+0,0006	+0,0008	+0,0012
	Δm [%]	0.13	0	0.25	0.33	0.50
	Izgled površine					
5	Δm [g]	+0,0003	+0,0010	-0,0039	-0,0132	-0,0519
	Δm [%]	0.09	0.29	-1.12	-3.80	-15.11
	Izgled površine					

 Δm minus (-) znači gubitak mase, plus (+) znači porast mase.

U tablici 3 uočava se da uzorci 1 (-9,48 %) i 5 (-15,11 %) imaju veliku gubitak mase, a koji je u ovisnosti s izgledom površine. Kod uzorka 5 izgled površine uzorka na početku (1000 ciklusa) je ujednačen, bez stršećih dlačica i vlakana, dok je na kraju (100 000 ciklusa) gladak, budući da je lice istrošeno (izhabano) te se vidi membrana. Iz toga se daje zaključiti da je habanje ovog uzorka značajno različito od konvencionalnih tkanina kod kojih bi bilo prisutno prohabavanje, tj. pojava rupe. Tkanine „nove dobi“ ili visokoučinkovite tkanine, tj. tekstilni laminati kakav je uzorak 5 daju dodatnu sigurnost glede otpornosti na habanje.

Uzorak 1 također pokazuje veliki gubitak mase ali kada mu se promatra izgled površine ne bi se dalo zaključiti da je kod njega doista riječ o tolikom gubitku mase (-9,48 %).

Bez obzira na „velike“ gubitke mase uzorka 1 i 5, oni su i dalje zanemarivi u usporedbi s konvencionalnim tkaninama kod kojih gubitak zna biti i do -67 %, a o čemu je izvještavano prije [1, 5].

Uzorak 4, također tekstilni laminat ima vizualno velike pore, te bi bilo za očekivati da će se habanjem one „istrošiti“ i prohabati ali poslije 100 000 ciklusa pratimo lagano povećanje mase (0,50 %) što govori da je uzorak potrošio tkaninu koja ga je habala, tj. standardnu vunenu tkaninu.

Što se tiče uzorka 2, bilo je i za očekivati da kod njega neće biti većih promjena odnosno da će on izhabati standardnu vunenu tkaninu, budući da je riječ o „super izdržljivoj poliamidnoj tkanini“ (engl. „super durable polyamide fabric“).

Uzorak 3, nakon 100 000 ciklusa ima mali gubitak mase (-2,08 %), praktički zanemarivi nakon tolikog broja ciklusa gdje ako se pogleda izgled njegove površine ne uočava se znatna promjena od početnog uzorka. Takvom ponašanju doprinosi njegov sirovinski sastav (50/50, pamuk/poliamidno vlakno), gdje je riječ o „super izdržljivom poliamidu“.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da ispitivanje otpornosti na habanje visokoučinkovitih tkanina normiranom metodom po Martindaleu do 100 000 ciklusa pokazuje zanemarivi gubitak mase ispitivanih uzoraka. Na taj način se zapravo pojavila sumnja da li je ova metoda uopće prikladna za takve uzorke i da li su uvjeti u kojima se ispituje realni, tj. da li se iz njih može povući poveznica s uvjetima u kojima se stvarno koriste (u suhom, ali što je s mokrim stanjem) te da li se možda povećanjem broja ciklusa nešto značajnije dešava.

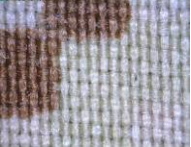
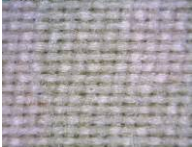









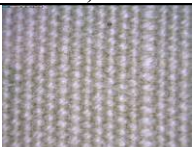

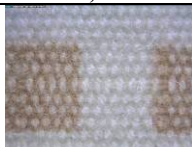

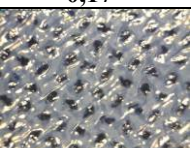

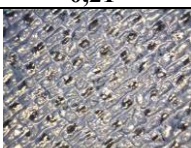
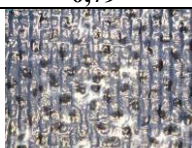
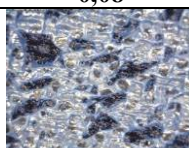

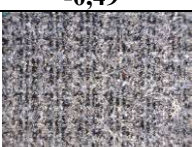
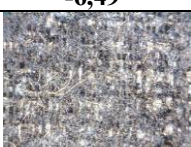
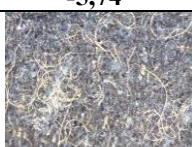
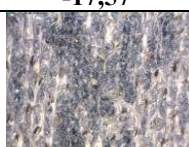
Na temelju iskustva male grupe istraživača Zavoda za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila Tekstilno-tehnološkog fakulteta ukoliko se i poveća broj ciklusa npr. 500 000 ciklusa ili čak i više dokazano je da nema značajnijih promjena kako u pogledu gubitka mase tako i u pogledu izgleda površine. Obzirom da je ispitivanje otpornosti na Martindaleu najraširenija metoda ispitivanja i da Lissajous krivulja omogućuje jednoliko pravocrtno habanje smatra se da nema potrebe osmišljavati novi uređaj ali zato se uvjeti ispitivanja daju korigirati, tj. modificirati kako bi doprinijeli dobivanju što realnijih rezultata.

Vođeni takvim načinom razmišljanja u ovom radu modificirani su uvjeti ispitivanja, tj. proveden je postupak ispitivanja otpornosti na habanje u mokrom stanju.

5.3. Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje modificiranim postupkom u mokrom stanju

Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje modificiranim postupkom u mokrom stanju prikazani su u tablici 4.

Tablica 4: Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje modificiranim postupkom (u mokrom stanju)

Uvjeti / Ispitivani parametri	1000 ciklusa	5000 ciklusa	25 000 ciklusa	50 000 ciklusa	100 000 ciklusa	
1	Δm_w [g]	-0,0006	-0,0032	-0,0210	-0,0194	-0,1122
	Δm_w [%]	-0,22	-1,15	-7,56	-6,95	-40,77
	Izgled površine					
2	Δm_w [g]	-0,0027	-0,0035	+0,0001	+0,0060	+0,0065
	Δm_w [%]	-0,59	-0,75	+0,02	+1,32	1,39
	Izgled površine					
3	Δm_w [g]	-0,0028	-0,0059	-0,0089	-0,0110	-0,0811
	Δm_w [%]	-1,03	-2,12	-3,31	-3,93	-29,64
	Izgled površine					
4	Δm_w [g]	+0,0004	+0,0004	+0,0005	+0,0019	-0,0002
	Δm_w [%]	0,17	0,17	0,21	0,79	-0,08
	Izgled površine					
5	Δm_w [g]	+0,0011	-0,0017	-0,0221	-0,0198	-0,0607
	Δm_w [%]	0,46	-0,49	-6,49	-5,74	-17,57
	Izgled površine					

Δm_w minus (-) znači gubitak mase, plus (+) znači porast mase.

Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje modificiranim postupkom u mokrom stanju znatno su drugačiji od rezultata u suhom stanju. Na temelju pregleda izgleda površine moglo bi se reći da je modificirani način habanja „rigorozniji“. Kod svih uzoraka izgled površine se mijenja (sve „istrošeniji“ izgled) povećanjem broja ciklusa habanja, a što značajno prati gubitak mase.

Najveći gubitak mase na početku ispitivanja ima uzorak br. 3, -1,03 % za 1000 ciklusa. Nakon završenog ispitivanja sa 100000 ciklusa gubitak mase za taj uzorak iznosi - 29,64 %. Izgled površine prati navedeni gubitak tako da se kod 100 000 ciklusa uočava znatno oštećeno lice tkanine.

Na uzorku br. 1 intenzivniji gubitak mase pojavljuje se već nakon 5000 ciklusa habanja, nakon čega slijedi sve brže smanjivanje mase, tako da nakon 100000 ciklusa gubitak iznosi 40,77 %, a struktura tekstilnog materijala je kao što je vidljivo na slici u potpunosti uništena.

Najotporniji uzorak na mokro habanje je uzorak br. 2 (Cordura) što nije neočekivano, budući da se radi o materijalu visoke otpornosti na habanje.

Rezultati nedvojbeno pokazuju da je habanje u mokrom stanju intenzivnije nego u suhom stanju bez obzira na sirovinski sastav. Obzirom da je riječ o visokoučinkovitim tkaninama koje imaju svoju različitu namjenu s istim ciljem, zaštita ljudskog

života smatra se da bi ovaj način ispitivanja svakako trebao biti obavezan. Takvom postupku ispitivanja podvrgavale bi se samo tkanine visokih svojstava, obzirom da „konvencionalne“ tkanine ne mogu izdržati veliku broj ciklusa u mokrom stanju, o čemu je već bilo izvještavano [1, 5].

Navedeno se smatra vrlo važnim, obzirom da bi se modificirana metoda mogla naširoko koristiti s ciljem dobivanja što signifikantnijih rezultata. Svakako potencijal u tom pogledu postoji, te bi se ispitivanja mogla provesti i na drugim vrstama visokoučinkovitih tkanina, a potom bi se norma mogla dopuniti ili jednostavno razviti nova s drugim uvjetima, npr. s ispitivanjem u mokrom stanju.

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je provesti komparativno ispitivanje habanja visokoučinkovitih tkanina u mokrom stanju. Dobivena saznanja i rezultati uspoređivani su s rezultatima dobivenim normiranim postupkom, tj. postupkom ispitivanja otpornosti na habanje u suhom stanju. Ispitivanje otpornosti na habanje u suhom i mokrom stanju provedeno je pri 1000, 5000, 25000, 50000 i 100000 ciklusa s ciljem dobivanja signifikantnih rezultata. Kao dodatan pokazatelj izračunat je gubitak mase u mokrom stanju (f_w).

Habanje u suhom i mokrom stanju provedeno je na uzorcima visokoučinkovitih tkanina na kojima je provedena karakterizacija osnovnih konstrukcijskih karakteristika.

Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje normiranom metodom po Martindaleu do 100 000 ciklusa pokazuju zanemarivi gubitak mase ispitivanih uzoraka. Na taj način se zapravo pojavila sumnja da li je ova metoda uopće prikladna za takve uzorke i da li su uvjeti u kojima se ispituje realni, tj. da li se iz njih može povući poveznica s uvjetima u kojima se stvarno koriste te da li se povećanjem broja ciklusa nešto značajnije dešava. Na temelju iskustva male grupe istraživača Zavoda za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila utvrđeno je da ukoliko se i poveća broj ciklusa (500 000) i više, nema značajnijih promjena u pogledu gubitka mase i izgleda površine. Obzirom da je ispitivanje otpornosti na Martindaleu najraširenija metoda ispitivanja i da Lissajous krivulja omogućuje jednoliko pravocrtno habanje smatra se da nema potrebe osmišljavati novi uređaj, ali zato se uvjeti ispitivanja daju korigirati, tj. modificirati kako bi doprinijeli dobivanju što realnijih rezultata. Vođeni takvim načinom razmišljanja u ovom radu modificirani su uvjeti ispitivanja, tj. proveden je postupak ispitivanja otpornosti na habanje u mokrom stanju.

Rezultati ispitivanja otpornosti na habanje modificiranim postupkom u mokrom stanju znatno su drugačiji od rezultata u suhom stanju. Na temelju pregleda izgleda površine moglo bi se reći da je modificirani način habanja „rigorozniji“. Kod svih uzoraka izgled površine se mijenja (sve je „istrošeniji“) povećanjem broja ciklusa habanja, a što značajno prati gubitak mase. Obzirom da je riječ o visokoučinkovitim tkaninama koje imaju isti cilj, zaštitu ljudskog života smatra se da bi ovaj način ispitivanja svakako trebao biti obavezan. Takvom postupku ispitivanja podvrgavale bi se samo tkanine visokih svojstava, obzirom da „konvencionalne“ tkanine ne mogu izdržati veliku broj ciklusa u mokrom stanju. Svakako potencijal u tom pogledu postoji, te bi se ispitivanja mogla provesti i na drugim vrstama visokoučinkovitih tkanina, a potom bi se norma mogla dopuniti ili jednostavno razviti nova s drugim uvjetima, npr. s ispitivanjem u mokrom stanju.

7. LITERATURA

- [1] Somogyi, M.; Pezelj, E.; Čunko, R.; Vujasinović, E. (2008). High performance Cordura®, fabrics - resistance to abrasion, *ITC&DC book of Proceedings of the 4th International Textile, Clothing & Design Conference, Magic World of Textiles*, pp. 882-887, Zagreb, Croatia, October 05th to 08th 2008
- [2] <http://www.abc-of-mountaineering.com/mountaineeringperformancefabrics.asp#Capilene>, srpanj 2012.
- [3] Čunko, R.: *Ispitivanje tekstila*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN 86-329-0180-X, Zagreb, Hrvatska, 1989.
- [4] HRN EN ISO 12947-1:2008; Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method, Part 1: Martindale abrasion testing apparatus
- [5] Somogyi Škoc, M.; Pezelj, E.: Abrasion Resistance of High Performance Fabrics, InTech, Rijeka, Hrvatska, 35-52, 2012, ISBN 978-953-51-0300-4