

izr. prof. dr. **Barbara Simončič**, univ. dipl. inž. tekst. teh.
Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta,
Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana;
e-pošta: barbara.simoncic@ntftex.uni-lj.si
Lidija Černe, univ. dipl. inž. tekstilne tehnologije
Na Lazih 85, SI-1351 Brezovica pri Ljubljani

Uporaba fluoroogljikovih polimerov pri sodobnih olje- in vodoodbojnih apreturah

V prispevku so predstavljeni rezultati raziskave olje- in vodoodbojnosti bombažne tkanine, apretirane s fluoroogljikovimi (FC) polimeri. Preučevan je vpliv koncentracije FC polimerov, dodatka polifunkcionalnega reaktivnega zamreževala in vrhunskega apreturnega sredstva na lastnosti odbojnega polimernega filma. Na bombažno tkanino je bilo nanešenih sedem različnih odbojnih ter večnamenskih odbojnih in vrhunskih apretur po impregnirnem postopku z dvakratnim polnim omakanjem in ožemanjem, sušenjem in kondenziranjem, pri ustreznih pogojih. Določeni so parametri kakovosti odbojne apreture in fizikalne lastnosti apretirane tkanine. Iz rezultatov raziskave je razvidno, da postane tkanina zelo dobro olje- in vodoodbojna že pri najnižji uporabljeni koncentraciji FC polimerov. Dodatek polifunkcionalnega reaktivnega zamreževala v veliki meri poveča pralno obstojnost apreture, ki ostane visoko odbojna tudi po desetkratnem pranju. Prisotnost vrhunskega apreturnega sredstva in aditiva nekoliko zniža olje- in vodoodbojnost v primerjavi z odbojno apreturo. Pranje apretirane tkanine povzroči preureditev FC polimernega filma, kar zniža njegovo odbojnost. Le-ta se ponovno vzpostavi pri toplotni obdelavi. Apretirana tkanina ostane prepustna za zrak. Zmanjša pa se ji tudi mečkovost v primerjavi z neapretirano. Kemično čiščenje bistveno ne vpliva na odbojnost apretirane tkanine.

Ključne besede: odbojnost, fluoroogljikovi polimeri, odbojna apretura, vrhunska apretura, vpliv reaktivnega zamreževala, obstojnost na pranje, fizikalne lastnosti tkanine

The Use of Fluorocarbon Polymers in Modern Oil- and Water-repellent Finishes

The article represents the results of the study of oil- and water-repellency of the cotton woven fabric coated with fluorocarbon (FC) polymers. The influence of the concentration of FC polymers, the addition of the polyfunctional reactive cross-linker and the presence of the cross-linking finish on the properties of the repellent polymer film were investigated. The cotton woven fabric was treated with seven different repellent and combined repellent and cross-linking finishes by padding with twice full immersion and squeezing, drying and curing at appropriate conditions. The quality parameters of the applied repellent finish and the physical properties of the finished fabric were determined. The results showed that very good oil and water repellency of the fabric were obtained even at the lowest concentration of the FC polymers used. The addition of the polyfunctional reactive cross-linker highly increases the durability of the finish to laundering, which remains highly repellent after ten washing. The presence of the cross-linking finish and the additive reduces oil- and water-repellency to some extent comparing to the repellent finish. Washing of the finished fabric affects the rearrangement of the FC polymer film leading to the decrease of repellency. It is recovered after heat treatment. The finished fabric is still air permeable and more crease-resistant than the untreated fabric. Dry cleaning has no essential effect on repellency of the finished fabric.

Keywords: repellency, fluorocarbon polymers, repellent finish, cross-linking finish, effect of reactive cross-linker, durability to laundering, physical properties of fabric

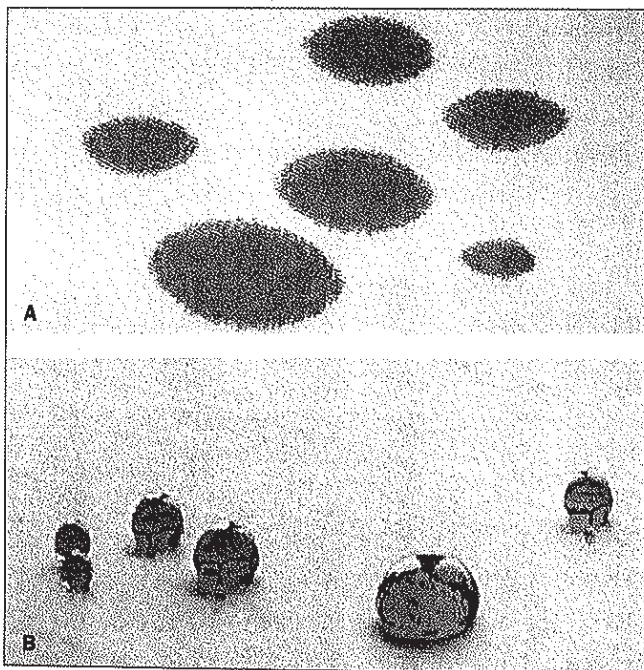
1.0 UVOD

Apretiranje tekstilij z odbojnimi sredstvi uvrščamo med kemične postopke plemenitenja tekstilij, s katerim lahko v veliki meri zmanjšamo omočljivost tekstilnega substrata. Fluoroogljikovi (FC) polimeri predstavljajo najkakovostnejša odbojna apreturna sredstva, ki tvorijo na blagu pralno obstojen polimerni film z odličnimi olje- in vodoodbojnimi lastnostmi [1, 2]. Ker FC polimeri ne zaprejo por tekstilnega substrata, le-ta prepušča zrak in telesne izparine kljub nanieseni apreturi. Široka uporaba FC polimerov v tekstilstvu, tako pri plemenitenju tekstilij za prosti čas kot tudi tehničnih tekstilij, kaže na to, da zavzemajo FC polimeri eno najpomembnejših mest med apreturnimi sredstvi [3].

Namen raziskave je preučiti kakovost sedmih različnih odbojnih in večnamenskih odbojnih in vrhunskih apretur s FC polimeri na bombažnem tekstilnem substratu. Aperture se med seboj razlikujejo po koncentraciji FC polimerov, dodatku polifunkcionalnega reaktivnega zamreževala ter prisotnosti vrhunškega apreturnega sredstva in aditiva. Ker je za visoko kakovost aperture izredno pomembna tudi njena permanentnost, je eden izmed ciljev raziskave ugotoviti, kakšna je obstojnost apreturnega filma na blagu po večkratnem pranju, likanju in kemičnem čiščenju.

2.0 TEORIJA ODBOJNOSTI

Odbojnost je fizikalnokemijska lastnost tekstilij, ki predstavlja odpornost proti močenju. Je sposobnost



Slika 1: Razširjanje tekočine po površini tekstilnega substrata
A - tekočina se popolnoma razlije in tvori tanek sloj;
B - tekočina oblikuje kaplje stalne oblike.

(Avtorica fotografij je mag. Marica Starešinič.)

tekstilnega substrata, da nasprotuje širjenju tekočine po njegovi površini in prehajanju tekočine v njegova kapilarna območja pri določenih pogojih. Pri tem razlikujemo vodoodbojnost, oljeodbojnost in odbojnost za nečistoče [1]. Odbojnost tekstilnega substrata lahko opišemo s pomočjo teorije močenja, saj sta odbojnost in omočljivost neposredno povezani količini. Manjša je omočljivost, večja je odbojnost in obratno. Če je površina tekstilnega substrata dobro omočljiva, se tekočina po njej z lahkoto razširi in tvori tanek sloj (slika 1A). Na površini slabo omočljivega, to je odbojnega substrata, pa tekočina oblikuje kapljice stalne oblike (slika 1B). Omočljivost substrata je odvisna tako od lastnosti substrata in tekočine, s katero ga želimo omočiti, kot tudi od pogojev, pri katerih poteče močenje [1, 4]. Med lastnostmi substrata so pomembne kemična narava, poroznost, geometrija in hrapavost površine, med lastnostmi tekočine pa njena površinska napetost, viskoznost in gostota.

2.1 Določitev stičnega kota

Močenje tekstilij vključuje različne procese, kot so razširjanje, adhezija, potopitev in kapilarna sorpcija [1, 5]. Pri razširjanju se tekočina, ki je v stiku s trdno snovjo, razširi po njeni površini ter pri tem izpodrine zrak. Proces poteče spontano, če je [5-7]:

$$\gamma_{TZ} \geq \gamma_{VZ} + \gamma_{TV} \quad (1)$$

kjer je γ_{TZ} površinska napetost trdne snovi, γ_{VZ} površinska napetost tekočine ter γ_{TV} medfazna napetost trdna snov-tekočina.

Znižanje površinske proste energije pri razširjanju je enako koeficientu razširjanja, $S_{V/T}$ [1, 5-7]:

$$S_{V/T} = \gamma_{TZ} - \gamma_{VZ} - \gamma_{TV} \quad (2)$$

pri čemer je pozitivna vrednost $S_{V/T}$ pokazatelj, da je proces spontan.

Razširjanje tekočine po površini trdne snovi je neposredno odvisno od medmolekulskih sil, ki delujejo na stični površini med tekočo in trdno fazo. Če je adhezija med tekočino in trdno snovjo, ki je izražena z adhezijskim delom, W_A :

$$W_A = \gamma_{TZ} + \gamma_{VZ} - \gamma_{TV} \quad (3)$$

večja od kohezije med molekulami tekočine, ki je podana s kohezijskim delom, W_K :

$$W_K = 2\gamma_{VZ} \quad (4)$$

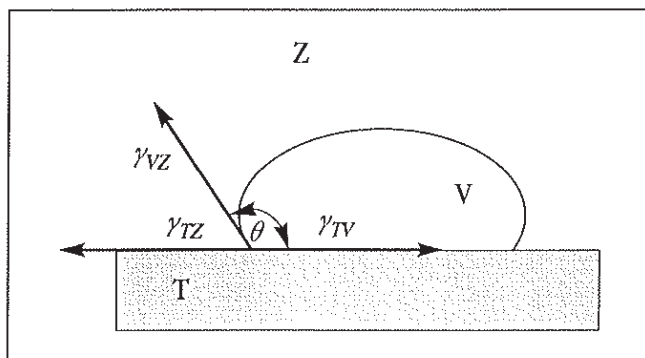
je razširjanje spontano, saj je:

$$W_A - W_K = \gamma_{TZ} - \gamma_{TV} - \gamma_{VZ} = S_{V/T}; S_{V/T} \geq 0 \quad (5)$$

V primeru, da se tekočina po površini trdne snovi ne razširi spontano, ampak oblikuje kapljice končne

oblike, lahko v ravnotežju določimo stični kot, θ , ki ga tvorita površina trdne snovi in tangenta na kapljico tekočine (slika 2). Izrazimo ga z Youngovo enačbo:

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{TZ} - \gamma_{TV}}{\gamma_{VZ}} \quad (6)$$



Slika 2: Ravnotežni stični kot, θ .

Z je zrak, T je trdno in V je voda. γ_{TZ} je površinska napetost trdne snovi, γ_{VZ} je površinska napetost tekočine, γ_{TV} je medfazna napetost tekočina - trdna snov.

Če je razlika ($\gamma_{TZ} - \gamma_{TV}$) pozitivna, zavzame θ vrednosti med 0 in 90° , če je razlika ($\gamma_{TZ} - \gamma_{TV}$) negativna, pa vrednosti med 90 in 180° . Večji je stični kot, manjša je omočljivost trdne snovi, večja je njena odbojnost. Če je stični kot večji od 90° , pravimo, da tekočina ne moči trdne snovi in kapljice tekočine z lahkoto zdrsnjejo z njene površine.

S povezavo enačb (2) in (6) dobimo izraz:

$$S_{VT} = \gamma_{VZ} (\cos\theta - 1) \quad (7)$$

v katerem lahko iz eksperimentalno izmerjenih vrednosti γ_{VZ} in θ določimo S_{VT} . Iz enačbe (7) je razvidno, da je $S_{VT} \geq 0$ le, ko je $\theta = 0^\circ$. Če pa tekočina na površini trdne snovi oblikuje kapljico z ravnotežnim stičnim kotom $\theta > 0^\circ$, je vrednost ($\cos\theta - 1$) negativna, s tem pa tudi vrednost S_{VT} . Iz enačb (2) in (6) sledi, da je S_{VT} negativen, če je γ_{TZ} manjša od vsote ($\gamma_{VZ} + \gamma_{TV}$) in da je θ tem večji, čim nižja je γ_{TZ} oziroma čim višja je γ_{TV} .

Če Youngovo enačbo (6) povežemo z enačbo (3) za adhezijsko delo, dobimo Young - Dupréjevo enačbo:

$$W_A = \gamma_{VZ} (\cos\theta + 1) \quad (8)$$

iz katere je razvidno, da povečanje θ , ki se odraža v zvečanju γ_{TV} , vodi do zmanjšanja adhezijskega dela, ki doseže vrednost 0 pri $\theta = 180^\circ$. Iz tega sledi, da se s povečanjem odbojnosti površine trdne snovi zmanjša adhezija. S tem lahko razložimo šibko adhezijo tekočin na površinah trdnih snovi nizkih energij, predvsem če sta naravi tekočine in trdne snovi zelo različni.

Do odstopanja od Youngove enačbe pride, če želimo določiti stični kot med tekočino in tekstilnim substratom,

ki ima hrapavo površino. Pri tem moramo namreč upoštevati, da je stična površina med tekočino in substratom večja od stične površine, pri kateri se hrapavost substrata ne upošteva. Razmerje med dejansko in navidezno stično površino poda koeficient hrapavosti, f_{TV} . Navidezni stični kot, θ_H , ki ga določimo na hrapavi površini, se razlikuje od stičnega kota, θ , ki bi ga dobili, če bi bila površina gladka. Njuno razmerje poda naslednja enačba [7, 8]:

$$\cos\theta_H = f_{TV} \cos\theta \quad (9)$$

V skladu s to enačbo se stični kot znižuje z naraščanjem hrapavosti površine, če je $\theta < 90^\circ$ in zvišuje z naraščanjem hrapavosti površine, če je $\theta > 90^\circ$ [1, 6, 9]. Iz tega sledi, da v primeru, če je gladka površina slabo omočljiva, povečanje hrapavosti še zmanjša njeno omočljivost [9].

2.2 Močenje porozne trdne snovi

Pri močenju porozne trdne snovi pride do pronicanja tekočine skozi pore snovi. Primer je močenje tekstilnega substrata, kjer tekočina prehaja skozi pore med vlakni. Ta pojav je neposredno povezan z dvigom tekočine v kapilari, do katerega pride zaradi razlike med tlaki ob ukrivljeni površini. Če tvori tekočina pri stiku s trdno površino stični kot manjši od 90° , se ob stenah kapilar ukrivi navzgor ter oblikuje vbočeno površino. Ker je tlak tik pod vbočeno površino tekočine v kapilari nižji od tlaka na ravni površini tekočine, se tekočina v kapilari dvigne [6]. Če obravnavamo tekstilni substrat kot sveženj kapilar s povprečnim polmerom, r , lahko tlak, ΔP , ki je potreben za dvig tekočine v tekstilni substrat, izrazimo kot [6, 7]:

$$\Delta P = \frac{2\gamma_{VZ} \cos\theta}{r} \quad (10)$$

Iz enačbe (10) je razvidno, da se za odbojnost tekstilnega substrata zahtevajo velike negativne vrednosti ΔP . Če je ΔP negativen ($\theta > 90^\circ$), se tekočina v kapilah izboči in se zaradi kapilarne depresije ne dviga v tekstilni substrat. Ker pa je tekstilni substrat porozen, le-ta prepusti vodo, ko je dosežen dovolj visok hidrostatski tlak. Vodoodbojnost substrata je torej omejena s kritičnim tlakom, ki je enak ΔP . Večji je kritični tlak, večja je odbojnost substrata.

Če enačbo (10) povežemo z Youngovo enačbo (6), dobimo zvezo:

$$\Delta P = \frac{2(\gamma_{TZ} - \gamma_{TV})}{r} \quad (11)$$

iz katere je razvidno, da je ΔP negativen, če je razlika ($\gamma_{TZ} - \gamma_{TV}$) negativna. Ta pogoj lahko dosežemo, če znižamo γ_{TZ} . Ker je za odbojna apreturna sredstva značilna nizka površinska prosta energija, lahko

z nanosom takšnih sredstev na tekstilni substrat v veliki meri spremenimo površinske lastnosti substrata ter s tem povečamo njegovo odbojnost.

2.3 Kritična površinska napetost

Zisman in njegovi sodelavci [10, 11] so pri preučevanju omočljivosti trdnih površin z nizkimi površinskimi energijami ugotovili, da je za homologne serije organskih tekočin (npr. n-alkane) odvisnost stičnega kota od površinske napetosti tekočine linearna. Z ekstrapolacijo premice v grafu odvisnosti $\cos \theta$ od γ_{VZ} na $\theta = 0^\circ$, ki ustreza popolnemu omočenju, so določili kritično površinsko napetost trdne snovi, γ_K . Tekočine, ki imajo površinsko napetost nižjo od γ_K , se po površini trdne snovi popolnoma razlijejo in tvorijo $\theta = 0^\circ$, tekočine s površinsko napetostjo večjo od γ_K pa na površini trdne snovi oblikujejo kapljice s $\theta > 0^\circ$. Podatki o γ_K so bistveno prispevali k razvoju vodo- in oljeodbojnih apreturnih sredstev [1].

2.0 EKSPERIMENTALNI DEL

2.1 Podatki o tkanini

Za apretiranje smo uporabili beljeno in mercerizirano bombažno tkanino z naslednjimi lastnostmi:

- surovinska sestava: 100-odstotni bombaž,
- vezava: 4-vezni osnovni keper,
- ploščinska masa: 216 g/m²,
- gostota: po osnovi 46 niti/cm, po votku 23 niti/cm,
- pretržna sila: po osnovi 100,5 daN, po votku 16,6 daN,
- raztezek: po osnovi 15,3 %, po votku 12,5 %.

Tkanino smo nevtralizirali z razredčeno raztopino očetne kisline pri pH vrednosti 5,5, nato intenzivno spirali s toplo in hladno destilirano vodo, oželi in posušili na zraku. pH vodnega ekstrakta nevtralizirane tkanine, ki smo ga določili po standardu EN 1413:1997, je znašal 6,9.

2.2 Apretiranje tkanine

Bombažno tkanino smo apretirali z vodo- in oljeodbojnim ter vrhunskim apreturnim sredstvom. Kot vodo- in oljeodbojno sredstvo smo uporabili disperzijo s FC polimeri (sredstvo A). Za izboljšanje pralnih obstojnosti odbojne apreture smo FC polimerom dodali polifunkcionalno reaktivno zamreževalo (sredstvo B), ki vsebuje dušik in je brezformaldehidno sredstvo. Med vrhunskimi apreturnimi sredstvi smo izbrali brezformaldehidni derivat imidazolidinona (etilensečnine) (sredstvo C), ki poveča dimenzijske stabilnosti in zmanjša mečkovost izdelkov iz celuloznih vlaken. Vrhunskemu apreturnemu sredstvu smo kot aditiv dodali

mehčalno sredstvo, in sicer kondenzacijski produkt maščobne kisline z aminofunkcionalnim polisiloksanom (sredstvo D). Magnezijev klorid ($MgCl_2 \cdot 6 H_2O$) smo uporabili kot katalizator zamreženja vrhunskega apreturnega sredstva s celulozo. pH vrednost apreturnih kopeli smo uravnali z očetno kislino.

Na bombažno tkanino smo nanесли sedem različnih apretur (preglednica 1), ki smo jih pripravili v skladu z navodili proizvajalca apreturnih sredstev. Aperture od 1 do 4 so odbojne, apreturi 5 in 6 večnamenski, in sicer odbojna in vrhunska ter apretura 7 vrhunska. Aperture od 1 do 3 se med seboj razlikujejo po koncentraciji odbojnega sredstva s FC polimeri (najnižja, srednja in najvišja predpisana koncentracija). Za razliko od prvih treh apretur, apretura 4 ne vključuje polifunkcionalnega reaktivnega zamreževala. Koncentracija odbojnega sredstva pri tej apreturi je enaka kot pri apreturi 2. Impregnirni kopeli za večnamenski apreturi 5 in 6 imata enako sestavo. Od aperture 2 se razlikujeta po dodatnem vrhunskem apreturnem sredstvu in aditivu, med seboj pa po uporabljenem ožemalnem učinku. Apertura 7 vključuje vrhunsko apreturno sredstvo in aditiv enake koncentracije kot apreturi 5 in 6.

Preglednica 1: Sestava impregnirnih kopeli za aperture od 1 do 7

Apretura	Koncentracija (g/l)					
	sredstvo ^{a)}				CH ₃ COOH 60 %	MgCl ₂ · 6 H ₂ O
	A	B	C	D		
1	20	1,5	0	0	1	0
2	40	2,5	0	0	1	0
3	60	3,5	0	0	1	0
4	40	0	0	0	1	0
5	40	2,5	80	10	0	15
6	40	2,5	80	10	0	15
7	0	0	80	10	0	15

^{a)} A = vodo- in oljeodbojno apreturno sredstvo s FC polimeri,
B = polifunkcionalno reaktivno zamreževalo,
C = vrhunsko apreturno sredstvo,
D = mehčalno sredstvo, aditiv.

Apretiranje smo izvedli po impregnirnem postopku na dvovaljčnem fularju s polnim omakanjem ter dvakratnim impregniranjem in ožemanjem tkanine pri naslednjih pogojih: temperatura 20 °C, pH impregnirne kopeli 4,5, hitrost impregniranja 1,5 m/min, ožemalni učinek pri aperturah od 1 do 5 in 7 je 84 %, pri aperturi 6 pa 89 %. Po impregniranju smo tkanino posušili pri temperaturi 110 °C in kondenzirali 1,6 minute pri temperaturi 150 °C.

2.4 Nega apretirane tkanine

Vzorci apretirane tkanine smo naknadno prali, likali in kemično čistili.

Desetkratno pranje smo opravili v gospodinjskem pralnem stroju pri 60 °C z dodatkom pralnega praška takšne koncentracije, ki je priporočljiva za pranje manj do srednje umazanega perila. Pranju je sledilo šestkratno izpiranje s hladno vodo brez mehčanja, črpanje, kratko ožemanje in sušenje vzorcev na zraku pri sobni temperaturi. Vzorce smo likali z gospodinjskim likalnikom 15 sekund brez pare pri temperaturi 200 °C. Kemično čiščenje vzorcev s perkloretilenom smo opravili v kemični čistilnici. Potekalo je 50 do 60 min pri temperaturi kemičnega čiščenja 15 °C in temperaturi sušenja 53 °C. Kemičnemu čiščenju je sledilo vakuumsko likanje vzorcev z gospodinjskim likalnikom s paro pri temperaturi 150 °C.

2.5 Preiskava kakovosti

Za določitev kakovosti nanosenih apretur smo določili naslednje parametre: oljeodbojnost, vodoodbojnost, zračno prepustnost, mečkovost in izravnalne kote. Preiskave smo opravili na neapretirani tkanini, na nepranih apretiranih vzorcih, kot tudi na enkrat, trikrat, petkrat, desetkrat pranih, likanih ali kemično čiščenih apretiranih vzorcih. Vse preučevane vzorce smo predhodno klimatizirali pri standardnih pogojih.

Oljeodbojnost smo ocenili s statično metodo po standardu AATCC 118 – 1966 T. Na različna mesta suhe tkanine smo nanесли osem nepolarnih topil – ogljikovodikov, ki so bila razvrščena po padajoči površinski napetosti tako, da je imelo topilo z najnižjo zaporedno številko najvišjo površinsko napetost. Če je topilo na površini tkanine oblikovalo kapljico s stičnim kotom $\theta > 0^\circ$ in se kapljica tudi po 30 sekundah ni spremenila, je to pomenilo, da je kritična površinska napetost tkanine nižja od površinske napetosti topila. Če pa je topilo popolnoma omočilo tkanino, je bila njegova površinska napetost nižja od kritične površinske napetosti tkanine. Kot rezultat oljeodbojnosti smo podali zaporedno številko topila, ki kot zadnje v vrsti topil še ni popolnoma omočilo apretirane tkanine. Ocena 1 pripada površini, ki ni oljeodbojna, ocena 8 pa površini, ki je odlično oljeodbojna.

Vodoodbojnost smo merili na Schopperjevem aparatu po standardu AATCC 18 – 1664 in s Spray testom po standardu AATCC 22 – 1964. Na Schopperjevem aparatu smo na tkanino, vpeto v merilno glavo napolnjeno z vodo, učinkovali s tlakom, ki je linearno naraščal s hitrostjo 20 cm vode na minuto. Kot rezultat smo podali kritični tlak, pri katerem je tkanina prepustila prve tri kapljice vode. S Spray testom smo določili stopnjo omočljivosti tkanine po odeževanju pri sobni temperaturi, in sicer primerjalno s standardnimi fotografijami.

Meritve zračne prepustnosti smo opravili po standardu SIST EN ISO 9237: 1999 ter jo podali kot količino presesanega zraka skozi ploščinsko enoto v 1 minuti pri tlaku 20 mm vodnega stolpca.

Mečkovost tkanine smo ocenili po standardu AATCC 88A – 1964 (metoda II-B-1) in z meritvami suhih izravnalnih kotov po standardu SIST EN 22313: 1992. Ocenno mečkovosti vzorcev, pranih pri 40 °C 20 minut z 2 g/l neionskega tenzida in sušenih na zraku, smo določili primerjalno s standardnimi fotografijami. Suhe izravnalne kote, ki so merilo za sposobnost poravnave suhega blaga po umetno povzročinem gubanju, smo izmerili v smeri osnove in votka po 5 in 60 minutni razbremenitvi vzorcev ter iz njih določili povprečni suhi izravnalni kot, α , ki je enak:

$$\alpha = \frac{\alpha_o + \alpha_v}{2} \quad (12)$$

V enačbi je α_o srednji suhi izravnalni kot po osnovi in α_v srednji suhi izravnalni kot po votku, ki predstavlja povprečni vrednosti 6 meritev.

3.0 REZULTATI MERITEV IN RAZPRAVA

3.1 Vpliv apreture na oljeodbojnost

Iz preglednice 2 je razvidno, da postane tkanina olje- in vodoodbojna že pri najnižji uporabljeni koncentraciji FC polimerov, oljeodbojnost pa se povečuje z naraščanjem koncentracije FC polimera in pri apreturi 2 in 3 doseže odlično oceno 7. Ker je oktan zadnje testno topilo, ki še ne omoči vzorcev z apreturama 2 in 3, iz tega sledi, da se je kritična površinska napetost tkanine, apretirane z odbojno apreturo s FC polimeri, znižala v tolikšni meri, da je njena vrednost nižja od 21 mJ/m². Olja in tekoče nečistoče je zato ne morejo omočiti. Rezultati, dobljeni s statično metodo določitve oljeodbojnosti po standardu AATCC 118 – 1966 T, se dobro ujemajo z rezultati meritev stičnih kotov z Washburnovo metodo in določitvijo kritične površinske napetosti apretirane tkanine z Zismanovo metodo [12].

Preglednica 2: Rezultati meritev oljeodbojnosti vzorcev, apretiranih z različnimi apreturami

Apretura	Oljeodbojnost						
	0 P ^{a)}	1 P	1 P+L ^{b)}	3 P+L	5 P+L	10 P+L	KČ ^{c)}
neapretiran	0	0	0	0	0	0	0
1	6	2	6	6	6	6	6
2	7	2	7	6	6	6	7
3	7	3	7	6	6	6	7
4	7	0	5	4	3	1	7
5	4	1	4	3	2	2	5
6	6	1	6	5	4	2	6
7	0	0	0	0	0	0	0

a) P = pranje, številka pred pranjem pomeni število pranj,

b) L = likanje,

c) KČ = kemično čiščenje

0 – ni oljeodbojnosti, 7 – najvišja oljeodbojnost.

Vzorca z večnamenskima apreturama 5 in 6 sta manj oljeodbojna v primerjavi z apreturami od 1 do 3. Pri tem je oljeodbojnost apreture 6, kjer smo uporabili večji ožemalni učinek, po pričakovanju višja od apreture 5. Ker se apreturi 5 in 6 od apreture 2 razlikujeta po dodanem vrhunskem apreturnem sredstvu in aditivu, lahko iz tega sklepamo, da prisotnost teh dveh sredstev v apreturi zniža njeno oljeodbojnost.

3.2 Vpliv apreture na vodoodbojnost

Podobno kot oljeodbojnost se tudi vodoodbojnost tkanine močno poveča z nanosom apretur od 1 do 6. Vodoodbojnost tkanine, ki doseže odlično oceno že pri nanosu najnižje koncentracije odbojnega apreturnega sredstva (preglednici 3 in 4), se z višanjem koncentracije FC polimera praktično ne spreminja. Večnamenski apreturi 5 in 6 sta manj vodoodbojni kot apreture od 1 do 3, kar pomeni, da dodatek uporabljenega vrhunškega apreturnega sredstva in aditiva ob oljeod-

Preglednica 3: Rezultati meritev vodoodbojnosti apretiranih vzorcev, opravljenih na Schopperjevem aparatu

Apretura	Kritični tlak (mm H ₂ O)						
	0 P ^{a)}	1 P	1 P+L ^{b)}	3 P+L	5 P+L	10 P+L	KČ ^{c)}
neapretiran	0	0	0	0	0	0	0
1	240	225	245	220	200	200	220
2	235	210	240	215	215	200	208
3	240	215	240	220	220	200	205
4	205	0	155	100	0	0	155
5	139	95	130	85	75	75	143
6	180	170	170	130	130	110	188
7	0	0	0	0	0	0	0

a) P = pranje, številka pred pranjem pomeni število pranj,

b) L = likanje,

c) KČ = kemično čiščenje

Preglednica 4: Rezultati meritev vodoodbojnosti apretiranih vzorcev, določenih s Spray testom

Apretura	Omočljivost						
	0 P ^{a)}	1 P	1 P+L ^{b)}	3 P+L	5 P+L	10 P+L	KČ ^{c)}
neapretiran	0	0	0	0	0	0	0
1	100	80	100	100	100	100	100
2	100	80	100	100	100	100	100
3	100	80	100	100	100	100	100
4	100	50	70	70	50	50	90
5	80	70	80	70	70	50	80
6	80	70	80	80	80	70	80
7	50	50	0	0	0	0	50

a) P = pranje, številka pred pranjem pomeni število pranj,

b) L = likanje,

c) KČ = kemično čiščenje

0 – popolnoma omočljiv, 100 – neomočljiv

bojnosti zniža tudi vodoodbojnost. Rezultati, ki smo jih dobili s kombinacijo sodobnega odbojnega sredstva s FC polimeri in vrhunškega apreturnega sredstva na podlagi brezformaldehidnega derivata imidazolidinina ob dodatku aditiva, se razlikujejo od rezultatov Hainševe s sodelavci [13], ki so ugotovili, da dodatek vrhunškega apreturnega sredstva na podlagi formaldehidno revnega derivata imidazolidinona (metilirana dimetilodihidroksietilen sečnina) brez aditiva ne poslabša kakovosti odbojne apreture. Iz tega lahko zaključimo, da je potrebno pri sestavi večnamenske odbojne in vrhunske apreture skrbno izbrati takšna sredstva, ki v mešanici delujejo vzajemno.

3.3 Vpliv nege tkanine na oljeodbojnost

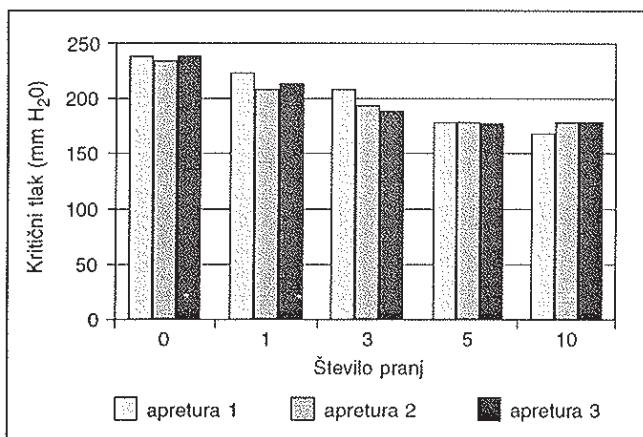
Pranje in likanje apretirane tkanine bistveno vplivata na njeno oljeodbojnost. Medtem ko se oljeodbojnost tkanine močno poslabša že po prvem pranju, pa se leta povrne s toplotno obdelavo opranih vzorcev z likanjem (preglednica 2). To je pokazatelj, da se pri pranju odbojna apretura ne odstrani s tkanine, temveč pride le do preureditve FC polimernega filma na blagu, ki se po končanem pranju in sušenju na zraku pri 25 °C ne povrne v prvotno obliko. Za preureditev FC polimernega filma je potrebno dovesti toploto, pri čemer se perfluorirane skupine ponovno usmerijo stran od površine tkanine tako, da se vzpostavi prvotna oljeodbojnost nanesene apreture. Aperture od 1 do 3 so odlično oljeodbojne tudi po desetkratnem pranju in likanju.

Kemično čiščenje apretirane tkanine ne poslabša njene odbojnosti. Perkloretilen, ki smo ga uporabili pri kemičnem čiščenju, bistveno ne vpliva na spremembo strukture FC polimernega filma na tkanini.

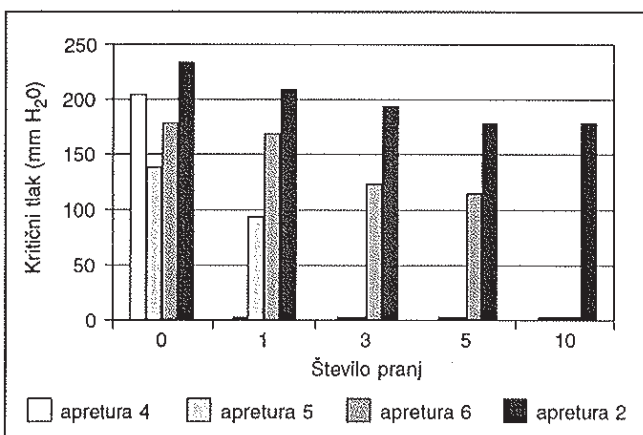
Da je prisotnost **polifunkcionalnega reaktivnega zamreževala** v odbojni aperturi izrednega pomena za pralno obstojnost polimernega filma na tkanini, je razvidno iz primerjave rezultatov, dobljenih z aperturama 2 in 4 (preglednica 2). Vzorec z aperturo 4, ki ne vključuje reaktivnega zamreževala, že po enkratnem pranju ni več oljeodbojen, njegova oljeodbojnost pa se tudi z likanjem po pranju ne izboljša v tolikšni meri kot pri aperturi 2. Z naraščajočim številom pranj se oljeodbojnost aperture 4 postopoma zmanjšuje in po desetkratnem pranju in likanju doseže le oceno 1. Iz tega lahko zaključimo, da reaktivno zamreževalo, ki v fazi kondenzacije kemijsko reagira s funkcionalnimi skupinami FC polimerov, prečno poveže linearne polimerne molekule v mrežno strukturo ter s tem prispeva k tvorbi trdnega, stabilnega in pralno obstojnega polimernega filma na blagu. Iz rezultatov tudi sledi, da se učinkovitost reaktivnega zamreževala v prisotnosti vrhunškega aperturnega sredstva in aditiva nekoliko zmanjša. Tako se oljeodbojnost večnamenske aperture 5 kljub prisotnemu reaktivnemu zamreževalu znižuje z naraščajočim številom pranj podobno kot pri aperturi 4.

3.4 Vpliv nege tkanine na vodoodbojnost

Vpliv pranja na vodoodbojnost apretirane tkanine je v veliki meri odvisen od sestave nanesene apreture. Medtem ko se kritični tlak, potreben za prepustitev prvih treh kapljic vode, pri vzorcih z apreturami 1, 2 in 3 le v majhni meri postopoma znižuje z naraščajočim številom pranj (slika 3), pa postane vzorec z apreturo 4 brez reaktivnega zamreževala v celoti neodbojen že po prvem pranju (slika 4). Pralna obstojnost večnamenskih apretur 5 in 6 je prav tako slabša v primerjavi z apreturami od 1 do 3, kljub dodanemu reaktivnemu zamreževalu (slika 4). To je v skladu z rezultati oljeodbojnosti in potrjuje ugotovitev, da dodatek vrhunškega apreturnega sredstva in aditiva vpliva na zmanjšanje učinkovitosti reaktivnega zamreževala.



Slika 3: Vodoodbojnost vzorcev, apretiranih z odbojnimi apreturami od 1 do 3, v odvisnosti od števila pranj. Prani vzorci niso likani.



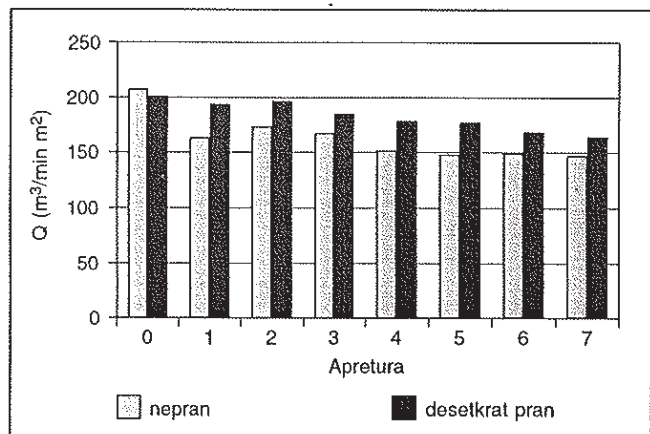
Slika 4: Vodoodbojnost vzorcev, apretiranih z odbojnima apreturama 2 in 4 ter večnamenskima apreturama 5 in 6, v odvisnosti od števila pranj. Prani vzorci niso likani.

Tako kot oljeodbojnost se tudi vodoodbojnost vzorcev poveča po likanju zaradi preureditve odbojnega polimernega filma na blagu v prisotnosti toplote (preglednici 3 in 4). Vzorci z apreturami od 1 do 3 ostanejo neomočljivi tudi po desetkratnem pranju in likanju,

prav tako pa se zviša kritični tlak. To dokazuje, da je kljub hidrofobni glavni polivinilni verigi FC polimerov za visoko vodoodbojnost pomembna ureditev fluoriranih in nefluoriranih stranskih skupin polimernega filma, do katere pride pod vplivom toplote.

3.5 Vpliv apreture na zračno prepustnost tkanine

Iz slike 5 je razvidno, da se z nanosom apreture nekoliko zmanjša zračna prepustnost tkanine, in sicer pri vzorcih z odbojnimi apreturami za približno 20 % v primerjavi z neapretirano tkanino, pri vzorcih z večnamenskima apreturama in vrhunsko apreturo pa za 25 do 30 %. Po desetkratnem pranju se zračna prepustnost vseh apretiranih vzorcev poveča. Ker je zračna prepustnost v neposredni povezavi z velikostjo por v tkanini, lahko na podlagi rezultatov zaključimo, da odbojno sredstvo s FC polimeri prekrije vlakna, pri tem pa ne zapre por v tkanini.



Slika 5: Zračna prepustnost, Q, nepranih in desetkrat pranih vzorcev, apretiranih z različnimi apreturami od 1 do 7. Neapretiran vzorec je označen z 0.

3.6 Vpliv apreture na mečkavost in izravnavo tkanine v suhem

Ocene mečkavosti, zbrane v preglednici 5, kažejo, da se z nanosom odbojne apreture s FC polimeri mečkavost tkanine zmanjša v primerjavi z neapretirano tkanino. Iz rezultatov je tudi razvidno, da na zmanjšanje mečkavosti pri apreturah od 1 do 3 v veliki meri vpliva polifunkcionalno reaktivno zamreževalo, saj se vzorec z apreturo 4, kjer zamreževalo ni prisotno, enako dobro mečka kot neapretirana tkanina (ocena 1). V primeru večnamenskih apretur 5 in 6, kjer je na tkanini ob odbojnem sredstvu prisotno tudi vrhunsko apreturno sredstvo, se mečkavost tkanine še zmanjša (ocena 4).

Iz preglednice 5 je tudi razvidno, da se z nanosom odbojne apreture povečajo suhi izravnalni koti tkanine, tako po 5-ih in 60-ih minutah razbremenitve. Koncentracija odbojnega sredstva kot tudi prisotnost reak-

tivnega zamreževala le malo vplivata na spremembo izravnalnih kotov. Tudi dodatek vrhunskega apreturnega sredstva pri večnamenski apreturi bistveno ne poveča suhih izravnalnih kotov v primerjavi z odbojno apreturo.

Preglednica 5: Rezultati meritev mečkovosti in povprečnih suhih izravnalnih kotov, α , po 5 in 60 minutni razbremenitvi neapretirane tkanine ter vzorcev z apreturami od 1 do 7

Apretura	Mečkovost ^{a)}	α (°)	
		5 min	60 min
neapretiran	1	32,9	43,5
1	2	59,0	71,5
2	3	65,5	73,5
3	3	59,5	67,2
4	1	64,5	74,5
5	4	65,0	78,6
6	4	69,0	88,0
7	5	69,3	87,4

^{a)} 1 – največja mečkovost, 5 – najmanjša mečkovost

4.0 ZAKLJUČKI

Na podlagi rezultatov preiskave lahko zaključimo naslednje:

- z nanosom FC polimerov na bombažno tkanino se površinska prosta energija tkanine zniža v tolikšni meri, da je tkanina odbojna za vodo, olja in tekoče nečistoče,
- odlična odbojnost se doseže že pri uporabi najnižje predpisane koncentracije preučevanega odbojnega sredstva s FC polimeri,
- apretirana tkanina ostane dihalno aktivna,
- pri pranju pride do preureditve FC polimernega filma na tkanini, kar poslabša njeno odbojnost,
- za ponovno vzpostavitev oljeodbojnosti apreture po pranju je potrebna toplotna obdelava tkanine,
- prisotnost polifunkcionalnega reaktivnega zamreževala v odbojni apreturi je izrednega pomena za pralno obstojnost apreturnega filma na tkanini, ki je visoko odbojen tudi po desetkratnem pranju in likanju,
- dodatek preučevanega vrhunskega apreturnega sredstva in aditiva zniža olje- in vodoodbojnost apretirane tkanine v primerjavi z odbojno apreturo,
- pri sestavi večnamenske odbojne in vrhunske apreture je potrebno skrbno izbrati takšna sredstva, ki v mešanici delujejo vzajemno.

Zabvala

Za podarjena apreturna sredstva, ki smo jih uporabili v raziskavi, se zabvaljujemo g. Jožetu Hrastniku, univ. dipl. inž., predstavniku firme Bezema in vodstvu firme CHT.

Viri

- [1] KISSA, E. Repellent finishes. V *Handbook of fiber science and technology : Volume II : Chemical processing of fibers and fabrics : Functional finishes : Part B*. Edited by M. Lewin and S. B. Sello. New York; Basel : Marcel Dekker, Inc., 1984, str. 144–210. International fiber science and technology series / 2.
- [2] SIMONČIČ, B. Fluorogljikovi polimeri – sodobna odbojna apreturna sredstva. *Tekstilec*, 2001, let. 44, št. 5–6, str. 117–121.
- [3] GROTTENMÜLLER, R. Fluorocarbons – an innovative aid to the finishing of textiles. *Melliand International*, 1998, no. 4, p. 278–281.
- [4] JAKŠIČ, D. Mehanizmi močenja oblačil. *Tekstilec*, 2000, let. 43, št. 1–2, str. 7–12.
- [5] ROSEN, M. J. *Surfactants and interfacial phenomena*. 2nd edition. New York : John Wiley & Sons, 1989, str. 240–275.
- [6] ADAMSON A. W. *Physical chemistry of surfaces*. 5th edition. New York : John Wiley & Sons, 1990, str. 4–52.
- [7] DATYNER, A. *Surfactants in textile processing*. New York; Basel : Marcel Dekker, Inc. 1983, str. 22–32 in 142–155. Surfactant science series, Volume 14.
- [8] WENZEL, RN. Resistance of solid surfaces to wetting by water. *Industrial engineering chemistry*, 1936, vol. 28 (8), str. 988–994.
- [9] BIKERMAN, J. J. *Physical surfaces*. New York : London, 1970, str. 169–183, 265. Physical chemistry. A series of monographs.
- [10] FOX, H. W., ZISMAN, W. A. The spreading of liquids on low-energy surfaces : II. Modified tetrafluoroethylene polymers. *Journal of colloid interface sciences*, 1952, vol. 7, str. 109–121.
- [11] FOX, HW, ZISMAN, WA. The spreading of liquids on low-energy surfaces : III. Hydrocarbon surfaces. *Journal of colloid interface sciences*, 1952, vol. 7, str. 428–442.
- [12] ČERNE, L. *Pomen fluorogljikovih polimerov pri sodobnih olje- in vodoodbojnih apreturah : Diplomsko delo*. Ljubljana, 2001.
- [13] HAINŠ, N., KATOVIČ, D. in SOLJAČIČ, I. Suvremene apreture za vodoodbojno i uljeodbojno obradu tekstila. *Tekstil*, 1998, vol. 47, br. 7, str. 345–349.

Prispelo/Received: 08–2001; sprejeto/accepted: 08–2001