

Svojstva tekstila od PP vlakana modificiranih multifunkcionalnim aditivima

Jozef Šesták¹
Eudmila Balogová¹
Peter Michlík²
Štefan Krivoš²
Vladimír Zimány³

¹Research Institute for Textile Chemistry (VÚTCH) – Chemitex, Ltd.
Žilina, Slovačka

²Research Institute for Man-Made Fibres
Svit, Slovačka

³Chemosvit Fibrochem, JSC
Svit, Slovačka

e-mail: jozef.sestak@vutch.sk

Prispjelo 18.9.2015.

UDK 677.494.742.3:677.027.6
Izvorni znanstveni rad*

Svrha istraživanja je priprema multifunkcionalnih koncentrata koji omogućuju postizanje sljedećih svojstva: smanjenje zapaljivosti (FR), povećanje postojanosti na UV zračenje (UV) i antimikrobno djelovanje (AMB). Ispitana su osnovna svojstva pripremljenih multifunkcionalnih koncentrata u obradi polipropilenskih vlakana, odnosno postizanja njihove otpornosti na gorenje, UV zračenje i na njihova antimikrobna svojstva. Uspoređuju se dobiveni rezultati promjene izabranih svojstava tekstila u odnosu na njihovu konstrukciju i mogućnosti praktične primjene. Dobiveni rezultati pokazali su pozitivan učinak razvijenog koncentrata (tip 28/1676) s FR komponentom na smanjenje zapaljivosti u usporedbi sa standardnim PP vlaknima. Dodatno je pod utjecajem UV zračenja smanjenje čvrstoće pletiva od modificiranog PP vlakna bilo samo 5 % dok je kod pletiva od nemodificiranih PP vlakna smanjenje bilo 95 %. Ispitivanja antibakterijskog djelovanja potvrdila su visoku učinkovitost, odnosno visok stupanj smanjenja broja bakterija (> 90 %) na pletivima od modificiranog PP vlakna. Potvrđena je visoka djelotvornost multifunkcionalnog koncentrata tipa 28/1676 za PP vlakna.

Ključne riječi: multifunkcionalni koncentrat, multifunkcionalna PP vlakna, smanjenje gorivosti, postojanost na UV zračenje, antimikrobno djelovanje

1. Uvod

Sadašnji razvoj proizvodnje PP vlakana je, među ostalim, uglavnom

*Izlaganje na konferenciji CEC 2015 – 8th Central European Conference on Fiber-Grade Polymers, Chemical Fibers and Special Textiles, Zagreb, 16.–18. rujna 2015.

usmjeren na pripremu tehničkih i specijalnih tipova s naprednim svojstvima funkcionalnosti i učinkovitosti, pri čemu se povećanje asortimana za tekstilne i tehničke namjene postiže uglavnom fizikalnim i kemijskim modifikacijama [1]. Modifikacije PP vlakana, koje uglavnom zahtijeva

tekstilna industrija su: smanjena gorivost, velika postojanost na UV zračenje, antimikrobnost, antistatičnost, poboljšano upravljanje vlagom s obzirom na znojenje. U današnje vrijeme se povećava potražnja za multifunkcionalnim tekstilom. Međutim, takvi materijali ne postoje na svjet-

skim tržištima u dovoljnim količinama. Najčešće se za područje tekstilija predviđenih za industriju automobila i namještaja traži kombinacija svojstava smanjene zapaljivosti (FR), velike postojanosti na UV zračenje (UV) i dobrog antimikrobnog djelovanja (AMB) u jednom proizvodu. Drugi zahtjev za multifunkcionalnošću modificiranih vlakana i tekstila je kombinacija poboljšanog upravljanja vlagom (MM) s antimikrobnim i antistatičkim (ANT) svojstvom, što se uglavnom zahtijeva područje tekstilija predviđenih za sportsku i radnu odjeću. Najvažniji svjetski proizvođači koncentrata za modifikaciju svojstava u svojim ponudama imaju samo „monofunkcionalne“ koncentrate za PP bazu [2-4]. Schulman nudi monokoncentrate za AMB modifikaciju (Polybatch Abact i Polybatch Ami), za UV modifikaciju (Polybatch FFP UVRI i Polybatch UV 381) i FR modifikaciju (Polyflam line) za PP folije i vrpce. Clariant proizvodi mikrokoncentrate za AMB modifikaciju (Irgaguard), za UV modifikaciju (Irgastab) i ANT modifikaciju (Irgasurf i Ergstat) za PP folije, vrpce i vlakna. Gabriel Chemie proizvodi mikrokoncentrate za UV modifikaciju (HP 794160UV, HP 793680UV i HP 793680UVAO), FR modifikaciju (HP 72521FR, HP 791460UVFR) i ANT modifikaciju (PP 791310AS i PP 78680AS20) za PP folije i vrpce. Međutim, nijedan od svjetskih proizvođača ne nudi multifunkcionalne koncentrate modifikacijskih aditiva za PP polimerne baze.

Problematično je pripremati multifunkcionalna vlakna iz dostupnih monofunkcionalnih koncentrata. Dodatak nekoliko „monofunkcionalnih“ aditivnih koncentrata u polimerni sustav PP vlakna povećava proporciju polimerne mase i stranih nepolimernih komponenata u vlaknu, mijenja reologiju taline i zato polimerna mješavina nema dobra svojstva ispredivosti. Detaljnim istraživanjem usredotočenim na ispitivanje sinergijskih učinaka korištenih i dostupnih aditiva

i poznavanje određenih uzoraka u procesu pripreme vlakna omogućit će pripremu PP vlakna zahtijevanih multifunkcionalnih svojstava. Istraživanja pripreme multifunkcionalnih vlakana uključuje detaljno proučavanje kompatibilnosti višekomponentnog koncentrata s PP polimernim sustavom u procesu ispređanja kao i ispitivanje utjecaja na morfologiju i strukturu mikrovlakana. Zasad na tržištu ne postoje PP vlakna koja bi imala više od dvije permanentne modifikacije. Trofunkcionalna modifikacija polipropilenskog mikrovlakna bojadisanog u masi apsolutna je svjetska novost pa je proces njegove pripreme uz primjenu multifunkcionalnog koncentrata modifikacijskih aditiva vrlo inovativna.

Učinkovite tekstilije su nova paradigma u tekstilnoj industriji i predstavljaju osnovno područje za spomenutu industrijsku granu. Učinkovite tekstilije imaju višu dodanu vrijednost koja povećava mogućnosti njihove primjene na području odjevnih proizvoda (uglavnom za sport, slobodno vrijeme, povećanu udobnost i higijenu) te tehničkog tekstila (automobilska industrija, građevinarstvo, industrija namještaja, zdravstvo itd.). Sadašnji svjetski razvoj je orijentiran na povećanje učinkovitosti pomoću:

- kemijska obrada tekstilnih materijala, najčešće njihovih površina kod oplemenjivanja tekstila u okviru kojih je moguće osigurati „dodanu vrijednost“ tako da se utječe na jedno, maksimalno dva funkcionalna svojstva;
- primjene specijalnih vrsta vlakana kojima su dodani aditivi, čime je moguće povećati „dodanu vrijednost“ tekstila zbog njihove multifunkcionalnosti, tj. tako da se sinergijski efekt dobije zbog utjecaja na barem 2 do 3 funkcionalna svojstva tekstila;
- primjene pređa od mješavine vlakana koje sadrže pojedinačne komponente specijalnih vlakana čime se omogućuje dobivanje multifunkcionalnosti tekstila.

Sadašnji razvoji su također usmjereni na sljedeće načine i procese kojim se utječe na učinkovitost, odnosno funkcionalnost tekstila [5]:

Nanotehnologije – primjena nanočestica na kemijskoj osnovi poboljšava svojstva učinkovitosti, tj. antimikrobna svojstva, postojanost na UV zračenje, antistatička svojstva, postojanost na onečišćenje, poboljšanje otpornosti na gužvanje;

Antimikrobna obrada – obrada se provodi uglavnom dodavanjem aditiva u masu vlakana radi sprječavanja rasta (i/ili uništavanja) mikroorganizama, odstranjivanja neugodnih mirisa tekstila (odjevni tekstil za sportsku odjeću i odjeću za slobodno vrijeme) i/ili poboljšanje higijene, npr. obuće, kućanskog tekstila, tekstila za vozila ili za zdravstvenu zaštitu. Uglavnom se koriste sredstva koji sadrže nanočestice. Kao primjer mogu se navesti sljedeći poznati tekstilni proizvodi: Odor-Easter (obuća), Sole Fresh TM i Foot Smart (čarape) te AegisMicrobe Shield (odjeća).

Upravljanje vlagom – jedan je od najvažnijih kriterija učinkovitosti, uglavnom za područje odjevnog tekstila. Sposobnost odjeće da transportira vlagu značajno utječe na ugodnost kod nošenja. Ta sposobnost se postiže primjenom mikrovlakana ili silikona na molekularnoj razini u masi za dobivanje vlakana sa svrhom povećanja hidrofilnih svojstava tekstila. Primjeri poznatih proizvoda koji imaju poboljšano upravljanje vlage su Coolmax (sportska odjeća) i Coolplus (čarape i rublje).

Smanjenje zapaljivosti – općenito se upotrebljavaju dva načina smanjenja zapaljivosti: dodavanje koncentrata koji sadrži sredstvo protiv gorenja u masu za ispređanje vlakana i površinska obrada koja se provodi impregniranjem. Oba načina se provode upotrebom sredstava temeljena na spojevima koji sadrže fosfor ili na halogenim organskim spojevima prema zahtjevima zaštite okoliša. Najskuplji način smanjenja zapaljivosti tekstila je upotreba npr. aramidnih vlakana s permanentnim svoj-

stvom otpornosti na gorenje, odnosno nezapaljivošću (npr. Kermel ili Nomex vlakna).

Drugi literaturni navodi [6, 7] također potvrđuju visoke zahtjeve na multifunkcionalnosti tekstila. Ovi zahtjevi se većinom rješavaju kombinacijom primjene modificiranih vlakana za tekstilne proizvode i površinskim obradama tekstila [8].

2. Eksperimentalni dio

2.1. Svojstva pripremljenih multifunkcionalnih koncentrata

Za potrebe istraživanja nabavljeni su i ispitani PP polimeri procesnih svojstava koja su prikladna za istraživanje PP koncentrata (Moplen HF501N, Tatren HG1007) i za ispitivanje ispređanja multifunkcionalna PP vlakna (Tatren HT2511).

Za ispitivanje multifunkcionalnih koncentrata odabrani su i nabavljeni nehalogeni FR modifikatori Melapur MC25 (oznaka FR) i Flamestab NOR116 (FRUV), stabilizatori Irgafos 168, Chimasorb 944 FDL i Tinuvin 770 DF (UV) kao i AMB aditivi Irguard B7000 (AMB1) i Biostat B (AMB2). Termičkim analizama potvrđena je njihova prikladnost za pripremu multifunkcionalnih koncentrata.

Proizvedeni materijal za istraživanje multifunkcionalnih PP koncentrata bile su kombinacija triju vrsta koncentrata s funkcijama FR, UV i AMB, oznaka 28/1673; 28/1674; 28/1676. Tehnološka pouzdanost procesa s optimiranim parametrima njihove pripreme bila je zadovoljavajuća i uspořediva s pouzdanošću procesa pripreme standardnih monofunkcionalnih koncentrata. Procesna i reološka svojstva pripremljenih uzoraka multifunkcionalnih koncentrata za dodatak PP vlaknima su uspoređena na zahtijevanoj razini (tab.1 i 2) [9].

Ispitivanja su potvrdila dobre rezultate dobivene laboratorijskim ispitivanjem PP koncentrata s efektom modifikacije FR+AMB+UV. Nakon toga su provedena ispitivanja svojstva

Tab.1 Pripremljeni uzorci multifunkcionalnih koncentrata (FR + AMB + UV)

Oznaka koncentrata	PP (%)	FR (%)	FR+UV (%)	AMB (%)	Disperzant (%)	UV stabilizatori (%)
28/1673	49,4	25,0	-	10,0	5,6	10,0
28/1674	41,4	33,0	-	10,0	5,6	10,0
28/1676	49,7	25,0	3,0	10,0	4,8	7,5

Primjedba: Tehnološka stabilnost koncentrata bila je besprijekorna u svim tehnološkim fazama

Tab.2 Reološke konstante PP polimera i PP polimera s multifunkcionalnim koncentratima

Uzorak	K (Pas)	n	B
PP Tatren HT 2511	2104,8	0,5364	0,9985
28/1673	2280,8	0,5051	0,9992
28/1674	2786,0	0,4851	0,9990
28/1676	2503,6	0,4910	0,9995

Primjedba: Vrednovanje prema kvadratnom modelu $\tau = K \cdot D^n$
K- koeficijent konzistencije;
n – pseudoplastično odstupanje;
B – koeficijent pouzdanosti

va ispredivosti pripremljenih multifunkcionalnih koncentrata (laboratorijska linija za ispređanje TS-32 s izlaznom brzinom do 2500 m/min). Dobiveni su zadovoljavajući rezultati.

2.2. Svojstva pripremljenih PP multifunkcionalnih vlakana

Provedena su ispitivanja 11 različitih vrsta mono i multifunkcionalnih koncentrata i aditiva. Pripremljena su modificirana PP vlakna s različitim koncentracijom aditiva. Duljinske mase glatkih i teksturiranih vlakana bile su veće od 5 dtex. Korištena je linija za ispređanje i istezanje vlakana koja omogućuje rad na smanjenoj temperaturi ispređanja. Postoji samo

nekoliko proizvodnih sustava koji omogućuju rad na temperaturama ispod 250 °C. Glatke vrste PP vlakana pripremljene su direktno na liniji za ispređanje i istezanje. Frikcijski teksturirana PP vlakna teksturirana su na AFK stroju tvrtke Barmag, a dvostruke pređe od PP vlakana na stroju TG 20. Općenito, multifunkcionalni koncentrat su pokazali dobra svojstva primjene. Međutim, uočena je i razgradnja nekih aditiva nakon dugotrajnog toplinskog opterećenja. Pričem je došlo do požućenja vlakana. Utjecaj aditiva na promjenu boje vlakana prikazan je u tab.3. Fizikalno-mehanička svojstva dobivenih vlakna navedena su u tab.4. Pripremljeni uzorci multifunkcionalnih vlakana ispunjavaju zahtijevane vrijednosti mehaničkih svojstava određene normama. Za ocjenu svojstva otpornosti na gorenje, odnosno smanjenja zapaljivosti provedeno je mjerenje graničnog indeksa kisika prema standardu EN ISO 4589-2. Rezultati ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava vlakana i zapaljivosti, određivanjem graničnog indeksa kisika prikazani su u tab.4. Značajno povećanje graničnog indeksa kisika za 6 % u odnosu na nemodificirani uzorak postignuto je već kod dodatka 2 % koncentrata aditiva tipa 28/1674. Najbolji rezultati

Tab.3 Vrednovanje svojstava obojenja modificiranih PP vlakana kod obrade s FR+UV+AMB koja sadrži multifunkcionalni koncentrat 3 mas. % (uz svjetlo D 65)

Uzorak	dL	da	db	dC	dH	dE
36/2014/4 (standard)	0,44	0,03	-0,05	0,05	0,03	0,44
36/2014/7	1,59	-0,21	0,75	-0,72	-0,29	1,77
36/2014/10	1,9	-0,11	0,42	-0,42	-0,12	1,19
36/2014/13	-2,21	-2,33	17,28	14,6	-9,53	17,57

Primjedba: dL, da, db, dC, dH, dE – vrijednosti boje prema CIELab sustavu

Tab.4 Fizikalno-mehanička svojstva i granični indeks kisika multifunkcionalnih vlakana PP 84/16 x 4 FT, boja P-001, s 3 mas.% multifunkcionalnog koncentrata

Uzorak PP vlakna	Vrsta koncentrata aditiva	Količina polimera (mas. %)	Finoća PP vlakna (dtex)	Čvrstoća vlakna (cN/dtex)	Istezanje (%)	LOI (vol.% O ₂)
36/2014/4 (standard)	-	-	368,9±0,1	3,51±0,1	96±12	26 ± 0,5
36/2014/7	28/1673	3	372,7±0,4	2,29±0,1	111,5±5,8	32 ± 0,5
36/2014/10	28/1674	3	372,6±0,7	2,33±0,1	113,5±7,9	31 ± 0,5
36/2014/13	28/1676	3	373,9±0,3	2,3±0,1	112±16	31,5 ± 0,5

laboratorijskog ispitivanja u skupini PP modificiranih vlakana s obradom FR+UV+AMB postignuti su primjenom multifunkcionalnog koncentrata tipa 28/1674, koji je također korišten u okviru istraživanja [9].

Uzorak PP vlakna 36/2014/13 pripremljen je eksperimentalno za ispitivanje tehnoloških uvjeta direktno na proizvodnoj liniji. Upotrijebljen je koncentrat 28/0045 V; međutim, dobivene su nepovoljne vrijednosti odstupanja obojenja ($dE = 17.57$) u usporedbi s PP vlaknom 36/2014/7 kod kojeg je korišten drugačiji koncentrat.

3. Rezultati i rasprava

3.1. Vrednovanje utjecaja multifunkcionalnih PP vlakana na uporabna svojstva odabranih vrsta tekstila

Osnovna skupina modificiranog PP vlakna VEL FTS 167/36x2 kojoj je dodan FR+UV+AMB koncentrat u količini od 3 mas. % pripremljena je za vrednovanje mogućnosti prerade u različitim tekstilnim konstrukcijama. Ocijenjene su mogućnosti prerade i dobivena svojstva tekstilnih proizvoda koji su izrađeni od ispitivanih uzoraka PP vlakana oznaka: uzorak br. 36/2014/4 (standard), uzorak br. 36/2014/7 (koncentrat aditiva br. 28/1673), uzorak br. 36/2014/10 (koncentrat aditiva br. 28/1674), uzorak br. 36/2014/13 (koncentrat aditiva br. 28/1676). Dobivena modificirana PP vlakna, odnosno pređe upotrijebljena su za izradu kulirnih pletiva na ravno-pletaćim strojevima tip CMS 330 Te finoće 12 E (pletiva za odjeću) i tkanina u kepernom (3/1) i platnenom vezu,

na tkalačkom stroju s hvatalima tip CCI Evergreen 2014. Izrađenim uzorcima tekstilnih proizvoda ocijenjena su fizikalno-mehanička, funkcionalna i uporabna svojstva [17].

Opis i oznaka pripremljenih uzoraka tekstilnih proizvoda izrađenih od vlakna Prolen VEL FTS 167/36 x 2 dtex P001 koje je obrađeno s multifunkcionalnim koncentratom FR+UV+AMB (s 3 mas. %) je sljedeća:

A) PLETIVO:

standard: (bez aditiva)

uzorak br. 1: (koncentrat br. 28/1673)

uzorak br. 2: (koncentrat br. 28/1674)

uzorak br. 3: (koncentrat br. 28/1676)

B) TKANINA u platnenom vezu

standard: (bez aditiva)

uzorak br. 1: (koncentrat br. 28/1673)

uzorak br. 2: (koncentrat br. 28/1674)

uzorak br. 3: (koncentrat br. 28/1676)

B) TKANINA u kepernom vezu

standard: (bez aditiva)

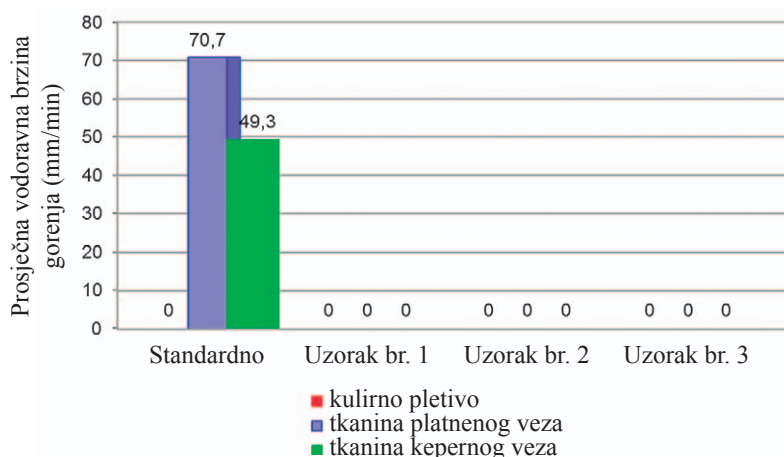
uzorak br. 1: (koncentrat br. 28/1673)

uzorak br. 2: (koncentrat br. 28/1674)

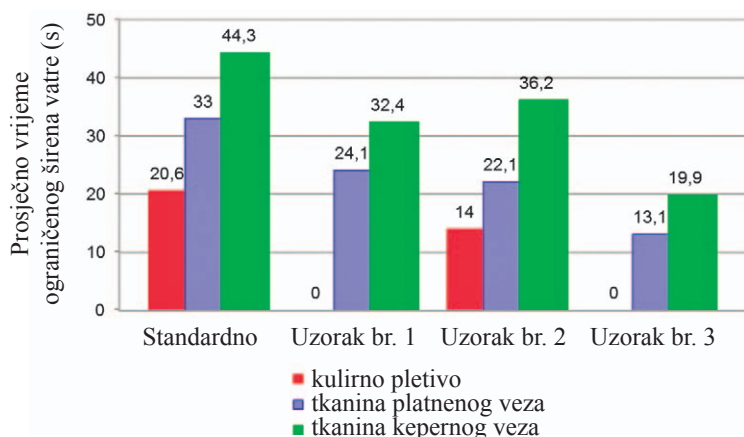
uzorak br. 3: (koncentrat br. 28/1676)

3.2. Vrednovanje svojstva otpornosti na gorenje (zapaljivosti)

Na sl.1 i 2 prikazani su rezultati vrednovanja zapaljivosti pletiva i tkanina (platneni i keperni vez) u vodoravnom i okomitom položaju koji su određeni prema specifičnim normama. Prema rezultatima na sl.1 zaključuje se da svi ispitani proizvodi od uzoraka multifunkcionalnih PP vlakana s koncentratom FR+AMB+UV imaju dobru otpornost na zapaljenje (horizontalni test zapaljenja) bez obzira na primijenjeni multifunkcionalni koncentrat, konstrukciju tekstilnog materijala (pletivo, tkanina) i vez tkanina (platneni i keperni vez). Postignut je znatan pozitivan rezultat smanjenja zapaljivosti. Prema rezultatima prikazanim na sl.2 (ograničeno širenje plamena u okomitom položaju uzorka) najbolji rezultati su postignuti na tekstilnim materijalima koji su izrađeni od modificiranog PP vlakna s koncentratom br. 28/1676 (uzorak br. 3), gdje je prosječno vri-



Sl.1 Prosječna brzina gorenja vodoravno postavljenih uzoraka (pletiva i tkanina) određena prema normi ISO 3785:1995



Sl.2 Prosječno vrijeme ograničenog širenja vatre na okomito postavljenim uzorcima (pletivima i tkaninama) određeno prema normi EN ISO 15025:2003

jeme gorenja bilo maks. 0 - 19,9 sekundi, ovisno o konstrukciji tekstilnog proizvoda, dok je kod drugih multifunkcionalnih tekstilnih materijala vrijeme gorenja bilo od 14 do 44 s.

Na temelju postignutih rezultata može se ustvrditi da su najbolji rezultati sa stajališta zapaljivosti, bez obzira na konstrukciju materijala (pletivo, tkanina, vrsta veza) postignuti na PP vlaknu koje je modificirano multifunkcionalnim koncentratom br. 28/1676. Temeljeno na usporedbi djelotvornosti koncentrata s drugim

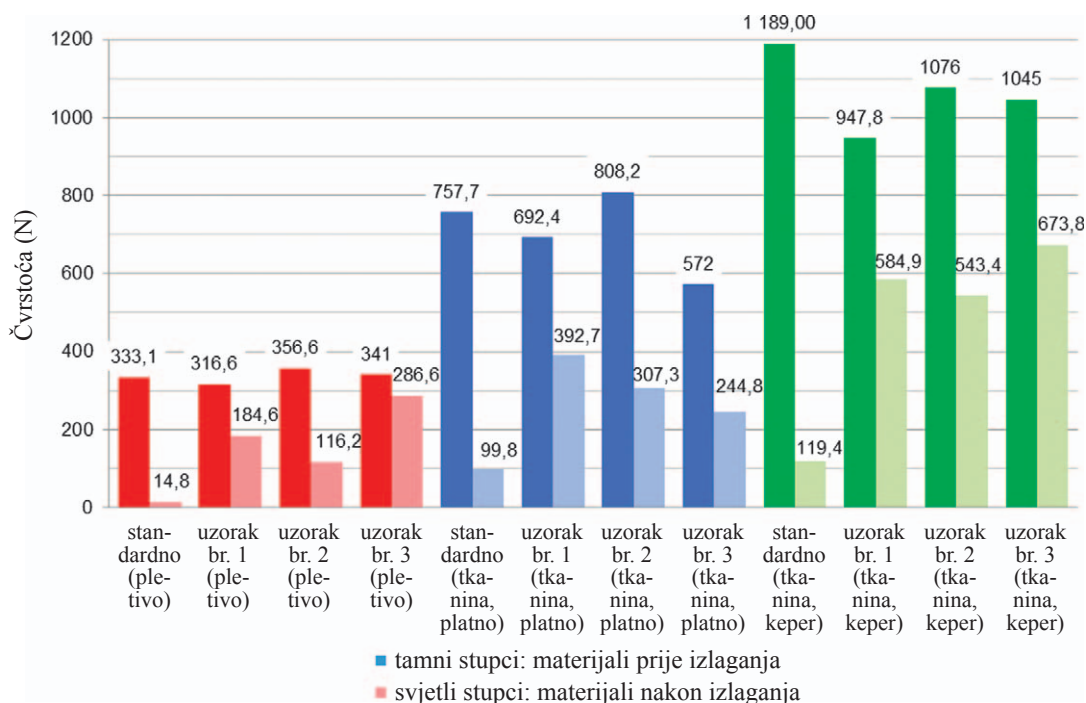
vrstama koncentrata, sa stajališta smanjenja zapaljivosti i u usporedbi s omjerom pojedinačnih komponenti (FR+UV+AMB) zadana kombinacija komponenti se pokazala najprikladnijom.

3.3. Vrednovanje svojstva postojanosti na UV zračenje

Na sl.3 prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja UV zračenja na fizikalno-mehaničke parametre standardnih i obrađenih uzoraka pletiva i tkanina (u platnenom i kepernom vezu), izrađeni od PP vlakana modificiranih

koncentratom koji sadrži aditive FR+UV+AMB1.

Izabran je postupak usporedbe fizikalno mehaničkih svojstava (čvrstoća, istezanje) cjevastih pletiva i tkanina prije i nakon izlaganja UV zračenju. Vrijeme izlaganja izračunato je pri intenzitetu zračenja od 60 +/- 2 (Wm⁻²), u području valnih duljina od 300 do 400 nm u vremenu od 741 sata (1 godina ekvivalentna UV zračenju za umjereni pojas) prema normi STN EN 12 608:2005 na uređaju Xenotest Alpha. Na pletivu izrađenom od standardnog PP vlakna ustanovljeno je smanjenje čvrstoće za gotovo 95 % nakon 741 sata, dok je na pletivu izrađenom od modificiranih PP vlakana s aditivom 28/1676 ovo smanjenje bilo samo za 15 %. Prema postignutim rezultatima utvrđeno je da je i na tkaninama moguće dobiti značajno pozitivan rezultat primjenom vlakana s UV aditivom, odnosno multifunkcionalnog koncentrata tipa 28/1676. Smanjenje čvrstoće keperne tkanine bilo je oko 35 %, dok je kod uzorka standardne tkanine (nemodificiranih PP vlakana) to smanjenje iznosilo oko 90 %. Ispitivanjem čvrstoće tkanine platnenog veza nisu dobivene znatnije razlike.



Sl.3 Usporedba čvrstoće pletiva i tkanina platnenog i kepernog veza od modificiranih PP vlakana prije i nakon izlaganja UV zračenju (vrijeme izlaganja 741 sat)

Promatrajući promjene obojenja uzoraka nakon izlaganja UV zračenju, najviša ocjena 4 utvrđena je uvijek na uzorku br. 3 (multifunkcionalni koncentrat 28/1676), na drugim uzorcima utvrđena je niža ocjena 3-4, a uzorak br. 1 (tkanina platnenog veza) obrađen koncentratom 28/1673 imao je najlošiju ocjenu 2-3. Dobivene razlike vrijednosti promjene obojenja, odnosno postojanosti obojenja na UV zračenje, potvrđuju da se koncentratom 28/1676 postigao najbolji omjer komponenti FR+UV+AMB.

3.4. Vrednovanje svojstva antimikrobnog djelovanja

Rezultati ocjene antimikrobnog djelovanja (AMB), odnosno antimikrobnog svojstva pletiva i tkanina izrađeni od multifunkcionalno modificiranih vrsta PP vlakana prikazani su u

tab. 5-7. Na svim uzorcima pletiva izrađenog od modificiranih PP vlakana uočeno je vrlo dobro antibakterijsko djelovanje na bakteriju *Staphylococcus aureus* (smanjenje preko 99 %). Ispitivanjem antimikrobne djelotvornosti na bakteriju *Klebsiella pneumoniae* ustanovljena je dobro djelovanje (veliko smanjenje) kod uzoraka pletiva od PP vlakana s koncentratom br. 28/1676 (uzorak br. 3), dok kod drugih uzoraka nije utvrđeno nikakvo smanjenje.

Na svim uzorcima tkanina, i platnenog i kepernog (3/1) veza, izrađene od multifunkcionalno modificiranih PP vlakna potvrđena je veliko antibakterijsko djelovanje na bakteriju *Staphylococcus aureus* (smanjenje veće od 88 %). Dok je kod ocjene delovanja na bakteriju *Klebsiella pneumoniae* (koje su mnogo otpor-

nije) ustanovljeno veliko smanjenje (veće od 99 %) na tkanini platnenog veza od PP vlakna s koncentratom br. 28/1676 (uzorak br. 3), a kod drugih uzoraka nije utvrđeno antibakterijsko djelovanje. Nasuprot tome, kod svih uzoraka tkanina kepernog veza od modificiranog PP vlakna utvrđeno je veliko smanjenje (veće od 87%), odnosno dobro antibakterijsko djelovanje. Različiti rezultati postignuti primjenom spomenutih bakterija vjerojatno su povezani s površinskom strukturom tkanine u odnosu na kvašenje površine inokulumom.

Vrednovanjem antimikrobne aktivnosti utvrđeno je da primjena AMB aditiva u kombinaciji s FR i UV aditivima ne smanjuje djelotvornost i ne uzrokuje popratne negativne efekte. prema Dobivenim rezultatima multifunkcionalni koncentrat FR+AMB+

Tab.5 Rezultati vrednovanja antimikrobnog djelovanja pletiva od modificirani PP vlakana na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Klebsiella pneumoniae* prema metodi u AATCC 100:2012

Bakterije	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/ uzorak)				<i>Klebsiella pneumoniae</i> (CFU/ uzorak)			
	Standard	Uzorak br. 1	Uzorak br. 2	Uzorak br. 3	Standard	Uzorak br. 1	Uzorak br. 2	Uzorak br. 3
Vrijeme djelovanja								
0 h	174x10 ³	51x10 ³	92x10 ³	101x10 ³	132,6x10 ³	109x10 ³	125x10 ³	136x10 ³
24 h	101x10 ⁴	<100	<100	253x10 ¹	116,3x10 ⁵	121x10 ⁴	282,3x10 ³	58x10 ²
Smanjenje [%]	Bez smanjenja	>99,80	>99,89	>97,50	no	no	no	99,2

Tab.6 Rezultati vrednovanja antimikrobnog djelovanja tkanina platnenog veza od modificirani PP vlakana na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Klebsiella pneumoniae* prema metodi u AATCC 100:2012

Bakterije	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/ uzorak)				<i>Klebsiella pneumoniae</i> (CFU/ uzorak)			
	Standard	Uzorak br. 1	Uzorak br. 2	Uzorak br. 3	Standard	Uzorak br. 1	Uzorak br. 2	Uzorak br. 3
Vrijeme djelovanja								
0 h	42x10 ⁴	100x10 ³	52x10 ²	136x10 ¹	150x10 ³	179x10 ³	110,3x10 ³	114,6x10 ³
24 h	93x10 ⁵	< 100	246x10 ⁰	< 100	82x10 ⁵	264,3x10 ^{4*}	79,6x10 ³	105x10 ¹
Smanjenje [%]	Bez smanjenja	≥98,82	99,17	≥ 99,51	Bez smanjenja	Bez smanjenja	27,83	99,08

Tab.7 Rezultati vrednovanja antimikrobnog djelovanja tkanina kepernog veza od modificirani PP vlakana na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Klebsiella pneumoniae* prema metodi u AATCC 100:2012

Bakterije	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/ uzorak)				<i>Klebsiella pneumoniae</i> (CFU/ uzorak)			
	Standard	Uzorak br. 1	Uzorak br. 2	Uzorak br. 3	Standard	Uzorak br. 1	Uzorak br. 2	Uzorak br. 3
Kontaktno vrijeme								
0 h	129x10 ³	43x10 ²	53x10 ²	73x10 ²	150,6x10 ³	88x10 ³	111,6x10 ³	51,3x10 ³
24 h	69x10 ⁴	51x10 ¹	75	43	111,3x10 ⁵	111x10 ²	32x10 ¹	164
Smanjenje [%]	Bez smanjena	88,14	98,58	99,4	Bez smanjenja	87,39	99,71	99,68

UV oznake br. 28/1676 može se smatrati najpogodnijim.

4. Zaključak

Svrha istraživanja bila je priprema multifunkcionalnog koncentrata (FR+UV+AMB) za polipropilensku polimernu masu, odnosno za modifikaciju svojstava PP vlakana. Vrednovanje izabranih svojstava učinkovitosti tekstilnih materijala (pletiva i tkanina) koji su izrađeni od modificiranih vlakana potvrdilo je veliku multifunkcionalnu djelotvornost koncentrata (oznaka br. 28/1676) sljedećeg sastava: 25 % nehalogenog FR modifikatora (Melapur MC25) + 3 mas. % FR UV modifikatora (Flamstab NOR 116) + 10 mas. % antimikrobnog aditiva AMB 2/Biostat B/ + 4,8 mas. % disperzanta i 7,5 mas. % UV stabilizatora (Irgafos 168, Chimisorb 944 FDL, Tiamin 770 DV). Postignuta je povoljna tehnološka mogućnost prerađivanja multifunkcionalnog koncentrata za proizvodnju PP vlakana bez negativnih popratnih reoloških i/ili kolorističkih utjecaja. Zatim su nakon dodatka 3 mas. % spomenute vrste koncentrata PP vlaknima dobivene sljedeće pozitivne promjene svojstava učinkovitosti u tekstilnim materijalima (pletivu i tkaninama) u usporedbi s materijalima od standardnih PP vlakana:

- smanjenje prosječnog vremena ograničenog širenja vatre na okomito postavljanim pletivima za 20 sekundi (smanjenje za 100 % u usporedbi sa standardom) i vodoravno postavljanim tkaninama također za 20 sekundi (smanjenje za 80 % u usporedbi sa standardom);
- čvrstoća pletiva smanjena je 5 % nakon izlaganja UV zračenju (u uvjetima koji su određeni za umjereni klimatski pojas) dok je smanjenjem čvrstoće pletiva od standardnog vlakna bilo 95 %. Kod uzoraka kepernih tkanina smanjenje čvrstoće bilo je 35 %, dok je smanjenje čvrstoće tkanine od standardnog vlakna bilo 90 %;
- ispitivanja ocjene antibakterijskog djelovanja provedeno je na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Klebsiella pneumoniae* te je utvrđen visok stupanj antibakterijskog djelovanja, odnosno smanjenje veće od 90 % na pletivima od modificiranog PP vlakna. Multifunkcionalnim koncentratom (28/1676) postignuta je veliko antibakterijsko djelovanje (smanjenje veće od 80 %) kod oba tipa bakterija i na tkaninama platnenog i kepernog veza.

Dobiveni rezultati promjene izabranih svojstava učinkovitosti pletiva i tkanina potvrđuju stvarne mogućnosti primjene multifunkcionalnog kon-

centrata tipa 28/1676 za djelotvornu modifikaciju PP vlakna koja se mogu povoljno upotrebljavati npr. za specijalnu zaštitnu odjeću ili tehnički tekstil (npr. za navlake automobilskih sjedala).

(Preveo M. Horvatić)

Zahvala

Ovaj rad nastao je uz potporu Slovačke istraživačke i razvojne agencije na temelju sporazuma br. APVV-0056-12.

Literatura:

- [1] Budzák D., M. Jambrich, J. Kochan, A. Štupák, M. Revus: Development of special types of PP fibers in Slovakia, *Chemical Fibers International*, 56 (2006) 3, pp. 161-163, ISSN 0340-3343
- [2] Elizabeth P. Easter: Performance Textiles, University of Kentucky, April 2008
- [3] US patent No. 20030056297, 2003
- [4] US patent No. 20070148449, 2007
- [5] US patent No. 20080005852, 2008
- [6] WIPO patent WO/2008/098420
- [7] Zhiguang W. and col.: Technical Textiles, 2007 (04)
- [8] Šesták J., Š. Krivoš, P. Michlík, V. Zimany, L. Balogová: New multifunctional PP dispersions, fibres and textiles, APVV project Bratislava, 2013
- [9] Šesták J. and col.: Annual report to APVV-0056-212 project, January 2015

SUMMARY

Properties of textiles from PP fibres modified with multifunctional additives

J. Šesták¹, L. Balogová¹, P. Michlík², Š. Krivoš², V. Zimány³

Goal of the research is preparation of multifunctional concentrates offering properties of: flammability reduction (FR), enhancement of UV resistance (UV) and antimicrobial finish (AMB). Basic characteristics of the prepared multifunctional concentrates used for treatment of polypropylene fibres are presented and their effectiveness against flame, UV radiation and microbes were tested. Obtained results of change of selected performance characteristics of the textiles in relation to their construction and possibilities of practical application are compared in discussion. The achieved results revealed positive effect of the developed concentrate (28/1676 type) containing FR component on reduction of time of spontaneous flame burning of the knitted fabrics by 20 seconds in comparison with the standard. Besides, reduction of strength of the modified knitted fabric by the influence of UV radiation only by 5 % in comparison with 95 % after exposition on a standard knitted fabric was achieved. Tests for antibacterial activity confirmed high degree of bacterial reduction (> 90 %) on knitted fabrics from the modified PP fibre. This way high efficiency of the multifunctional concentrate (FR and UV and AMB) 28/1676 type was confirmed.

Key words: multifunctional concentrates, multifunctional PP fibres, reduced flammability, UV resistance, antimicrobial finish

¹*Research Institute for Textile Chemistry (VÚTCH) – Chemitex, Ltd.
Žilina, Slovak Republic*

²*Research Institute for Man-Made Fibres
Svit, Slovak Republic*

³*Chemosvit Fibrochem, JSC
Svit, Slovak Republic*

e-mail: jozef.sestak@vutch.sk

Received September 18, 2015

Eigenschaften von Textilien

aus mit multifunktionalen Additiven modifizierten PP-Fasern

Ziel der Forschung ist, multifunktionale Konzentrate vorzubereiten, die folgende Eigenschaften ermöglichen: Verringerung der Entflammbarkeit (FR), Erhöhung der Beständigkeit gegen UV-Strahlung (UV) und antimikrobielle Behandlung (AMB). Grundlegende Eigenschaften der vorbereiteten multifunktionalen Konzentrate für die Behandlung von Polypropylenfasern sind vorgestellt. Ihre Wirksamkeit gegen Flamme, UV-Strahlung und Mikroben wurde untersucht. Die erzielten Ergebnisse der Veränderung der ausgewählten Leistungseigenschaften der Textilien in Bezug auf ihre Konstruktion und die Möglichkeiten der praktischen Anwendung werden in der Diskussion verglichen. Die erzielten Ergebnisse zeigten eine positive Wirkung des die FR-Komponente enthaltenden Konzentrats (Typ 28/1676) auf die Zeitverkürzung der spontanen Flammenverbrennung der Gestricke um 20 Sekunden im Vergleich zum Standardgestrick. Außerdem wurde eine Verringerung der Festigkeit des modifizierten Gestricks durch den Einfluß von UV-Strahlung nur um 5 % im Vergleich zu 95 % nach der UV-Exposition des Standardgestricks erreicht. Prüfungen auf antibakterielle Aktivität bestätigten einen hohen Grad an Bakterienreduzierung (> 90 %) auf Gestricken aus der modifizierten PP-Faser. Auf diese Weise wurde der hohe Wirkungsgrad des multifunktionalen Konzentrats (FR und UV und AMB) Typ 28/1676 bestätigt.