

## Utjecaj frekvencije ultrazvuka na primarni učinak pranja pamučnih tkanina

Prof.dr.sc. **Tanja Pušić**, dipl.ing.  
**Morana Filipčić**, dipl.ing.  
Dr.sc. **Tihana Dekanić**, dipl.ing.  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Zagreb, Hrvatska  
e-mail: tanja.pusic@ttf.hr  
Prispjelo 30.5.2016.

UDK 677.016.1/.6  
Izvorni znanstveni rad

*U radu je istražen utjecaj kemije i mehanike, dva čimbenika Sinnerovog kruga, na učinke u pranju na temperaturi 60 °C standardnih zaprljanih tkanina. Udio kemije u procesu je analiziran izborom praškastih i tekućih deterdženata te alternativnog sredstva - sapunskih oraščića. Varijacija mehanike u pranju osigurana je kroz prijenos aktivnih tvari u kupelji pomoću ultrazvuka, na frekvenciji 37 kHz i 80 kHz, i njihovim iscrpljenjem u Linitestu. Rezultati ovog rada su pokazali da pranje u ultrazvučnoj kadi ima potencijal u uklanjanju mrlja, posebno pri frekvenciji 80 kHz.*

**Ključne riječi:** pranje, ultrazvuk, primarni učinak

### 1. Uvod

Ultrazvučno (UZV) čišćenje se već dugo primjenjuje za poliranje, uklanjanje masnoća i površinskih kontaminanata, a sve je zastupljenije za fino čišćenje krutih površina. UZV obrade tektila su se pokazale prihvatljivim s tehnološkog i ekološkog stajališta u procesima predobrade, završne obrade i njege [1-9].

UZV obrada kao KET (engl. *key enabling technologies*) tehnologija i dalje ima potencijal za istraživanje s obzirom na ekološke smjernice, potrebu racionalizacije procesa i postizanja unaprijeđenih svojstava tekstilnih materijala UZV.

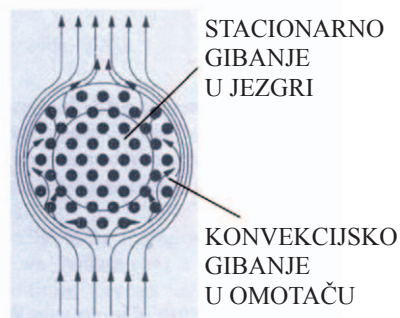
UZV djelovanje nastaje primjenom visokofrekventnih zvučnih valova (većim od 16 kHz), pri čemu su frekvencije od 20 do 120 kHz prikladne za čišćenje [4]. Utjecaj mehaničkih parametara se može intenzivirati tije-

kom ultrazvučno čišćenje, koje koristi mjehuriće nastale kavitacijom za miješanje tekućine, koji su nastali od valova uzrokovanih visokom frekvencijom zvuka. Velik broj mikroskopski malih vakuumskih mjehurića promjera 10-100 μm imploziraju pod oscilacijama tlaka generiranim ultrazvukom. Kod toga nastaju visoko-energetska strujanja tekućine, koja mogu ukloniti čestice prljavštine s površine, iz udubljenja i međuprostora u vlaknatim strukturama.

Poznato je da mehanički parametri u pranju osiguravaju strujanje i protok kupelji čime doprinose uklanjanju prljavština. Tekstilne strukture su složeni porozni suspratri koji se sastoje od vlakana i pređe, što komplicira protok kroz pore. Tkani i pleteni proizvodi se sastoje od relativno većih pora između pojedinačnih niti i malih pora unutar pređe. Takva struktura ne

omogućuje jednolik protok u sustavu, tj. protok u ovako složenoj strukturi je različit [8].

Razrađen je model konvekcijskog gibanja u omotaču i stacionarnog gibanja, bez protoka u pređi [8]. U vanjskom dijelu pređe određene debljine, ovisno o poroznosti, dolazi do protoka kupelji za pranje. Proces prijenosa unutar pređe se temelji na molekularnoj difuziji, dok se transport oko pređe odvija kroz difuzijsku konvekciju. Difuzijska konvekcija je znatno brža nego molekularna difuzija, pa će brzina uklanjanja prljavština i mrlja ovisiti o veličini i kompaktnosti jezgre pređe, sl.1. Što je ovo područje manje, brzina uklanjanja mrlje će biti veća. Ovo dovodi do činjenice da centrifugiranje može imati značajniji utjecaj na uklanjanje mrlja nego hidrodinamički utjecaji tijekom samog procesa pranja. Razlog tome je što centrifugiranje zbog



Sl.1 Utjecaj UZV na protok kupelji oko i kroz pređu [8]

cijeđenja utječe na deformacije pređe i smanjenje područja u kojem se odvija molekulska difuzija.

Stoga, primjena UZV u pranju može biti pogodna, u prvom redu zbog mogućnosti ubrzavanja protoka kupelji i povećanja udjela mehanike, kao jednog od čimbenika u Sinnerovom krugu pranja [10].

U ovom radu je analiziran primarni učinak u pranju standardno zaprljanih tkanina i bijeljenih pamučnih tkanina komercijalnim i standardnim praškastim i tekućim deterdžentima u ultrazvučnoj (UZV) kadi i uređaju Linitest. Dodatno je provedeno komparativno pranje u vodi radi praćenja utjecaja kemije kao čimbenika Sinnerovog kruga pranja.

## 2. Eksperimentalni dio

### 2.1. Materijal

Primarni učinci pranja ispitivani su na standardno zaprljanim pamučnim tkaninama, EMPA čiji je opis dat u tab.1. Primjena standardnih zaprljanih pamučnih tkanina osigurava objektivno ocjenjivanje primarnog učinka u pranju.

Primarni učinak vrednovan je na temelju moći izbjeljivanja (tkanina 114/crveno vino), učinka enzima proteaze (tkanina 112/kakao) i općeg učinka u pranju (101/pigment/masnoća na pamuku i 104/pigment/masnoća na PES/pamuku). Optički učinak se analizira kroz redepoziciju i fluorescenciju bijele pamučne tkanine u dvije kvalitete. Prva je standardna predbijeljena tkanina (PT) površinske mase 170 g/m<sup>2</sup>, jednake gustoće niti u smjeru osnove i potke (25 niti/cm), finoće pređe 37 tex i uvojitosti 700 uvoja/m [12,13]. Druga je optički bijeljena pamučna (OBT) tkanina površinske mase 120 g/m<sup>2</sup>, gustoće osnovnih niti 24 niti/cm, gustoće potkinih niti 18 niti/cm i finoće pređe 32 tex.

U radu su korištena sredstva za pranje različitog sastava i svojstava: praškasta i tekuća komercijalne formulacije za široku potrošnju, praškasta i teku-

ća standardne formulacije i sapunski orašćici kao prirodno sredstvo. Za usporedbu rezultata provedeno je pranje u čistoj vodi.

Pranje je provedeno u UZV kadi, El-masonic P, na dvije radne frekvencije: 37 kHz i 80 kHz te u Linitestu, Original Hanau u uvjetima opisanim u tab.3.

Ispitivanjem primarnih učinaka utvrđuje se utjecaj pojedinih komponenta Sinnerovog kruga u pranju tekstila. Primarni učinak se očituje kroz uklanjanje zaprljanja i redepoziciju. Ocjena se daje na temelju razlike remisije svjetla s oprane i neoprane tekstilije nakon pojedinačnog pranja. Učinak uklanjanja mrlja je analiziran spektrofotometrijski, mjerenjem remisije (R<sub>460</sub>) prije i nakon pranja. Dodatno je ispitana redepozicija u pranju na temelju praćenja stupnja bjeline opranih pamučnih tkanina. Mjerenja su provedena na remisijском spektrofotometru Spectraflash SF 300, DataColor. Načinjeno je po 5 mjerenja remisije svjetla s neprane tkanine (R<sub>0</sub>) i remisije svjetla s oprane tkanine (R<sub>p</sub>). Rezultati učinka (ΔR<sub>460</sub>) su iskazani kao razlika srednjih vrijednosti pojedinačnih mjerenja remisije nakon (R<sub>p</sub>) i prije pranja (R<sub>0</sub>) kod valne duljine 460 nm, prema jednadžbi:

$$\Delta R_{460} = R_{p460} - R_{0460} \quad (1)$$

## 3. Rezultati i rasprava

U pranju važnu ulogu ima voda, istovremeno djeluje kao otapalo za

Tab.1 Karakterizacija standardno zaprljanih tkanina, EMPA [11]

EMPA oznaka	Opis	Tkanina	Učinak
114	crveno vino	pamuk	izbjeljivanja
112	kakao		enzima proteaze
101	pigment/masnoća		opći
104	pigment/masnoća	PES/pamuk	opći

Tab.2 Doziranje sredstva za pranje

Formulacija	Sredstvo	Oznaka	Sastav	Doziranje g/2,5 l	Doziranje g/0,1 l	pH
Komercijalna	Praškasto	P	anionski tenzid: 15-30 % neionski tenzid: < 5 % izbjeljivač na bazi kisika: 15-30 %	20	0,83	10,5
	tekuće	T	anionski tenzid: 15-30 neionski tenzid: < 5 %	40,82	1,68	7,6
Standardna	praškasto	SP	ECE, [14]	15	0,6	9,9
	tekuće	ST	IEC, [15]	15	0,5	7,8
Prirodna	sapunski orašćić	SO	neionski tenzidi: 25 % [16]	4,5	0,2	4,1
-	voda	V	tvrdooća: 22,4 °dH			

Tab.3 Primjenjeni uređaji i uvjeti pranja

Oznaka	Pranje	Frekvencija (kHz)	Oznaka	Volumen V (l)	Temperatura T (°C)	Vrijeme obrade t (min)
UZV	Ultrazvučna kada	37	N	2,5	60	30
		80	V			
L	Linitest	-	-	0,1	60	30

vodotopljive prljavštine i najveći dio sastojaka deterdženta. Netopljivi sastojci deterdženta i netopljive prljavštine u vodi su fino dispergirane. Voda prenosi toplinsku energiju. Voskovi i masti na povišenoj temperaturi prelaze u tekuću fazu pa ih je lakše ukloniti. Osim toga, ona služi i kao prenosilac kinetičke energije (miješanje, cirkulacija, kavitacija, zagrijavanje). Zbog pokretanja vode, uzrokovanih mehaničkim i toplinskim utjecajem, neke čestice prljavštine se otkinu s tekstila i otpuste u kupelj [10]. Fizikalno odvajanje hidrofobnih prljavština s vlakana odvija se zbog fenomena adsorpcije tenzida na granničnim površinama. Neionski tenzidi ne djeluju na elektroforetsku pokretljivost, ali su ipak djelotvorni u pranju. Sinergizam pojedinih komponenta u pranju doprinosi postizanju dobrog primarnog učinka, koji se ocjenjuje mjerenjem remisije ( $R_{460}$ ) prije i nakon pranja [17]. Ispitivanje učinaka pranja standardno i prirodno zaprljanih tkanina pranjem praškastim i tekućim deterdžentima, te saponinima u UZV kadi i Linitest uređaju provedeno je vodovodnom vodom, tvrdoće 22,4 °dH. UZV pranje je provedeno pri dvije frekvencije, pri čemu se navodi [18]:

- 37 kHz (N), koja se preporučuje za gruba zaprljanja, otapanje, miješanje, dispergiranje i otplinjavanje;
- 80 kHz (V), koja se preporučuje za dubinsko čišćenje (prodiranje u unutrašnjost materijala).

Utjecaj prethodno istaknutih uvjeta pranja na primarni učinak je analiziran mjerenjem remisije standardno zaprljanih tkanina prije i nakon pranja, a rezultati su iskazani u tab.4-6.

Najbolji učinak uklanjanja mrlje od crvenog vina u UZV kadi postignut je praškastim sredstvom za kućansko pranje (P). Sredstvo sadrži bjelilo na bazi kisika, što povoljno djeluje na obezbojavanje taninske mrlje. Praškasto standardno sredstvo (SP) oboženo dodatkom natrijevog perborata

ta također je dalo donekle povoljan učinak, 15 jedinica lošiji u odnosu na praškasto sredstvo. Tekuća sredstva su pokazala znatno slabiji učinak u odnosu na praškaste, unatoč činjenici da je standardnom tekućem sredstvu dodan natrijev perborat. Ova sredstva imaju niži pH u odnosu na praškasta, a to potvrđuje činjenicu da se učinkovito pranje i uklanjanje mrlja odvija sinergijom svih sastojaka. Sapunski orašiči nisu se pokazali učinkovitim u uklanjanju ovog zaprljanja. Ni pranjem u vodi nije postignut povoljan učinak. Dapače, vrijednost remisije nakon pranja je niža od remisije neopranog uzorka, što pokazuje da je u

Tab.4 Prosječna vrijednost razlika remisije ( $\Delta R_{460}$ ) standardno zaprljanih tkanina opranih u UZV kadi pri frekvenciji 37 kHz

Tkanina	Pamuk			PES/pamuk
	crveno vino	kakao	pigment/masnoća	pigment/masnoća
Oznaka	$\Delta R_{460}$ 114	$\Delta R_{460}$ 112	$\Delta R_{460}$ 101	$\Delta R_{460}$ 104
P	35,14	7,81	7,00	5,31
T	10,31	14,53	6,55	3,30
SP	20,63	5,52	7,93	3,05
ST	6,37	-3,99	6,13	5,43
SO	1,64	-4,43	4,67	1,84
V	-3,31	-4,76	3,84	1,51

Tab.5 Prosječna vrijednost razlika remisije ( $\Delta R_{460}$ ) standardno zaprljanih tkanina opranih u UZV kadi pri frekvenciji 80 kHz

Tkanina	Pamuk			PES/pamuk
	crveno vino	kakao	pigment/masnoća	pigment/masnoća
Oznaka	$\Delta R_{460}$ 114	$\Delta R_{460}$ 112	$\Delta R_{460}$ 101	$\Delta R_{460}$ 104
P	30,59	19,25	6,48	10,35
T	10,11	13,03	7,23	4,14
SP	19,09	7,14	12,65	2,77
ST	7,33	-4,01	8,39	4,70
SO	2,80	-3,24	5,16	2,03
V	2,12	-4,31	5,62	2,80

Tab.6 Prosječna vrijednost razlika remisije ( $\Delta R_{460}$ ) standardno zaprljanih tkanina opranih u Linitestu

Tkanina	Pamuk			PES/pamuk
	crveno vino	kakao	pigment/masnoća	pigment/masnoća
Oznaka	$\Delta R_{460}$ 114	$\Delta R_{460}$ 112	$\Delta R_{460}$ 101	$\Delta R_{460}$ 104
P	37,53	17,22	11,01	5,01
T	14,04	14,37	5,46	4,67
SP	21,59	11,08	11,71	5,45
ST	9,04	-3,91	3,88	3,18
SO	3,87	-2,73	4,04	1,98
V	2,26	-4,42	2,95	1,99

pranju došlo do neželjene redepozicije.

Enzim proteaza je prisutan u formulaciji praškastog i tekućeg sredstva (P i T), što potvrđuju rezultati uklanjanja mrlje od kakaoa. Povoljniji učinak je postignut tekućim sredstvom, što je neočekivano jer se proteinska zaprljanja učinkovitije uklanjaju u kupeljima povišene alkalnosti. Moć uklanjanja bilo koje mrlje u pranju treba razmatrati u skladu sa Sinnerovim krugom, što znači da uz utjecaj kemije u pranju djeluju mehanika, temperatura i vrijeme. U pranju pomoću UZV-a utjecaj mehanike je značajniji nego u drugim načinima pranja. U ovom slučaju uklanjanja mrlje od kakaoa u UZV kadi povoljniji učinak ima deterdžent niže alkalnosti koji je uz enzim proteazu obogaćen ostalim komponentama koje doprinose potrebnoj sinergiji. Deterdženti i sredstva koja ne sadrže enzime (ST i SO) slabo uklanjaju mrlju od kakaoa, čak je u pranju došlo do redepozicije. U eksperimentalnom dijelu rada je naglašeno da su mjerenja provedena na 5 različitih mjesta. Razlog tome je nejednoličnost uklanjanja mrlja u pranju. U analizi oprane tkanine standardno zaprljane kakaom, nakon pranja su dobivene relativno velike razlike remisije, i do 5 jedinica. To se može pripisati tvrdokornosti ove mrlje kao i lokaliziranom djelovanju UZV-a u pranju. Opći učinak u pranju se ocjenjuje na temelju zaprljanja pigmenta u masnoći, složene mrlje, te njeno uklanjanje iziskuje specifičan sastav sredstva uz prisutnost svih ostalih utjecaja Sinnerovog kruga. Moć uklanjanja mrlje pigment/masnoća u pranju s ispitivanim sredstvima u UZV kadi je slaba unatoč raznolikom sastavu sredstava. Najveći razlog tome je temperatura pranja od 60 °C. Ovo zaprljanje iziskuje višu temperaturu i dulje vrijeme, pri čemu bi komponente sredstva u formulaciji mogle kvalitetnije fizikalno-kemijski djelovati i ostvariti potpunu sinergiju.

Zaprljanje pigment/masnoća nanešeno na tkaninu od mješavine pamuka

s PES vlaknima je slabije uklonjeno sa svim sredstvima. To je i očekivano jer je PES komponenta u mješavini oleofilna, pa je nanešena masnoća tvrdokornija i teže se uklanja. Ovdje se zamjećuje da nije došlo do redepozicije niti u vodi (V), što potvrđuje da mehanički utjecaj djelovanjem UZV ima djelomični udio u uklanjanju ove mrlje.

Viša frekvencija ultrazvuka (80 kHz) u odnosu na nižu frekvenciju (37 kHz) nije povoljno utjecala na moć uklanjanja mrlje od crvenog vina ni u jednoj kupelji za pranje. To je i očekivano jer se ova mrlja obezbojava isključivo kemijskim djelovanjem sredstava za bijeljenje kao čimbenika Sinnerovog kruga pranja u sinergiji s temperaturom, koja je u oba slučaja 60 °C.

Frekvencija UZV-a od 80 kHz u pranju sa svim sredstvima je uvjetovala veće razlike remisije tkanine uprljane kakaom, tab.5. To ukazuje na jači utjecaj mehanike u pranju. Ovi učinci su jako dobro vidljivi i vizualnim pregledom tkanina nakon pranja. Bolja sinergija mehanike (80 kHz) je postignuta posebno u pranju praškastim sredstvom u odnosu na isto sredstvo pri nižoj frekvenciji 37 kHz.

Zaprljanje pigment/masnoća na tkanini od pamuka je također bolje uklonjeno u svim kupeljima u odnosu na nižu frekvenciju. Razlike pojedinačnih mjerenja su veće, kao što je uočeno kod mrlje od crvenog vina. Među-

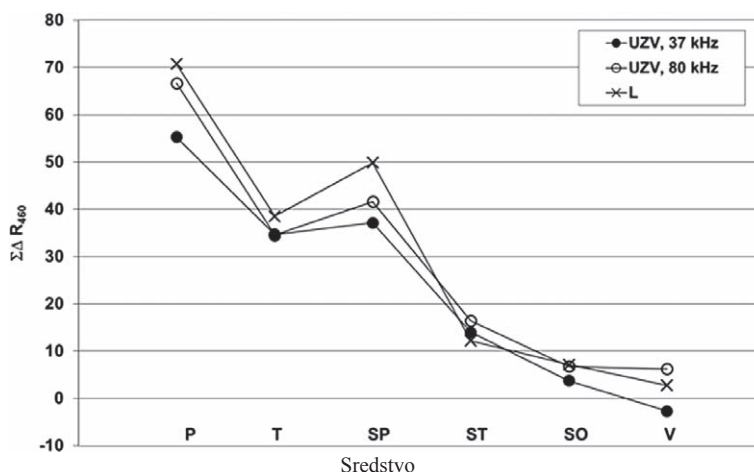
tim, viša frekvencija ultrazvuka nije povoljnije utjecala na otklanjanje zaprljanja pigment/masnoća nanešenog na pamuk/PES.

Moć uklanjanja mrlje od crvenog vina je zadovoljavajuća u kupeljima sa sredstvima koja sadrže bjelila na bazi kisika, uz odstupanje kod standardnog praškastog sredstva (SP) kojemu je naknadno dodan natrijev perborat. Učinak sapunskog oraščića je povoljniji u odnosu na pranje u UZV kupelji. Za pretpostaviti je da rotiranje tijekom pranja dinamizira izmjenu tvari, što povoljno djeluje u kupelji gdje kemijski utjecaj nije značajan.

Zaprljanje od kakaoa je dobro uklonjeno pranjem u Linitestu. Dobivene vrijednosti su slične vrijednostima kod UZV pranja pri 80 kHz. Ključni sastojak za uklanjanje ove mrlje je enzim proteaza, te su sredstva koja ih sadrže bolja od sredstava koja ih ne sadrže.

Praškasto sredstvo (P) se pokazalo kao najbolje sredstvo za uklanjanje mrlje pigment/masnoća na pamuku. Visoka alkalnost, bogat sadržaj komponentama u formulaciji i pokretanje su povoljnije djelovali nego u pranju primjenom UZV na obje ispitivane frekvencije.

Mrlja pigment/masnoća na PES/pamuku je slabije uklonjena nego na pamuku, što je već prethodno objašnjeno lipofilnošću PES vlakana u mješavini. Učinci pranja tekućim



S1.2 Ukupni učinak pranja ( $\Sigma \Delta R_{460}$ ) sa sredstvima za pranje u UZV kadi i Linitestu

Tab.7 Stupanj bjeline ( $W_{CIE}$ ) predbijeljene tkanine (PT) i optički bijeljene tkanine (OBT) oprane sredstvima za pranje u UZV kadi i Linitestu

		$W_{CIE}$					
Uvjeti	Tkanina/Sredstvo	P	T	SP	ST	SO	V
UZV, 37 kHz	PT prije pranja	70,0					
	PT nakon pranja	131,5	120,1	71,6	73,2	70,0	69,6
	OBT prije pranja	127,0					
	OBT nakon pranja	122,7	116,7	116,8	117,7	112,5	114,0
		$W_{CIE}$					
Uvjeti	Tkanina/Sredstvo	P	T	SP	ST	SO	V
UZV, 80 kHz	PT prije pranja	70,0					
	PT nakon pranja	142,6	124,9	70,4	70,9	70,8	69,4
	OBT prije pranja	127,0					
	OBT nakon pranja	125,5	120,0	120,1	115,1	113,8	110,7
		$W_{CIE}$					
Uvjeti	Tkanina/Sredstvo	P	T	SP	ST	SO	V
L	PT prije pranja	70,0					
	PT nakon pranja	143,1	122,1	97,9	88,0	86,7	85,6
	OBT prije pranja	127,0					
	OBT nakon pranja	125,8	114,9	116,2	113,2	111,5	105,6

standardnim sredstvom (ST), sapunskim orašćicima (SO) i vodom (V) su slabiji u odnosu na pranje u kadi s UZV od 80 kHz.

Sinergija čimbenika Sinnerovog kruga se može utvrditi i objektivno pratiti kroz redepoziciju u pranju. Uz sve uvjete pranja uz standardno zaprljane tkanine dodane su i bijele tkanine (PT i OBT).

U pranju je zanimljivo pratiti povećava li se ili smanjuje postojeća bjelina materijala u pranju. Ako formulacija sredstva za pranje sadrži komponente koje osiguravaju sinergijski učinak uz optimiranje ostalih čimbenika Sinnerovog kruga (mekanika, temperatura i vrijeme), bjelina bi se trebala povećavati. Ako se bjelina materijala u pranju smanjuje, to upućuje na posivljenje, odnosno redepoziciju. Pad bjeline optički bijeljene pamučne tkanine (OBT) u pranju sredstvima koja ne sadrže optička bjelila je sasvim očekivan jer se optičko bjelilo nanešeno u predobradi skida. U ovom slučaju redepozicija je također moguća, poglavito ako sastav sredstva nije dostatan da u određenoj mjeri sprečava posivljenje opranih tekstilija.

U tab.7 je prikazan stupanj bjeline ( $W_{CIE}$ ) predbijeljene (PT) i optički bijeljene tkanine (OBT) prije i nakon

pranja u istoj kupelji sa standardnim zaprljanim tkaninama. Stupanj bjeline PT iznosi  $W_{CIE}$  70,0, dok OBT ima stupanj bjeline  $W_{CIE}$  127,0. Predbijeljene tkanine nakon UZV pranja sa praškastim i tekućim sredstvima (P i T) imaju 40 do 50 jedinica veći stupanj bjeline, što je očekivano jer sadrže optičko bjelilo.

Stupanj bjeline predbijeljene balastne tkanine (PT) oprane u aparatu Linitest je viši u odnosu na iste tkanine oprane u UZV kadi. Međutim, stupanj bjeline optički bijeljene balastne tkanine (OBT) nakon pranja u Linitestu sa sredstvima koja u sastavu nemaju optička bjelila, nešto je niži u odnosu na tkanine oprane u UZV kadi. Pri tome je potrebno napomenuti da je niža frekvencija uvjetovala nešto veće promjene stupnja bjeline nego viša. Pranje u Linitestu se proizvodilo u znatno manjem volumenu kupelji (niži omjer kupelji) nego u UZV kadi, te je stoga i očekivano da je potencijal vezanja prljavština na popratni pamučni balastni materijal veći.

#### 4. Zaključak

U radu je istražen utjecaj frekvencije ultrazvuka (37 kHz i 80 kHz) u usporedbi s klasičnim načinom pranja na

60 °C u Linitestu koje se odvija pokretanjem materijala i kupelji kroz jednosmjerno okretanje. Pranje pomoću ultrazvuka je provedeno na nižoj frekvenciji. Utjecaj kemije je načinjen kroz izbor praškastih i tekućih sredstava različitog sastava. U svrhu potpunije analize usporedba je provedena s uzorcima pranim u čistoj vodi. Primarni učinak je analiziran kao ukupni učinak uklanjanja mrlja sa standardno zaprljanih tkanina u UZV kadi i Linitestu, te mjerenjem bjeline sa svrhom analize redepozicije prljavština iz kupelji na bijeljene pamučne tkanine.

Utvrđeno je da viša frekvencija UZV, 80 kHz ima povoljniji učinak na moć uklanjanja mrlja u odnosu na nižu frekvenciju, 37 kHz. Vrijednosti remisije dobivene na licu i naličju gotovo su identične. Viša frekvencija UZV, 80 kHz je pogodovala i sredstvima koja nemaju tipičnu formulaciju, te stoga imaju slabiji kemijski utjecaj u pranju po Sinneru.

Ukupan učinak u pranju standardno zaprljanih tkanina u aparatu Linitest u odnosu na UZV kadu potvrđuje da mehanika ostvarena kroz jednosmjerno okretanje pogoduje samo praškastim proizvodima, čiji sastav odgovara sredstvima za univerzalno pranje. Dobiveni rezultati istraživanja čimbenika Sinnerovog kruga, ponajprije kroz mehaniku i kemiju, u pranju tvrdokornih zaprljanja na tekstilu su pokazali da UZV pranje ima dobar primaran učinak na frekvenciji od 80 kHz. Ova činjenica nameće potrebu daljnjih istraživanja primarnog učinka u nižim omjerima kupelji i nižim temperaturama.

#### Zahvala

*Autori se zahvaljuju Hrvatskoj zakladi za znanost na financiranju projekta 9967 Advanced textile materials by targeted surface modification, ADVANCETEX, za koji je ovaj rad tematski vezan.*

#### Literatura:

- [1] Andrassy M., E. Pezelj, R. Čunko: Reduction of Aging Tendency in p-Aramide Fibers Using Ultra-

- sound, *Journal of Applied Polymer Science* 77 (2000) 11, 2340-2345
- [2] Pezelj E., M. Andrassy, R. Čunko: Utjecaj ultrazvučne predobrade na promjene dimenzija pređa tijekom toplinskih obrada, *Tekstil* 50 (2001.) 10, 497-500
- [3] Čunko R., A. Tomljenović: Promjene fizikalnih svojstava celuloznih vlakana djelovanjem ultrazvuka, *Tekstil* 52 (2003.) 2, 47-54
- [4] Andrassy M., E. Pezelj, R. Čunko: Single-bath bleaching and fiber bundle size reduction of flax using ultrasound, *AATCC review* 5 (2005) 7, 20-23
- [5] Fakin D. et al.: Sorption Properties of Flax Fibers Depending on Pre-treatment Processes and their Environmental Impact, *Textile Research Journal* 76 (2006) 6, 448-454
- [6] Ahmed N.S.E., R.M. El-Shishawy, M.M. Kamel: Ultrasound assisted pre-treatment and dyeing of linen fibres with reactive dyes, *Pigment & Resin Technology* 36 (2007) 6, 363-372
- [7] Šurina R., M. Andrassy: Effect of preswelling and ultrasound treatment on the properties of flax fibres crosslinked with polycarboxylic acids, *Textile research journal* 83 (2013) 1, 66-75
- [8] Warmoeskerken M. et al.: Laundry process intensification by ultrasound, *Colloids & Surfaces* 210 (2002) 2-3, 277-285
- [9] Hurren C., P. Cookson, X. Wang: The effects of ultrasonic agitation in laundering on the properties of wool fabrics, *Ultrasonics Sonochemistry* 15 (2008) 6, 1069-1074
- [10] Soljačić I., T. Pušić: *Njega tekstila – čišćenje u vodenim medijima*, Tekstilno – tehnološki fakultet, Zagreb, 2005, ISBN: 953-7105-08-3
- [11] <http://www.testgewebe.de/> Reference and standard fabrics, pristupljeno: 10.02.2016.
- [12] HRN ISO 2267:1986 - Površinski aktivne tvari - Procjena određenih učinaka pranja - Metode pripreme i uporabe čiste kontrolne pamučne tkanine
- [13] DIN 53919:1980 - Test cotton fabrics for laundering process control; test of laundering with control stripes
- [14] ISO 105-C08:2010 - Textiles - Tests for colour fastness - Part C08: Colour fastness to domestic and commercial laundering using a non-phosphate reference detergent incorporating a low-temperature bleach activator
- [15] IEC 60456:2010 - Clothes washing machines for household use – Methods for measuring the performance
- [16] Pušić T. i sur.: Učinkovitost ljsuki sapunskih oraščića u pranju, *Tekstil* 60 (2011.) 1, 30-35
- [17] Pušić T. i sur.: Primarni učinak praškastog i tekućeg deterdženta u pranju, *Tekstil* 55 (2006.) 1, 11-19
- [18] Upute za rad ultrazvučne kade, Elma, travanj 2011.

## SUMMARY

### Impact of ultrasonic frequency on the washing primary effect of cotton fabrics

T. Pušić, M. Filipčić, T. Dekanić

The research deals with the impact of two Sinner cycle parameters, chemistry and mechanical agitation, on effects in washing of standard and naturally soiled fabrics at the temperature of 60 °C. The share of chemistry is analyzed by powder and liquid detergents and alternative agent – soapnut shells. Variation in mechanics is being provided through the transfer of the active substances in the bath using ultrasound at 37 and 80 kHz and exhaustion process in Linitest. Results of this study showed that washing in an ultrasonic bath possesses a stain removal potential, especially at frequency of 80 kHz.

**Key words:** washing, ultrasound, primary effect

University of Zagreb, Faculty of Textile Technology

Zagreb, Croatia

e-mail: [tanja.pusic@ttf.hr](mailto:tanja.pusic@ttf.hr)

Received May 30, 2016

### Einfluss der Ultraschallfrequenz auf den Primärwascheffekt von Baumwollgeweben

Die Forschung beschäftigt sich mit dem Einfluss der zwei Faktoren des Sinner'schen Kreises, Chemie und mechanischer Agitation, auf Effekte beim Waschen von Standard- und natürlich verschmutzten Stoffen bei der Temperatur von 60 °C. Der Anteil der Chemie wird durch Pulver- und Flüssigwaschmittel sowie ein alternatives Mittel - *Seifennusschalen* analysiert. Die Variation der Mechanik erfolgt durch die Übertragung der Wirkstoffe im Bad mit Ultraschall bei einer Frequenz von 37 und 80 kHz und das Ausziehverfahren im Linitest-Gerät. Die Ergebnisse dieser Studie haben gezeigt, dass das Waschen in einem Ultraschallbad ein Fleckentfernungspotential besitzt, insbesondere bei einer Frequenz von 80 kHz.