

Severina Iskrač, univ. dipl. inž. teks.

izr. prof. dr. **Karin Stana – Kleinschek**, univ. dipl. inž. teks.

izr. prof. dr. **Majda Sfiligoj Smole**, univ. dipl. inž. teks.

doc. dr. **Simona Strnad**, univ. dipl. inž. teks.

doc. dr. **Bojana Vončina**, univ. dipl. inž. kem.

*mag. **Mojca Štrafela**, univ. dipl. inž. teks.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo, ekologijo in koloristiko, Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor, e-pošta: iskrac.severina@uni-mb.si, karin.stana@uni-mb.si, majda.sfiligoj@uni-mb.si, simona.strnad@uni-mb.si, bojana.voncina@uni-mb.si

* SVILA tekstilna tovarna, d.d. Ob Dravi 6, 2000 Maribor, e-pošta: mojca.strafela@svila.si

Statistično načrtovanje postopka apretiranja viskoznih tkanin iz močno vite preje

1. del: Apretiranje z reagenti z nizko vsebnostjo formaldehida

V prispevku so predstavljeni rezultati optimiranja zamreženja tkanin iz močno vite viskozne preje z reagentom z nizko vsebnostjo formaldehida – metilirane dimetiloldihidroksietilen sečnine (DMDHEU). Proučevali smo vpliv koncentracije reagenta za zamreženje, katalizatorja in neionogenega sredstva za mehčanje na nekatere uporabne lastnosti apretirane viskozne tkanine. Spremljali smo naslednje veličine: stopnjo nabrekanja viskoznih vlaken, pretržno silo, pretržni raztezek in kot razgubanja, kakor tudi vpliv postopka apretiranja na barvo viskoznih tkanin iz močno vite preje.

Z uporabo reagenta za zamreženje z nizko vsebnostjo formaldehida smo dosegli: znižanje stopnje nabrekanja viskoznih vlaken za 29,5 – 62,7 odstotka, povečanje kota razgubanja za 18,4 – 144,3 odstotka, znižanje pretržne sile (za 7,2 – 22,9 odstotka) in pretržnega raztezka (za 6,2 – 20,9 odstotka). Postopek zamreženja ne povzroča zaznavnih barvnih razlik na pobarvanih tkaninah.

Ključne besede: celulozna vlakna, vrhunsko plemenitenje, zamreženje z nizko vsebnostjo formaldehida, matematično-statistične metode načrtovanja poskusov, kot razgubanja, mehanske lastnosti, barvna metrika, nabreklijivost viskoznih vlaken

Statistical Designing of Finishing Process for Viscose Fabrics Made from Hard Twisted Yarn – Part 1: Finishing with reagents with low formaldehyde content

The results of mathematical-statistical method for optimizing cross-linking of fabrics made from hard twisted yarn by using a reagent with low formaldehyde content – methylated dimethyloldihydroxyethylene urea (DMDHEU) are presented in the paper. The influence of the concentration of a cross-linking reagent, catalyst and non-ionic softener on certain applicability properties of finished viscose fabric is investigated. The following parameters were monitored: the degree of viscose fibres swelling, the breaking force, the breaking elongation and the angle of decreasing, as well as the influence of the finishing process on the colour of viscose fabrics made from hard twisted yarn.

By using a cross-linking reagent with low formaldehyde content the following has been obtained: the decrease of viscose fibres swelling by 29.5 % – 62.7 %, the increase of the angle of decreasing by 18.4 % – 144.3 %, the reduction of breaking force (by 7.2 % – 22.9 %) and the breaking elongation (by 6.2 % – 20.9 %). The process of cross-linking does not cause any noticeable colour deviations on dyed fabrics.

Key words: cellulose fibres, high-grade finishing, cross-linking with low formaldehyde content, mathematical-statistical methods of experiments designing, angle of decrease, mechanical properties, colorimetry, swelling capacity of viscose fibres

1.0 UVOD

Obdelava proti mečkanju je eden najpomembnejših postopkov obdelave tkanin iz naravnih in regeneriranih celuloznih vlaken ter njihovih mešanic s sintetičnimi vlakni za izboljšanje njihovih uporabnih lastnosti, kot so: mečkanje, nabrekanje in dimenzijska stabilnost. Plemenitenje z zamreževalci je pomemben del teh obdelav [1, 2].

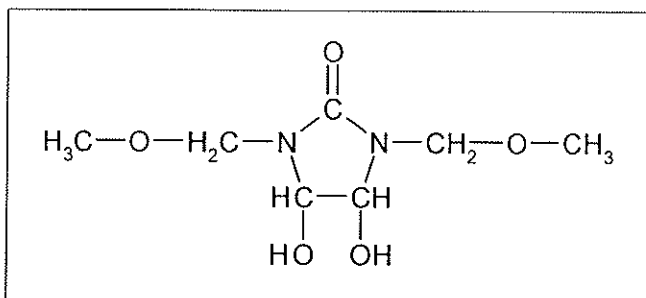
Reagenti, ki se uporabljajo za zamreženje celuloznih vlaken, morajo izpolnjevati vrsto zahtev. Imeti morajo dovolj veliko reaktivnost, da s samozamreženjem ali z zamreženjem hidroksilnih skupin celuloznih vlaken dajo pri danih pogojih dobre učinke vrhunskega plemenitenja ob minimalni izgubi uporabnih lastnosti. Reagenti za zamreženje morajo biti netoksični, brez vonja in nizkohlapani, odporni morajo biti na klor, hidrolizo in pranje ter ne smejo vplivati na barvni ton obarvanega materiala z direktnimi ali reaktivnimi barvili [3, 4, 5, 6].

Približno 95 % klasičnih zamreževalcev, ki se uporabljajo danes, vsebuje formaldehid, ki je zdravju škodljiva snov [7, 8, 9, 10, 11]. Ekološke razprave o zamreževalcih so omejene predvsem na vpliv vrhunsko plemenitenih tekstilij na uporabnika [8, 12, 13, 14, 15].

Zato razvoj reagentov za zamreženje celuloznih vlaken poteka v dveh smereh.

1. Razvoj in uporaba reagentov z nizko vsebnostjo formaldehida in raziskave, s katerimi naj bi dosegli čim manjši delež prostega formaldehida na obdelanih tekstilijah [16, 17, 18, 19, 20].
2. Razvoj in uporaba spojin, ki ne vsebujejo formaldehida, kot so na primer sredstva na osnovi polikarboksilnih kislin [3, 5, 16, 18].

Etri dimetiloldihidroksietilen sečnine (DMDHEU) (slika 1) spadajo med reagente za zamreženje celuloznih vlaken z nizko vsebnostjo formaldehida.



Slika 1: 1,3-dimetoksietilen-4,5-dihidroksietilen sečnina [5]

Že delno zaetreni reagenti DMDHEU vsebujejo manj prostega formaldehida, seveda pod pogojem, da se vez $-C-O-$ ne cepi. Delno, a zadovoljivo etrenje DMDHEU najlažje izvedemo z metanolom v kislem mediju.

Posebno majhen delež prostega formaldehida lahko dosežemo, če spojine zaetrimo s poliolli, zato za etrenje nekateri avtorji [5] priporočajo dietilenglikol. Pri obdelavi s tako zaetrenimi reagenti za zamreženje celuloznih vlaken dobimo manjše deleže prostega formaldehida kot pri obdelovanju z nezaetrenimi spojinami, pri katerih poliol dodamo kar neposredno v kopel za impregniranje. Reakcijo etrenja s poliolli izvedemo v kislem mediju [5, 11, 16, 17, 21, 22].

Z uporabo močno vitih viskoznih prej dosegamo posebno zahtevne značilnosti videza in otipa, ki zaradi svoje specifičnosti zahtevajo drugačno tehnologijo predelave kot konvencionalne viskozne preje. Tkanine iz teh prej imenujemo viskozni krep georgette in so namenjene za izdelavo ženskih bluz in lažjih poletnih oblačil. Za tkanje uporabljamo filamente z visokim številom dodanih zavojev, najpogostejše z 2100–2300 dodanimi zavoji oziroma 1200–1300 dodanimi zavoji. Tehnološka postopka tkanja in plemenitenja močno vitih viskoznih prej sta zaradi izjemno visokega števila zavojev specifična. Zaradi velikega števila zavojev so preje nagnjene h krotovičenju, kar povzroča velike težave pri mokrem plemenitju. Za doseganje končnih mehanskih in površinskih lastnosti tkanine iz viskoznih vlaken, kot so dimenzijska stabilnost, mečkanje, nabrekljivost in otip, te tkanine vrhunsko apretiramo z različnimi zamreževalci [23, 24].

Z optimiranjem postopka plemenitenja želimo pripraviti učinkovit tehnološki postopek, ki se ne meri samo po kakovosti izdelka, ampak je tudi odraz tehnoloških, ekoloških in predvsem ekonomskih meril. Rezultat takšnega načrtovanja je tehnološki proces z optimalnimi količinami porabljenih tekstilnih pomožnih sredstev in kemikalij ter pogoji dela [25, 26].

V raziskavi smo optimirali učinke zamreženja tkanine iz močno vite viskozne preje z reagenti z nizko vsebnostjo formaldehida in z brezformaldehidnimi reagenti na podlagi popolnega faktorjskega načrta. Zaradi obsežne raziskave bomo v prvem delu članka predstavili vpliv reagenta za zamreženje z nizko vsebnostjo formaldehida, katalizatorja in mehčalnega sredstva (vhodni faktorji) na stopnjo nabrekanja, barvno razliko, pretržno silo, pretržni raztezek in kot razgubanja (izhodni faktorji). V drugem delu pa bo predstavljen vpliv brezformaldehidnega reagenta za zamreženje, katalizatorja in mehčalnega sredstva na izbrane izhodne faktorje.

2.0 EKSPERIMENTALNI DEL

Osnovni namen raziskave je bil optimiranje učinkovitosti zamreženja viskoznih tkanin iz močno vitih prej z reagenti z nizko vsebnostjo formaldehida. S po-

močjo popolnega faktorskega načrta smo analizirali vpliv vhodnih faktorjev (koncentracija reagenta z nizko vsebnostjo formaldehida, koncentracija katalizatorja in koncentracija sredstva za mehčanje) na izhodne faktorje (kot razgubanja, barvna razlika, stopnja nabrekanja vlaken, pretržna sila in pretržni raztezek). Rezultat izvedbe faktorskega načrta je optimalna receptura za vrhunsko plemenitenje viskoznih tkanin ob minimalni porabi kemikalij.

2.1 Materiali

2.1.1 Tkanina

V raziskavi smo uporabili viskozno tkanino iz močno vite preje. Osnovni podatki o uporabljeni tkanini so zbrani v preglednici 1. Predhodno nanesene avivaže in druge dodatke smo pred apretiranjem odstranili s tkanine s pranjem v jetu.

Preglednica 1: Lastnosti uporabljene viskozne tkanine iz močno vite preje

Surovinska sestava:	100 % CVF (viskozni filament)
Namembnost tkanine:	modna tkanina
Vezava:	platno
Širina tkanine:	140 cm
Masa tkanine:	107,9 g/m ²
Finost filameta:	133/30/1500 S/Z dtex viskozni krep rajon
Debelina filameta:	24 µm
Gostota tkanine: – osnova – vtek	30 niti/cm 24 niti/cm
Kot razgubanja: osnova	26°
Pretržna sila: osnova	277 N
Pretržni raztezek: osnova	29 %
Stopnja nabrekanja:	37 %

2.1.1 Uporabljene kemikalije in tekstilna pomožna sredstva

Za zamreženje viskozne tkanine iz močno vite preje smo uporabili kemikalije in pomožna sreds-

tva, ki jih je predlagal izdelovalec reagenta za zamreženje.

- 110 – 130 g/l reagent za zamreženje,
- 35 – 40 g/l katalizator in
- 20 – 30 g/l mehčalec.

Značilnosti uporabljenih kemikalij in tekstilnih pomožnih sredstev so podane v preglednici 2.

2.2 Metode

2.2.1 Izvedba tehnološkega procesa zamreženja

Uporabili smo kontinuirni laboratorijski postopek suhega zamreženja, ki je vključeval:

Hladno impregniranje, ki smo ga izvedli na fularju W. Mathis AG CH-8155, kjer je ožemalni učinek OU = 70 – 80 %, v = 1,5 m/min in tlak med valjema p = 6 bar.

Sušenje v napetem stanju z vročim zrakom, ki smo ga izvedli v sušilniku W. Mathis AG pri T = 120 °C in t = 30 s.

Kondenziranje, ki smo ga izvajali v napetem stanju z vročim zrakom v sušilniku W. Mathis AG pri T = 180 °C in t = 30 s.

2.2.1 Optimiranje postopka zamreženja viskoznih tkanin s faktorskim načrtom

Mejne vrednosti vhodnih faktorjev (x_{min} , x_{max}), ki jih potrebujemo za model faktorskega načrta za optimiranje procesa zamreženja z reagenti z nizko vsebnostjo formaldehida, smo izbrali na podlagi literaturnih podatkov [25, 26, 27] in navodil proizvajalca [28].

Uporabili smo trifaktorski načrt, saj smo želeli analizirati vpliv treh vhodnih faktorjev: x_1 = koncentracija reagenta za zamreženje, x_2 = koncentracija katalizatorja in x_3 = koncentracija mehčalca na izhodne faktorje (Y). Kot merodajne uporabne lastnosti zamrežene viskozne tkanine smo izbrali naslednje izhodne veličine: Y_1 = stopnja nabrekanja vlaken, Y_2 = barvna razlika, Y_3 = pretržna sila, Y_4 = pretržni raztezek, Y_5 = kot razgubanja.

Osnovni pogoji (konstante sistema), pri katerih smo izvajali zamreženje, so bili: a = temperatura

Preglednica 2: Uporabljene kemikalije in tekstilna pomožna sredstva za zamreženje, ki jih izdeluje Thor Chemie

Značilnost	Reagent za zamreženje	Katalizator	Mehčalno sredstvo
Sestava	Modificirana dimetiloldihidroksietilen sečnina	Magnezijev diklorid z anorganskim hidrokloridom	Modificiran polisiloksan
Videz	Brezbarvna bistra tekočina	Brezbarvna bistra tekočina	Brezbarvna mikroporozna emulzija
Ionska aktivnost	kationska	/	neionogena
pH vrednost	4,5–5	Pribl. <1	4,5–5
Področje in namen uporabe	Suho zamreženje po postopku impregnacije	Za povečanje reakcijske sposobnosti zamreženja	Izboljšanje kota razgubanja, površinske gladkosti in šivalnosti

sušenja 120 °C, b = temperatura kondenzacije 180 °C, c = čas sušenja 30 s, d = čas kondenzacije 30 s in e = ožemalni učinek 70–80-odstoten.

Izhodiščna funkcija procesa je podana z enačbo:

$$R = C \cdot f_1^{\beta_1} \cdot f_2^{\beta_2} \cdot f_3^{\beta_3} \cdot f_4^{\beta_4} \cdot f_5^{\beta_5} \quad (1)$$

Na podlagi rezultatov poskusnih raziskav ugotovimo regresijske koeficiente $b_0, b_1, \dots, b_n$, ki pomenijo teoretično oceno vrednosti koeficientov β :

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + \dots b_nx_n \quad (2)$$

Za izračun koeficientov $b_0, b_1, \dots, b_n$ uporabimo trifaktorski načrt tipa 2^k , pri čemer je k število spremenljivk faktorjev. Tako je treba pri faktorskem načrtu za tri spremenljivke izvesti $2^k = 2^3 = 8$ poskusov in še 4 v t.i. ničelni točki. S pomočjo faktorskega načrta enakomerno porazdelimo vplive različnih spremenljivk in z dajanjem prednosti nekatere popolnoma izločimo.

Za preverjanje homogenosti raztrosa uporabimo Fisherjevo merilo (postavitev ničelne domneve):

$$H_0 = (\sigma_1^2 \equiv \sigma_2^2) \quad (3)$$

F-test za oceno pomembnosti koeficientov se torej glasi:

$$F_{eksp} = \frac{s_{eksp}^2}{s_{pon}^2} \quad (4)$$

kjer je:

s_{eksp}^2 – sipanje posameznih eksperimentov

s_{pon}^2 – sipanje ponovljenih eksperimentov v ničelni točki

v primeru, ko je F_{eksp} manjši od teoretične vrednosti porazdelitve F_{teor} (za prostostne stopnje $f_{eksp}=7$ in $f_{pon}=3$ znaša F_{teor} 8,887; ter standardnega statističnega zaupanja $S = 95\%$), ničelno hipotezo (H_0) sprejmemo. Če s testiranjem dobimo neenakomerno sipanje, je treba povečevati število ponovitev, dokler ni dosežena zadostna homogenost [25, 26, 27].

2.2.2.1 Metode določanja izhodnih faktorjev

Metode, ki smo jih uporabili za določanje rezultatov zamreženja, so:

a) **Stopnja nabrekanja** vlaken v vodi smo določili s pomočjo sistema za analizo mikroskopskih slik. Na podlagi merjenja debeline suhih in vlaken, ki so v vodi nabrekli 10 minut, smo izračunali stopnjo nabrekanja v skladu z izrazom (5):

$$\text{Stopnja nabrekanja} = \frac{\bar{d}_m - \bar{d}_s}{\bar{d}_s} \cdot 100 [\%], \quad (5)$$

kjer velja: $\bar{d}_m$ = povprečna debelina omočenega vlakna, $\bar{d}_s$ = povprečna debelina suhega vlakna.

Za analizo smo uporabili svetlobni mikroskop Axiotech 25 HD (+ pol) (ZEISS) in programsko opremo KS 300 (Kontron).

b) **Barvne razlike** med neapretiranim in apretiranimi vzorci smo določili barvnometrično v skladu z DIN 6174 [29] z merjenjem remisije obarvanih vzorcev in izračunom barvnih vrednosti X, Y in Z, na podlagi katerih smo izračunali koordinate CIELAB barvnega prostora (L^*, a^*, b^* ter C^* in h). Na podlagi teh vrednosti smo določili še barvne razlike ($\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*, \Delta C^*$ in skupna barvna razlika ΔE^*) po enačbi 6 in enačbi 7, pri čemer kot standard vedno nastopa neapretirana tkanina. Remisijo smo merili na spektrofotometru Datacolor SF600 PLUS, podprtem z računalniškim sistemom ACS 1800 [26].

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (6)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2} \quad (7)$$

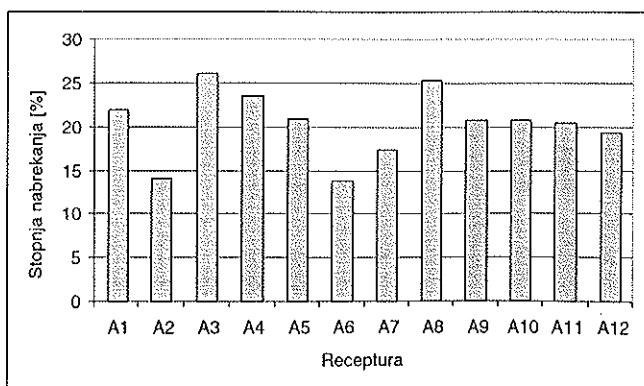
kjer pomeni: ΔE^* = skupna barvna razlika, ΔL^* = razlika v svetlosti, Δa^* = sprememba na rdeče-zele ni osi, Δb^* = sprememba na rumeno-modri osi, ΔC^* = razlika v nasičenosti, chromi in ΔH^* = razlika v pestrosti.

c) **Pretržno silo in pretržni raztezek** smo določali v skladu s standardom DIN 53 857 [30] v standardni atmosferi ($T = 20 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ in $R_v = 65 \pm 2\%$) na dinamometru Statigraph M in s programsko opremo Texttechno.

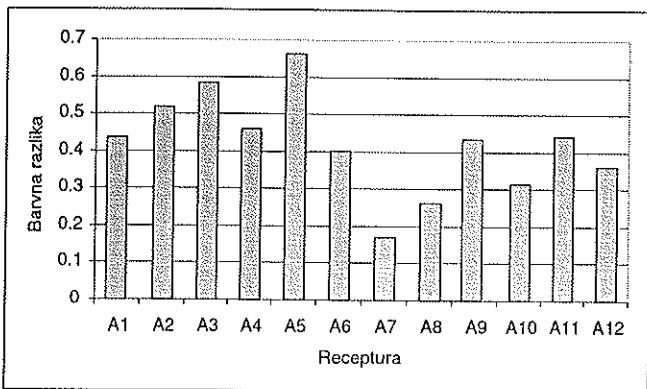
d) **Kote razgubanja** smo določali v skladu s standardom DIN 53 890 [31].

3.0 REZULTATI IN DISKUSIJA

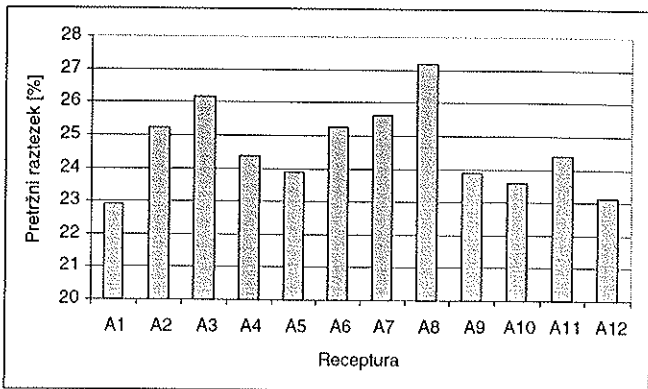
Na slikah 2–6 so prikazani rezultati določanja izhodnih veličin po izvedenih posameznih poskusih (A1-A8) in po izvedenih ponovitvah v t.i. ničelni točki (A9-A12).



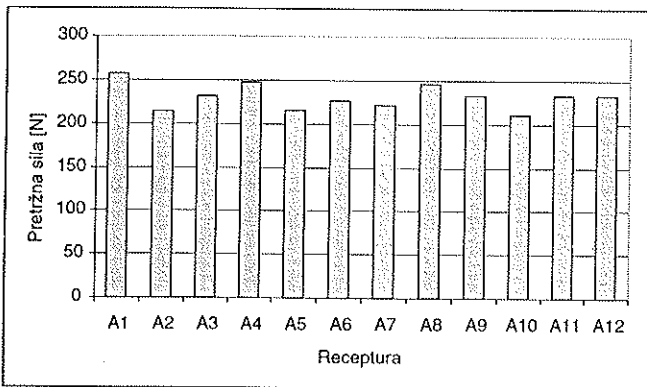
Slika 2: Rezultati določanja stopnje nabrekanja vlaken (Y1) na vzorcih apretirane viskozne tkanine iz močno vite preje po izvedenih posameznih eksperimentih (A1-A8) in po izvedenih ponovitvah eksperimenta v t.i. ničelni točki (A9-A12)



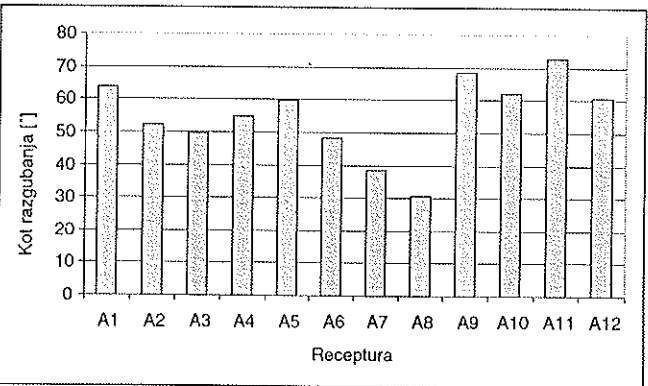
Slika 3: Rezultati določanja skupne barvne razlike (ΔE^*) vlaken (Y2) na vzorcih apretirane viskozne tkanine iz močno vite preje po izvedenih posameznih eksperimentih (A1-A8) in po izvedenih ponovitvah eksperimenta v t.i. ničelni točki (A9-A12)



Slika 5: Rezultati določanja pretržnega raztezka vlaken (Y4) na vzorcih apretirane viskozne tkanine iz močno vite preje po izvedenih posameznih eksperimentih (A1-A8) in po izvedenih ponovitvah eksperimenta v t.i. ničelni točki (A9-A12)



Slika 4: Rezultati določanja pretržne sile vlaken (Y3) na vzorcih apretirane viskozne tkanine iz močno vite preje po izvedenih posameznih eksperimentih (A1-A8) in po izvedenih ponovitvah eksperimenta v t.i. ničelni točki (A9-A12)



Slika 6: Rezultati določanja stopnje kota razgubanja (Y5) na vzorcih apretirane viskozne tkanine iz močno vite preje po izvedenih posameznih eksperimentih (A1-A8) in po izvedenih ponovitvah eksperimenta v t.i. ničelni točki (A9-A12)

Na podlagi izmerjenih vrednosti izhodnih spremenljivk (stopnje nabrekanja, barvnih razlik, pretržne sile, pretržnega raztezka in kotov razgubanja) po izvedenih 8+4 poskusih smo s trifaktorsko analizo določili vpliv vhodnih faktorjev (x_1 , x_2 , x_3) na

Preglednica 3: Matematične zveze med vhodnimi faktorji (x) in izhodnimi spremenljivkami (Y), dobljene na podlagi trifaktorske analize

Izhodni faktor	Enačbe izhodnih veličin
stopnja nabrekanja	$Y_1 = 341,9 \cdot x_1^{0,880} \cdot x_2^{-2,073} \cdot x_3^{0,139}$ (8)
barvna razlika	$Y_2 = 4 \cdot 10^{-7} \cdot x_1^{0,216} \cdot x_2^{3,023} \cdot x_3^{0,583}$ (9)
pretržna sila	$Y_3 = 682,3 \cdot x_1^{-0,057} \cdot x_2^{-0,281} \cdot x_3^{0,062}$ (10)
pretržni raztezek	$Y_4 = 238,47 \cdot x_1^{-0,209} \cdot x_2^{-0,456} \cdot x_3^{-0,047}$ (11)
kot razgubanja	$Y_5 = 2 \cdot 10^{-4} \cdot x_1^{0,795} \cdot x_2^{2,038} \cdot x_3^{0,347}$ (12)

izhodne faktorje (Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 , Y_5) in dobili matematične zveze, ki so zbrane in podane v preglednici 3. Poleg funkcijskih odvisnosti posameznih izhodnih veličin od vhodnih faktorjev pa je bistven pomen posameznih vplivov, ki je bil določen na podlagi preverjanja enakomernega sipanja (Fisherjevo merilo). F-test je bil uporabljen na eni strani za oceno pomembnosti vhodnih faktorjev (faktor je pomemben, če je $F_{eksp} \geq F_{teor}$ ($S = 99\%$, f_1 , f_2)), na drugi strani pa za oceno ujemanja sistema z modelom (model je ustrezen, če je $F_{eksp} \leq F_{teor}$ ($S = 95\%$, f_1 , f_2)). Rezultati preverjanja pomembnosti so zbrani v preglednici 4.

Pri analizi zveze $Y_1 = f(x_1, x_2, x_3)$ (enačba 8, preglednica 3) lahko vidimo, da katalizator (x_2) negativno vpliva na stopnjo nabrekanja vlaken ($x_2^{-2,073}$), kar pomeni, da se z večanjem koncentracije katalizatorja znižuje stopnja nabrekanja viskoznih vlaken. Vpliva reagenta za zamreženje (x_1) in sredstva za mehčanje (x_3) na stopnjo nabrekanja vlaken sta pozitivna ($x_1^{0,880}$ in $x_3^{0,139}$),

Preglednica 4: Kazalci signifikantnosti (F-test) vpliva (faktor vpliva) posameznih faktorjev (x_1, x_2, x_3) na izhodne spremenljivke (Y_1 – Y_5)

Izhodne spremenljivke	x_1		x_2		x_3	
	Faktor vpliva	F-test	Faktor vpliva	F-test	Faktor vpliva	F-test
Y_1	+0,880	36,143	–2,073	128,318	+0,139	15,454
Y_2	+0,216	0,103	+3,023	12,860	+0,583	12,909
Y_3	–0,057	0,077	–0,281	1,186	+0,062	1,540
Y_4	–0,209	4,685	–0,456	14,244	–0,047	4,092
Y_5	+0,795	4,865	+2,038	20,435	+0,347	15,965

kar pomeni, da se z višanjem koncentracije reagenta za zamreženje in sredstva za mehčanje povečuje stopnja nabrekanja. Vsi trije vplivi so pomembni, tj. statistično dokazani (preglednica 4).

Pri analizi zveze $Y_2 = f(x_1, x_2, x_3)$ (preglednica 3, enačba 9) vidimo, da vsi trije vhodni faktorji x_1 (reagent za zamreženje), x_2 (katalizator) in x_3 (sredstvo za mehčanje) pozitivno vplivajo na spremembo barve viskozne tkanine ($x_1^{0,216}$, $x_2^{3,023}$ in $x_3^{0,583}$). Iz preglednice 4, kjer so podana merila pomembnosti faktorjev vpliva, je razvidno, da prvi vhodni faktor x_1 , t.j. koncentracija reagenta za zamreženje, nima pomembnega vpliva, saj znaša koeficient $F = 0,103$. Povečanje količine katalizatorja in sredstva za mehčanje pa pomembno vplivata na povečanje skupne barvne razlike med neapretirano in apretiranimi tkaninami.

Na sliki 3 so prikazani rezultati določanja barvnih razlik za posamezne vzorce. Barvne razlike apretiranih vzorcev za vse kombinacije receptur so zelo majhne, saj znašajo od 0,172 do 0,663 in jih s prostim očesom ni mogoče zaznati. Kljub pomembnim vplivom, ki jih imajo vhodni faktorji na spremembo barve tkanin, pa nobena od kombinacij ne povzroča zaznavnih barvnih razlik.

Funkcijska odvisnost $Y_3 = f(x_1, x_2, x_3)$ (preglednica 3, enačba 10) kaže, da vhodna faktorja x_1 (reagent za zamreženje) in x_2 (katalizator) negativno vplivata na pretržno silo viskozne tkanine ($x_1^{-0,057}$ in $x_2^{-0,281}$). Zaradi večje vsebnosti sredstva za zamreženje in katalizatorja se bo torej zmanjšala pretržna sila, medtem ko vsebnost mehčalnega sredstva (x_3) pozitivno vpliva na pretržno silo, saj ima regresijski koeficient pozitivno vrednost ($x_3^{0,062}$). Vendar pa nobeden od teh vplivov ni pomemben (preglednica 4).

Funkcijska odvisnost $Y_4 = f(x_1, x_2, x_3)$ (preglednica 3, enačba 11) kaže, da vsi vhodni faktorji x_1 (reagent za zamreženje), x_2 (katalizator) in x_3 (sredstvo za mehčanje) negativno vplivajo na pretržni raztezek ($x_1^{-0,209}$, $x_2^{-0,456}$, $x_3^{-0,047}$). Vendar pa o pomembnem vplivu lahko govorimo le v primeru vsebnosti katalizatorja v obdelovalni kopeli (preglednica 4), medtem ko preostala dva

vhodna faktorja nimata pomembnega vpliva na pretržni raztezek.

Vsi trije vhodni faktorji, x_1 (reagent za zamreženje), x_2 (katalizator) in x_3 (sredstvo za mehčanje) pozitivno vplivajo na kot razgubanja viskozne tkanine (preglednica 3, enačba 12). Vendar je ta vpliv pomemben le pri vsebnosti katalizatorja in mehčalnega sredstva (preglednica 4). Sklepamo torej lahko, da nad določeno minimalno potrebno količino zamreževalca le-ta nima več bistvenega vpliva na kot razgubanja, ampak to vlogo prevzmeta količina katalizatorja in mehčalca.

Iz enačb vpliva vhodnih faktorjev na posamezni izhodni faktor (preglednica 3) smo za različne vrednosti vhodnih faktorjev znotraj $x_{\min}$ in $x_{\max}$ izračunali vrednosti izhodnih faktorjev.

Iz baze izračunanih vrednosti izhodnih faktorjev smo izbrali tri optimalne recepture, ki so ustrezale pogoju: $Y_1 < 18\%$ in $Y_2 < 1$ in $Y_3 > 180\text{ N}$ in $Y_4 < 24\%$ in $Y_5 > 65^\circ$

Postavljenemu pogoju so ustrezale naslednje tri kombinacije (recepture) vhodnih faktorjev:

Receptura 1:

$x_1 = 110\text{ g/l}$ reagent za zamreženje.
 $x_2 = 40\text{ g/l}$ katalizator
 $x_3 = 40\text{ g/l}$ mehčalec

Receptura 2:

$x_1 = 115\text{ g/l}$ reagent za zamreženje
 $x_2 = 40\text{ g/l}$ katalizator
 $x_3 = 40\text{ g/l}$ mehčalec

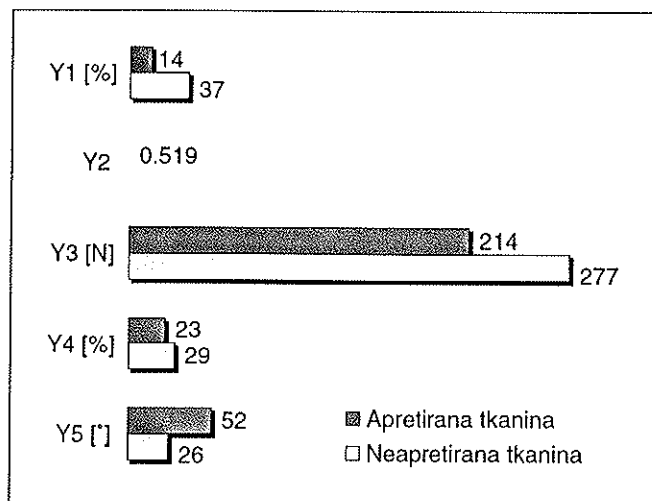
Receptura 3:

$x_1 = 110\text{ g/l}$ reagent za zamreženje
 $x_2 = 40\text{ g/l}$ katalizator
 $x_3 = 35\text{ g/l}$ mehčalec

pri konstantnih faktorjih: a = temperatura sušenja 120°C , b = temperatura kondenzacije 180°C , c = čas sušenja 30 s, d = čas kondenzacije 30 s, e = 70–80 %.

Po izvedbi laboratorijskega postopka apretiranja viskoznih tkanin v skladu s tremi izbranimi recepturami in ponovnem določanju izhodnih veličin na teh vzorcih smo ugotovili, da daje najugodnejše rezultate receptura 1, ki je bila tako izbrana kot optimalna receptura.

Na sliki 7, kjer je prikazana primerjava lastnosti neapretirane in z optimalno recepturo 1 apretirane viskozne tkanine iz močno vite preje, je razvidno, da se stopnja nabrekanja (Y_1) pri apretiranih vlaknih glede na neapretirana vlakna zniža za okrog 62,2 %. Optimalni postopek apretiranja ne vpliva na spremembo barve apretirane tkanine, vendar pa vpliva na mehanske lastnosti. Glede na pretržno silo neapretirane viskozne tkanine je pretržna sila apretirane tkanine nižja za 22,7 %. Prav tako se zmanjša pretržni raztezek (Y_4) apretirane viskozne tkanine za 20,7 %. Vendar pa takšno poslabšanje mehanskih lastnosti (pretržna sila in pretržni raztezek) še ne vpliva na uporabne lastnosti apretirane tkanine. Kot razgubanja (Y_5) je pri neapretirani tkanini za približno 100 % večji kot pri apretirani viskozni tkanini. Rezultati dokazujejo, da smo z zamreženjem viskozne tkanine iz močno vite preje z reagentom z nizko vsebnostjo formaldehida ob uporabi optimalne recepture dosegli večje kote razgubanja in zmanjšano stopnjo nabrekanja viskoznih vlaken ob relativni ohranitvi mehanskih lastnosti in nespremenjeni barvi apretirane tkanine.



Slika 7: Primerjava izhodnih veličin apretirane viskozne tkanine po optimalni recepturi in neapretirane viskozne tkanine

4.0 SKLEP

V raziskavi vpliva koncentracije reagenta za zamreženje z nizko vsebnostjo formaldehida, koncentracije katalizatorja in koncentracije mehčal-

ga sredstva (vhodni faktorji) na stopnjo nabrekanja viskoznih vlaken, barvno razliko, pretržno silo, pretržni raztezek in kot razgubanja (izhodni faktorji) viskozne tkanine iz močno vite preje smo uporabili statistično načrtovanje poskusov s faktorjskim načrtom. Ugotovili smo, da povečanje vsebnosti sredstva za zamreženje v obdelovalni kopeli pomembno vpliva na povečanje nabrekanja vlaken, medtem ko na druge izhodne veličine nima pomembnega vpliva. Povečanje vsebnosti katalizatorja ima pomemben vpliv na zmanjšanje nabrekanja, povečanje barvnih razlik, zmanjšanje pretržnega razteza in povečanje kota razgubanja. Povečanje dodatka mehčalnega sredstva pa pomembno vpliva na povečanje nabrekanja vlaken, povečanje barvnih razlik in povečanje kota razgubanja.

Na podlagi izvedbe trifaktorskega načrta smo določili optimalno recepturo, ki ustreza naslednjemu pogoju: $Y_1 < 18$ % in $Y_2 < 1$ in $Y_3 > 180$ N in $Y_4 < 24$ % in $Y_5 > 65^\circ$

$x_1 = 110$ g/l reagent za zamreženje

$x_2 = 40$ g/l katalizator

$x_3 = 40$ g/l mehčalec

pri konstantnih pogojih sušenja in kondenzacije.

Izbrana optimalna receptura predvideva minimalno koncentracijo reagenta za zamreženje ter maksimalno koncentracijo katalizatorja in mehčalnega sredstva. Minimalna koncentracija reagenta za zamreženje z nizko vsebnostjo formaldehida je ugodna rešitev, saj je tako na tkanini po apretiranju prisotnega še manj prostega formaldehida.

Tkanine, apretirane v skladu z optimalno recepturo, imajo za okrog 60 % manjše nabrekanje v vodi in za okrog 100 % večji kot razgubanja kot neapretirane tkanine. Barva apretiranih tkanin se ne spremeni, medtem ko se mehanske lastnosti (pretržna sila in pretržni raztezek) le za spoznanje poslabšajo.

5.0 LITERATURA

- [1] GRANCARIĆ, M., SOLJAČIĆ, I. in KATOVIĆ, D. *Osnove oplemenjivanja tekstila: Procesi mokre apreture, bojadisanja i tiska. 2. Knjiga*. Zagreb, 1994.
- [2] VONČINA, B. in sod. *Človeku prijazno vrhunsko plemenitenje tekstilij. Letno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta v letu 1998*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo, ekologijo in koloristiko, 1999.
- [3] BISCHOF VUKUŠIĆ, S. i sur. Polikarboksilne kiseline u obradi protiv gužvanja. *Tekstil*, 1999, let. 48, br. 11, str. 549–560.
- [4] DEBELAK, F. *Zamreženje celuloze z brezformaldehydnimi reaktanti*. Magistrsko delo. Maribor, 2000.

- [5] KATOVIĆ, D. in SOLJAČIĆ, I. Razvoj sredstev za obdelavo proti mečkanju. *Tekstilec*, 1994, let. 37, št. 9, str. 267–271.
- [6] DŽOKIĆ, D. *Hemijska obrada tekstilnog materiala. 1. izdaja*. Beograd : Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu, 1976.
- [7] REINERT, F. Environmentally acceptable resin. V *17th IFVTCC Congress Vienna*, 1996, p. 39–43.
- [8] DEBELAK, F. in sod. Problematika Formaldehida v oblačilih. V *Mednarodna konferenca IMCEP 97: Zbornik predavanj*. Uredila Jelka Geršak. Maribor : Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilne in konfekcijske procese, 1997, str. 331–337.
- [9] KATOVIĆ, D. in SOLJAČIĆ, I. Formaldehid – toksičnost i primjena u tekstilnoj industriji. *Tekstil*, 1983, let. 32, br. 4, str. 225–234.
- [10] PHILIPS DAY, M. in COLLIER, JB. Prediction of formaldehyde release from durable press treated fabrics. *Textile Chemist and Colorist*, 1997, vol. 29, no. 1, p. 33–36.
- [11] TRASK-MORRELL, BJ. and all. Thermoanalytical study of durable press reactant levels on cotton fabrics. Part II: Finishes Based on DMDHEU. *Textile Research Journal*, 1996, vol. 66, no. 3, p. 172–183.
- [12] VONČINA, B. in sod. Človeku prijazno vrhunsko plemenitenje tekstilij. Letno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta v letu 1997. Maribor : Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo, ekologijo in koloristiko, 1997.
- [13] LAMPRECHT, P. ABBAU, Auswaschbarkeit und Nachweis von Schlichte. *Textilveredlung*, vol. 25, no. 10, p. 327–332.
- [14] KATOVIĆ, D. i sur. Određivanje slobodnog formaldehida u apreturama. *Tekstil*, 1985, let. 34, br. 8, str. 543–550.
- [15] VONČINA, B. and all. Eco-friendly durable press finishing of textile interlinings, TEX-ED&R 2001. V *Proceedings vol II, Autex Conference, June 2001*, p. 196–203.
- [16] KATOVIĆ, D. i sur. Utjecaj katalizatora i temperature kondenzacije na oslobađanje formaldehida s visokooplemenjenih tkanina od pamuka i mješavina poliestera/pamuk. *Tekstil*, 1989, let. 38, br. 3, str. 131–135.
- [17] BISCHOF VUKŠIĆ, S. and all. Durable press finishing combing different derivatives of dihydroxyethylene urea. *American Dyestuff Reporter*, May 1996, p. 20–27.
- [18] LÄMMERMANN, D. Neue Möglichkeiten der formaldehydfreie Vernetzung von cellulosischen Fasern. *Melliand Textilberichte*, 1992, no. 3, p. 274–279.
- [19] SCHRAMM, C. in BOBLETER, O. Auswirkung von UV-Strahlung auf formaldehydarm/-frei ausgerüstete Baumwolle. *Melliand Textilberichte*, 1996, no. 5, p. 347–348.
- [20] HARPER, RJ. in FRICK, JG. Increased effective formaldehyde-free finishing agent. *American Dyestuff Reporter*, 1981, September, p. 46–76.
- [21] GHOSH, S. in BRODMANN, GL. On-Line measurement of durable press resin on fabrics using the NIR spectroscopy method. *Textile Chemist and Colorist*, 1993, vol. 25, no. 4, p. 11–14.
- [22] KAMATH, YK. and all. Factors controlling formaldehyde release from durable press cotton. *Textile Research Journal*, 1985, September, p. 519–529.
- [23] KOCBEK, L. in ost. Okolju prijazna predelava viskozavojnih viskoznih filamentov v proizvodnji tkanin. Maribor: Zaključno poročilo o rezultatih RR faze subvencijskega projekta. Maribor : Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo, ekologijo in koloristiko, 2000.
- [24] SFILIGOJ SMOLE, M. in GERŠAK, J. Fizikalne lastnosti viskoznih krep tkanin. V *3. Mednarodna konferenca IMCEP 2000: zbornik referatov*. Uredila Jelka Geršak. Maribor : Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilne in konfekcijske procese, 2000, str. 286–292.
- [25] STANA, K. *Belina in fluorescenca ekološko neoporečno beljenega celuloznega vlakna : Magistrsko delo*. Maribor : Fakulteta za strojništvo, 1992.
- [26] ISKRAČ, S. *Apertiranje viskozavojnih viskoznih tkanin : Diplomsko delo*. Maribor : Fakulteta za strojništvo, 2001.
- [27] SCHEFFLER, E. *Einführung in die Praxis der statistischen Versuchsplanung*. Leipzig : Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1986.
- [28] *Thor Chemie : Tebnični list za Reagent za zamreženje*.
- [29] *Farbmetrische Bestimmung von Farbäbständen bei Körper-Farben nach der CIE Lab – Formel, Standard DIN 6174: 1979*.
- [30] *Einfacher Streifen-Zugversuch an textilen Flächengebilden, Standard DIN 53 857: 1979*.
- [31] *Bestimmungen der Knittererholungswinkels von textilen Flächengebilden, Standard DIN 53 890: 1972*.

Prispelo/received: 02-2004; sprejeto/accepted: 04-2004