

doc. dr. **Nicolae Hoblea**, univ. dipl. inž.
prof. dr. **Mihai Ciocoiu**, univ. dipl. inž.
Technical University »Gh.Asachi« of Iasi, Faculty of Textiles and Leather Engineering,
Department of Spinning and Weaving, Bd. D. Mangeron no. 53B, RO-6600 Iasi, Romunija;
tel.: +40/32/1307 18; fax: +040/32/230 491;
e-pošta: hoblean@lambda.tex.tuiasi.ro; mciocoiu@lambda.tex.tuiasi.ro;

Izvorni znanstveni članek
Original Scientific Paper

Izbira dejavnikov, ki vplivajo na proces toplotnega lepljenja z uporabo analize sipanja

Zato, da bi lahko izdelali vzorec sipanja za dejavnike procesa toplotnega lepljenja, je bilo izvedenih več meritev na osnovi programa, ki omogoča izbiro pomembnih dejavnikov, predstavitev njihovega vzajemnega vpliva in njihovo težo v procesu. Program uporablja analizo sipanja za ločevanje in testiranje vplivov, ki jih povzroči spreminjanje naključnih dejavnikov, od vplivov, ki jih povzročijo sistematični dejavniki – tehnološki parametri. Toplotno lepljenje smo preučevali s popolnoma naključno zasnovano analizo sipanja, skupne ugotovitve pa nakazujejo vpliv dejavnikov na odvisne spremenljivke. Do teh ugotovitev pridemo s primerjanjem vrednosti analize sipanja (skupno sipanje, sipanje znotraj obdelav za določen dejavnik, MSE, sipanje med obdelavami za določen dejavnik, MST in izračunani koeficienti F za različne dejavnike vpliva).

***Ključne besede:** toplotno lepljenje, analiza sipanja, tehnološki parametri, sistematični dejavniki*

Use of Analysis of Variance for the Selection of the Factors Affecting the Heat Bonding Process

In order to establish the variation pattern for the factors of the heat bonding process, a set of measurements were made, based on a program allowing to select the significant factors, to present their interactions, as well as their importance in the process. The program uses the analysis of variance, to separate and test the effects produced by the variation of the random factors from the effects caused by systematic factors – technological parameters. The heat bonding process was studied using the completely randomized design analysis of variance, a sum of considerations can be emphasized with regard to the influence of the factors upon the dependent variables. These considerations are made by comparing the values of the analysis of the variance (total variance, MSE and MST and F-ratio).

***Keywords:** heat bonding process, analysis of variance, technological parameters, systematic factors*

UDK 687 : 677.027.615.23 : 311.15

1.0 UVOD

Toplotno lepljenje je proces, v katerem se dva tekstilna materiala zlepita s pomočjo vmesne plasti. Za to plast je značilna prisotnost privlačnih sil na ravni molekul in adhezivnih sil na stičnih površinah. S toplotnim lepljenjem se ohranja položaj in preprečuje premikanje materialov, ki tvorijo lepljeni sestav. Toplotno lepljenje vključuje tri glavne elemente: material, termoadhezivno

plast in medvlogo. Proces sloni na površinskem lepljenju. Material in medvloga se zlepita skupaj s segrevanjem, za katerega so značilne določene vrednosti procesnih parametrov (temperatura, pritisk in čas).

Dejavnike, ki vplivajo na proizvodni proces, smo izbrali na osnovi preučevanja informacij v strokovni literaturi, praktičnih podatkov tekstilnih podjetij, tehnoloških izračunov itd. Z obdelavo teh informacij smo lahko objektivno ocenili število in težo dejavnikov, ki

vplivajo na analizirani proces. Za obdelavo podatkov smo uporabili metodo statistične analize (analiza sipanja, korelacije in regresije), ki omogoča izdelavo in razlago specifičnih eksperimentalnih programov.

Zato, da bi lahko izdelali vzorec sipanja za dejavnike procesa toplotnega lepljenja, smo izvedli več meritev na osnovi programa, ki omogoča izbiro pomembnih dejavnikov, predstavitev njihovega vzajemnega vpliva in tudi njihovo težo v procesu. Program uporablja analizo sipanja za ločevanje in testiranje vplivov, ki jih povzročijo spreminjanje naključnih dejavnikov, od vplivov, ki jih povzročijo sistematični dejavniki (tehnološki parametri). To ločevanje se izvede z delitvijo celotnega sipanja na sipanje posameznih dejavnikov in se jih oceni [1, 2, 3, 8].

2.0 EKSPERIMENTALNI DEL

Toplotno lepljenje smo preučevali s popolnoma naključno zasnovano analizo sipanja. Eksperimentalni program je upošteval 3 stopnje (obdelave) za vsak analizirani dejavnik $m = 3$, medtem ko je bila velikost $n = 5$.

Analizo sipanja smo izvedli na osnovi:

- predhodnih informacij o skupini dejavnikov, ki vplivajo na proces toplotnega lepljenja;
- vrednosti parametrov toplotnega lepljenja, ki jih uporabljajo različna oblačilna podjetja;
- toplotno lepljenje smo izvajali z uporabo stiskalnice Reliant Rolomatic 2800 M-7C;
- materiale (tkanine) smo lepili s termoadhezivno medvlogo (Schaettifix poliamidno lepilo), z nanosom 25–30 g/m²;
- kot dejavnike (neodvisne spremenljivke) smo upoštevali temperaturo, čas, pritisk in odstotek volne v tkaninah;

- dejavnike kakovosti (trdnost lepljenja, dimenzijsko stabilnost in barvno razliko) smo smatrali kot odvisne spremenljivke procesa toplotnega lepljenja in smo jih določili po standardni metodologiji [4, 5, 6];
- sipanja smo izračunali s pomočjo naslednjih razmerij:

$$s^2 = [1/n(m - 1)] \left[\sum_1^n y_i^2 - (1/m) \left(\sum_1^n \sum_1^m y_{ij} \right)^2 \right],$$

$$s_0^2 = [1/m(n - 1)] \left[\sum_1^n \sum_1^m y_{ij}^2 - (1/n) \left(\sum_1^n y_i \right)^2 \right]$$

$$s_A^2 = (s^2 - s_0^2)/n, \text{ kjer je:}$$

s^2 = skupno sipanje med obdelavami za določen dejavnik, MST

s_0^2 = sipanje znotraj obdelav za določen dejavnik, MSE (T, t, p ...)

s_A^2 = povprečna razlika sipanj med obdelavami in znotraj njih, skupno sipanje

n = število meritev ($n = 5$)

m = število obdelav za določen dejavnik, T, t, p ... ($m = 3$)

y_{ij} = odvisna spremenljivka

Koeficient F (F-test) smo izračunali z naslednjo enačbo

$$F = s^2 / s_0^2$$

Izračunane vrednosti koeficienta F smo nato primerjali s teoretično vrednostjo F_t v odvisnosti od stopnje verjetnosti napake ($\alpha = 0,05$, $\alpha = 1 - \Phi(\lambda)$) oziroma statističnega zaupanja ($s = 95\%$) in števila prostih stopenj [$\nu = m - 1 = 2$, $\nu_2 = m(n - 1) = 12$], ki je $F_t = 3,88$ [1, 2, 3, 7, 8].

Preglednica 1: Trdnost lepljenja (N/m)

Število meritev	Temperatura (°C)			Čas (sekunde)			Pritisk (bar)			Odstotek volne (%)		
	155	165	175	14	16	18	2,5	3	3,5	50	60	70
1	440	570	480	480	570	480	450	550	530	310	420	360
2	420	500	530	470	500	530	420	570	520	510	520	440
3	430	550	570	460	550	570	430	500	600	610	480	410
4	450	420	500	450	520	500	570	480	460	550	500	370
5	480	480	510	480	480	510	420	520	450	580	450	300
Srednja vrednost \bar{x}	444	504	518	468	524	518	438	524	512	512	474	376
Sipanje med obdelavami za določen dejavnik, s^2	7.726,67			4.726,67			10.846,67			24.620,00		
Sipanje znotraj obdelav za določen dejavnik, s_0^2	1.743,33			890,00			1.823,33			6.176,67		
Povprečna razlika sipanj med obdelavami in znotraj njih, skupno sipanje, s_A^2	1.196,67			767,33			1.804,67			3.688,67		
Koeficient F	4,43			5,31			5,95			3,98		

Preglednica 2: Dimenzijska stabilnost (%)

Število meritev	Temperatura (°C)			Čas (sekunde)			Pritisk (bar)			Odstotek volne (%)		
	155	165	175	14	16	18	2,5	3	3,5	50	60	70
1	1,72	1,44	1,41	1,81	2,01	1,67	2,53	1,26	1,92	1,05	2,35	1,72
2	1,41	1,39	1,37	1,45	1,85	2,03	3,83	1,21	1,21	1,11	2,22	3,63
3	1,53	1,45	1,26	1,21	1,41	1,86	3,83	2,95	1,81	1,13	2,57	3,64
4	1,62	1,13	1,16	1,41	1,52	2,99	3,63	2,66	1,13	1,81	1,93	3,68
5	1,49	1,21	1,28	1,39	1,66	2,94	2,22	2,05	1,11	1,80	2,22	2,62
Srednja vrednost \bar{x}	1,55	1,32	1,30	1,45	1,70	2,30	3,21	2,03	1,44	1,38	2,26	3,06
Sipanje med obdelavami za določen dejavnik, s^2	0,1002			0,948			4,071			3,522		
Sipanje znotraj obdelav za določen dejavnik, s^2_0	0,015			0,165			0,4601			0,321		
Povprečna razlika sipanj med obdelavami in znotraj njih, skupno sipanje, s^2_A	0,017			0,1566			0,722			0,6401		
Koeficient F	6,67			5,75			8,84			10,95		

Preglednica 3: Sprememba barve (ΔE)

Število meritev	Temperatura (°C)			Čas (sekunde)			Pritisk (bar)			Odstotek volne (%)		
	155	165	175	14	16	18	2,5	3	3,5	50	60	70
1	1,58	1,27	6,77	1,71	3,76	1,98	2,07	1,41	3,82	1,20	3,68	4,01
2	1,71	4,98	6,76	1,68	3,02	4,92	1,93	5,56	5,47	3,58	2,24	5,35
3	1,57	4,44	4,10	1,70	3,23	6,00	1,71	3,80	3,92	1,78	3,27	4,95
4	1,68	3,84	4,01	1,65	3,62	4,23	1,27	3,90	5,16	2,02	2,35	1,13
5	1,27	2,50	1,28	1,57	1,12	2,53	1,20	2,88	1,42	1,65	1,98	1,11
Srednja vrednost \bar{x}	1,56	3,41	4,58	1,66	2,95	3,93	1,65	3,51	3,96	2,05	2,70	4,13
Sipanje med obdelavami za določen dejavnik, s^2	11,60			6,48			7,46			5,64		
Sipanje znotraj obdelav za določen dejavnik, s^2_0	2,52			1,31			1,66			1,44		
Povprečna razlika sipanj med obdelavami in znotraj njih, skupno sipanje, s^2_A	1,82			1,03			1,16			0,84		
Koeficient F	4,60			4,96			4,48			3,91		

V preglednicah 1, 2 in 3 so predstavljene eksperimentalne vrednosti, ki smo jih dobili za vsak dejavnik, pa tudi srednje vrednosti, sipanja in izračunani koeficienti F.

Iz primerjave vrednosti koeficientov s teoretičnimi F_t sledi, da je pogoj $F > F_t$ izpolnjen za vsako odvisno spremenljivko, kar pomeni, da so razlike sipanj med obdelavami za različne dejavnike statistično dokazane. Analizirani dejavniki imajo dokazano pomemben vpliv na srednje vrednosti odvisnih spremenljivk (parametri kakovosti lepljenega izdelka) in jih lahko smatramo kot parametre procesa.

3.0 RAZPRAVA

Preučevanje rezultatov analize sipanja nas privede do določenih ugotovitev glede vpliva dejavnikov na odvisne spremenljivke. Do teh ugotovitev pridemo s primerjanjem vrednosti analize sipanja (skupno sipanje, MSE in MST in koeficient F).

Na trdnost lepljenja (preglednica 1) najbolj vpliva pritisk ($F = 5,95$), sledi temperatura ($F = 4,43$) in nato odstotek volne ($F = 3,98$). Tak vrstni red smo dobili s primerjavo s teoretično vrednostjo ($F_t = 3,88$). Za vsak dejavnik imajo sipanja s_0^2 (MSE) različne vredno-

sti s sprejemljivim deležem od 17–25 % od skupnega sipanja, s_A^2 . Višji deleži (20–25 %) so zabeleženi v primeru temperature in odstotka volne, medtem ko so nižji deleži (17–19 %) zabeleženi v primeru časa in pritiska. Iz primerjave sipanj sledi, da je vpliv naključnih dejavnikov na analizirano odvisno spremenljivko majhen; opazili nismo nobenega medsebojnega vpliva. Vrednosti procesnih parametrov imajo precejšen vpliv na povprečne vrednosti trdnosti lepljenja.

Na **dimenzijsko stabilnost** (preglednica 2) najbolj vplivata odstotek volne ($F = 10,95$) in pritisk ($F = 8,84$), sledita temperatura ($F = 6,67$) in čas ($F = 5,75$). Sipanja s_0^2 (MSE) ima 9–17-odstotni delež v skupnem sipanju s_A^2 in je majhen v primerjavi z deležem v primeru trdnosti lepljenja. Naključni dejavniki imajo neznaten vpliv na odvisno spremenljivko, medtem ko analizirane dejavnike lahko smatramo kot parametre za analizirani proces. Vrednosti dejavnikov bodo imeli pomemben vpliv na povprečne vrednosti dimenzijske stabilnosti.

Na **spremembo barve** (preglednica 3) najbolj vplivata temperatura ($F = 4,60$) in pritisk ($F = 4,48$). Odstotek volne ima manjši vpliv ($F = 3,91$, skoraj kot $F_t = 3,88$). Tako lahko smatramo, da imajo parametri procesa toplotnega lepljenja precejšen vpliv na spremembo barve. Vpliv odstotka volne je precej manjši. Deleži sipanja s_0^2 (MSE) znašajo 20–26 % od skupnega sipanja s_A^2 . Opažanja so podobna kot v primeru trdnosti lepljenja. Torej je sprememba barve odvisna od procesnih parametrov in ne od dejavnikov, ki izražajo lastnosti tkanin.

Opažanja v zvezi z vplivom neodvisnih spremenljivk (dejavniki procesa) na odvisne spremenljivke (funkcije procesa) omogočajo razvrščanje teh razmerij na osnovi izračunane vrednosti koeficienta F. Razvrstitev je predstavljena v preglednici 4.

Preglednica 4: Razvrstitev razmerij dejavniki-funkcije

Št.	Vrednosti koeficienta F (razmerja med dejavniki in funkcijami procesa)	Procesni dejavniki	Procesne funkcije
1	10,95	odstotek volne	dimenzijska stabilnost
2	8,84	pritisk	dimenzijska stabilnost
3	6,67	temperatura	dimenzijska stabilnost
4	5,75	čas	dimenzijska stabilnost
5	5,31 – 5,95	pritisk, čas	trdnost lepljenja
6	4,48 – 4,96	temperatura, čas, pritisk	sprememba barve
7	4,43	temperatura	trdnost lepljenja
8	3,91 – 3,98	odstotek volne	sprememba barve, trdnost lepljenja

Iz preglednice 4 izhaja:

- da je dimenzijska stabilnost toplotno lepljenih sestavov glavni kazalec kakovosti (tako za lepljene izdelke kot za proces), na katerega vplivajo vsi dejavniki procesa,
- da je odstotek volne najpomembnejši vplivni dejavnik za dimenzijsko stabilnost toplotno lepljenih sestavov,
- da je trdnost lepljenja odvisna v glavnem od temperature, časa in pritiska,
- da kot sekundarne vplivne dejavnike lahko smatramo čas za dimenzijsko stabilnost in odstotek volne za spremembo barve in trdnost lepljenja.

4.0 SKLEPI

V zvezi z izbiro tehnoloških parametrov kot pomembnih dejavnikov za proces toplotnega lepljenja sklepamo na temelju analize sipanja naslednje:

1. analiza sipanja omogoča ocenjevanje kakovosti in pomena dejavnikov, ki vplivajo na preučevani proces,
2. uporaba preglednic kot način prikaza podatkov predstavlja jasen in sistematičen pregled rezultatov odnosa dejavniki-funkcije,
3. razvrstitev odnosa dejavniki-funkcije pokaže delež vsake funkcije v vrednotenju, kot tudi vpliv teh dejavnikov na vsako funkcijo,
4. dimenzijska stabilnost ima pomembno vlogo pri ocenjevanju kakovosti lepljenega sestava in procesa (trdnost lepljenja ni edini glavni kazalec kakovosti),
5. spremembe barve kot kazalca kakovosti ne smemo zanemariti, saj so v določenih primerih spremembe večje od $4 \Delta E$.

Viri

- [1] DINESCU, C. *Metode matematice pentru fundamentarea deciziilor in productie* : Editura Tehnica. Bukarešta, 1986.
- [2] GLUCK, A. *Metode matematice in industria chimica* : Editura Tehnica. Bukarešta, 1971.
- [3] KELLER, G., WARRACK, B in BARTHEL, H. *Statistics for management and economics : a systematic approach*. Belmont : Wadsworth Publishing Company, 1990.
- [4] MITU, S. in MITU, M. *Bazele tehnologiei confectiilor textile*. Iasi : Gh. Asachi, 1996.
- [5] PREDA, C. *Metode si aparate pentru controlul materialelor textile destinate confectionarii produselor de imbracaminte*. Iasi : BIT, 1996.
- [6] PUSCAS, E. *Teoria si masurarea culorii*. Iasi : Gh. Asachi, 1983.
- [7] TALOI, D. *Optimizarea proceselor tehnologice : Aplicatii in metalurgie*. Bukarešta, 1986.
- [8] VADUVA, I. *Analiza dispersionala* : Editura Tehnica. Bukarešta, 1970.

Prispelo/Received: 07-2000; sprejeto/accepted: 01-2001