

ZAPREDENOST VLAKANA - FAKTOR KVALITETA PRSTENASTIH I ROTORSKIH PREĐA

Dušan Trajković¹, Miodrag Stamenković¹, Jovan Stepanović¹, Dragan Radivojević²

¹Tehnološki fakultet, Leskovac, Srbija

²Visoka strukovna škola za tekstil, Leskovac, Srbija

Fizičko-mehaničke osobine pređe su kao i kod ostalih čvrstih materija funkcija njihove strukture. Pređe su sastavljene od vlakana različitih dužina i oblika, što za posledicu ima raspored vlakana u spiralama promenljivih radijusa, pri čemu povremeno formiraju zamke i čak štrče iz pređe. Zbog toga celokupna dužina vlakana ne doprinosi jačini pređe, već samo onaj deo koji je zapreden.

U radu je vršeno određivanje koeficijenta zapredanja K_F prstenastih i rotorskih pređa, prema "teoriji zapredanja vlakana u pređi". Merenja su pokazala da se unutrašnja struktura pamučnih prstenastih i rotorskih pređa, izražena ovim koeficijentom, menja sa sistemom predenja. K_F vrednost za prstenaste pređe pokazuje da je pretežni deo vlakana zapreden u pređi što se i odražava na bolje fizičko-mehaničke karakteristike. Kod rotorskih pređa ovaj koeficijent je nešto manji što ukazuje da je veći broj zamkastih vlakana i dosta vlakana koja učestvuju u jačini pređe sa manje od polovine njihove dužine.

Ključne reči: zapredanje vlakana, open-end rotorska pređa, prstenasta pređa, rotor.

1. UVOD

Fizičko-mehaničke osobine pređe su kao i kod ostalih čvrstih materija funkcija njihove strukture. Zato u stručnoj literaturi imamo čitav niz autora i radova koji opisuju strukturu pređa. U drugoj polovini šezdesetih godina se na tržištu pojavljuje, pored klasičnih pamučnih pređa (kardiranih i češljanih prstenastih pređa), OE-rotorska pređa [1]. Ta nova pređa se je po karakteristikama razlikovala od pređašnjih. Da bi se objasnila specifičnost osobina i njihovi uzroci intenzivirana su proučavanja unutrašnje raspodele vlakana u pređi [2].

Struktura pređe je funkcija mnogih faktora a najznačajniji su [3]:

- **Karakter vlakana** kao strukturne komponente (dužina, finoća, poprečni presek i voluminoznost) i mehaničke osobine (jačina, istegljivost, sposobnost savijanja, elastičnost itd.);

- **Raspodela vlakana** tj. broj i raspored vlakana u poprečnom preseku pređe (radijalna i kvadratna raspodela), pravilnost raspodele vlakana duž pređe (osna ili longitudinalna raspodela) i raspodela pojedinih dužina i oblika zapredenih vlakana unutar pređe, tj. osobine uzdužnog pomeranja (migracije);

- **Odnos između komponenata strukture** tj. između vlakana (trenje, niz površinskih osobina, broj dodirnih tačaka itd.), određen sistemom pređenja, stepenom upredenosti ili kasnijom hemijskom obradom.

U radovima mnogih autora [4-9] posvećena je posebna pažnja jednoj od navedenih karakteristika tj. raspodeli oblika strukturnih elemenata (vlakana) u pređi.

Najznačajniji za razvoj novih teorija o unutrašnjoj građi pređe, bio je rad *J. W. S. Hearle* sa svojim saradnicima [10] u kojem je predstavio opsežni izveštaj o migraciji vlakana u pređama. Za vrednovanje migracije uveo je tri parametra i to:

- Prosečni položaj vlakna tj. položaj između površine i ose jezgra pređe:

$$Y = \frac{1}{l_n} \cdot \int_0^{l_n} Y \cdot dl = \sum \frac{Y}{n} \quad /1/$$

gde je: n - broj merenja položaja za jednu dužinu pređe - l_n .

- Amplitudu migracije:

$$D = \left[\frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} (Y - \bar{Y})^2 dl \right]^{1/2} = \left[\sum \frac{(Y - \bar{Y})^2}{n} \right]^{1/2} \quad /2/$$

- Srednji intenzitet migracije:

$$J = \left[\frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \left(\frac{dY}{dL} \right)^2 dl \right]^{1/2} = \left[\sum \frac{\left(\frac{dY}{dL} \right)^2}{n} \right]^{1/2} \quad /3/$$

Po mišljenju *Hearla* migracija vlakana u pređama je rezultat interakcije dva mehanizma: jedan je zavisan od razlike u zategnutosti vlakana a drugi od upredenosti predpređe. Probe su pokazale da je od odlučujuće važnosti zategnutost vlakana kod upređanja.

Studija raspodele vlakana ima nečeg zajedničkog sa teorijom makromolekularnih supstanci. Kao što su makromolekularne supstance sastavljene od makromolekula promenljive dužine i oblika, takođe su i pređe sastavljene od vlakana različitih dužina i oblika. Vlakna su raspoređena u spiralama promenljivih radijusa, povremeno formiraju zamke i čak štrče iz pređe. Zbog toga celokupna dužina vlakana ne doprinosi jačini pređe već samo onaj deo koji je zapreden. To je razlog da je uveden **“koeficijent zapredenosti vlakana” K_F** [11, 12].

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. Metode ispitivanja

Za ispitivanje sirovina i eksperimentalnog materijala korišćene su sledeće metode i aparati:

1. Ispitivanje pamučnih vlakana je vršeno na modernoj SPINLAB HVI 900A-liniji za klasifikaciju i određivanje kvaliteta pamučnih vlakana, koja ispituje sledeće parametre:
 - Dužinu vlakana, optičkom metodom (fibrogram), koja daje podatke za srednju dužinu, srednju dužinu gornje polovine te dužine (UHML) i podatak za % učešća srednje aritmetičke dužine vlakana u partiji pamuka;
 - Jačinu, odnosno prekidnu silu i prekidno izduženje metodom kidanja snopa vlakana;
 - Finoću vlakana tj. Microner-vrednost protokom vazdušne struje kroz uzorak vlakana;
 - Sadržaj nečistoća i mikro prašine;
 - Boju vlakana, merenjem reflektovane svetlosti određuje se stepen žutosti, po zvaničnom USDA-standardu klasiranja pamuka.
2. Finoća pređe tj. njena podužna masa određivane su na *Uster-Autosorter 3* aparatu uz obradu podataka standardizovanu metodom ISO 2060.
3. Upredenost pređa određivana je standardnom naponskom metodom (ISO 2061).
4. Neravnomernost i maljavost pređe određivana je na kompjuterizovanom *Uster-Testeru 3* sa dodatnim senzorom za merenje maljavosti.
5. Mehaničke karakteristike pređa određivane su na automatskom *Uster-Tenso Jet* aparatu (DIN 53384 i ICS 59.080.20)

2.2. Rezultati ispitivanja i diskusija

Kao eksperimentalni materijal korišćene su prstenaste i OE-rotorske pređe. Svi uzorci su izrađeni od iste vrste sirovine (Ruski pamuk I klase 31/32), zbog toga da bi se izbegao uticaj sirovine na kvalitet ispitivanih pređa. Karakteristike korišćenog vlakna prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Pamučno vlakno korišćeno za izradu prstenastih i OE-rotorskih pređa

Pokazatelji kvaliteta ispitivanog vlakna	Statistički pokazatelji	
	\bar{X}	CV [%]
Finoća vlakana u mikronima	5.0	2.45
Podužna masa vlakana, T_{vl} . [dtex]	1.97	-
Dužina vlakna, l_{vl} . [mm]	29.09	3.08
Relativna prekidna sila, Fr_{vl} . [cN/tex]	21.8	3.14
Relativno prekidno izduženje, ϵ_P [%]	6.0	2.72

Nečistoća [%]	2.52	-
Sadržaj vlage [%]	7.1	-

Svi uzorci pređa su predeni sa istom upredenošću (778 m⁻¹) a rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika prstenastih i OE-rotorskih pređa, prikazani su u tabelama 2 i 3.

Tabela 2. Fizičko-mehaničke karakteristike prstenastih pređa

Karakteristike pređe		Oznaka pređe				
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
Podužna masa pređe, Tt [tex]		17	19	21	23	25
Prekidna sila	Fa [cN]	212.2	261.1	302.0	345.5	388.0
	CV [%]	8.95	9.34	10.15	11.00	10.28
Relativna prekidna sila	Fr [cN·tex ⁻¹]	12.48	13.74	14.38	15.02	15.52
	CV [%]	8.95	9.34	10.15	11.00	10.28
Relativno prekidno izduženje	ε _p [%]	5.13	5.27	5.56	5.65	5.98
	CV [%]	7.65	9.69	8.97	9.63	8.58
Rad sile kidanja	A [cN·cm]	360.2	394.5	436.3	451.6	493.8
	CV [%]	15.24	14.12	13.98	14.32	15.06
Neravnomernost "Uster", Um [%]		13.04	12.81	12.73	12.48	12.05
Tanka mesta (-50%), [km ⁻¹]		4	1	2	0	2
Debela mesta (+50%), [km ⁻¹]		45	37	39	33	36
Nope (+280%), [km ⁻¹]		115	102	96	107	112
Maljavost, H [-]		3.59	4.12	4.34	4.57	4.83

Tabela 3. Fizičko-mehaničke karakteristike OE-rotorskih pređa

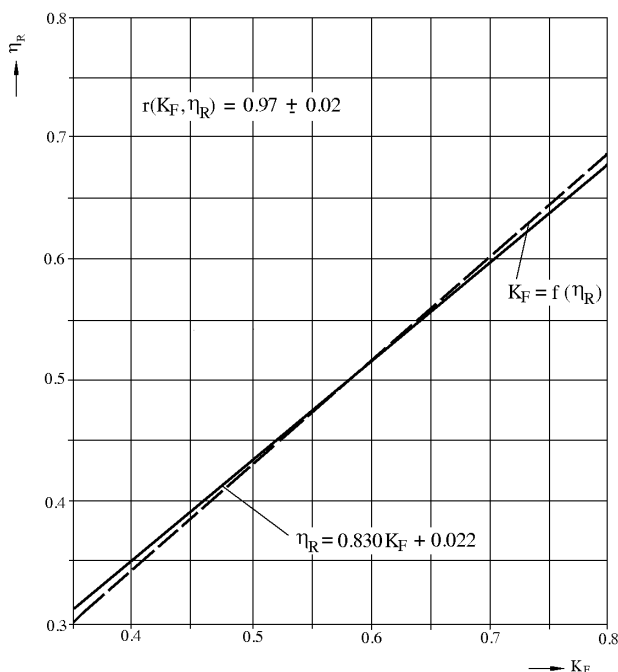
Karakteristike pređe		Oznaka pređe				
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
Podužna masa pređe, Tt [tex]		17	19	21	23	25
Prekidna sila	Fa [cN]	204.3	251.6	293.2	341.3	382.7
	CV [%]	9.86	8.94	7.76	9.87	9.65
Relativna prekidna sila	Fr [cN·tex ⁻¹]	12.02	13.24	13.96	14.84	15.31
	CV [%]	9.86	8.94	7.76	9.87	9.65
Relativno prekidno izduženje	ε _p [%]	4.96	5.08	5.34	5.41	5.79
	CV [%]	7.86	8.43	9.65	7.67	9.17
Rad sile kidanja	A [cN·cm]	349.8	385.6	417.4	440.8	475.7
	CV [%]	15.32	14.87	12.95	14.43	14.98
Neravnomernost "Uster", Um [%]		12.98	12.79	12.61	12.31	11.96
Tanka mesta (-50%), [km ⁻¹]		3	2	1	2	1
Debela mesta (+50%), [km ⁻¹]		42	35	35	31	34
Nope (+280%), [km ⁻¹]		111	100	84	103	107
Maljavost, H [-]		3.41	3.89	4.16	4.33	4.65

Poznata je činjenica da je jačina odnosno prekidna sila pređe manja od sume prekidnih sila vlakana u poprečnom preseku pređe, što se izražava “koeficijentom iskorišćenja jačine vlakana u pređi” (η):

$$\eta = \frac{Fr_{prel} e}{Fr_{vlakana}} ; \eta < 1 \quad /4/$$

Vrednost ovog koeficijenta je manja od jedinice (0.3 ÷ 0.9) i utoliko je veća što je bolja unutrašnja struktura pređe. Prema tome ovaj koeficijent može služiti tehnologu kao merilo za ocenu ispravnosti unutrašnje strukture pređe i samim tim ispravnosti tehnološkog postupka prerade vlakana [13, 14].

U svom radu N. Rohlena [11] je utvrdio zavisnost između unutrašnje strukture pređe i njenih mehaničkih osobina. Na slici 1 je prikazana korelacija između koeficijenta zapredanja vlakana u pređi i koeficijenta iskorišćenja jačine vlakana u pređi, koji je izabran kao reprezent mehaničkih karakteristika pređe. Koeficijent korelacije između ove dve vrednosti je 0.97 ± 0.02 i dokazuje da je jačina pređe u velikoj meri zavisna od unutrašnje strukture pređe.



Slika 1. Korelacija između K_F i η , za pređe od Ruskog pamuka I i II sorte

Na osnovu poznatog koeficijenta zapredanja vlakana u pređi može se, za pamučne pređe, izračunati koeficijent iskorišćenja jačine vlakana u pređi sledećom regresijskom jednačinom:

$$\eta = 0.83 \cdot K_F + 0.022 \quad /5/$$

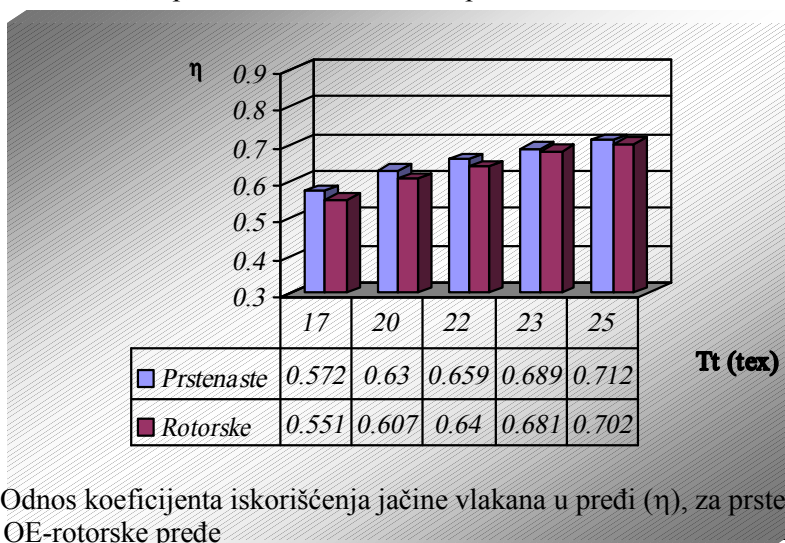
na osnovu koje se može izračunati jačina pređe:

$$Fr_{pr.} = Fr_{vl.} \cdot (0.83K_F + 0.022) \quad /6/$$

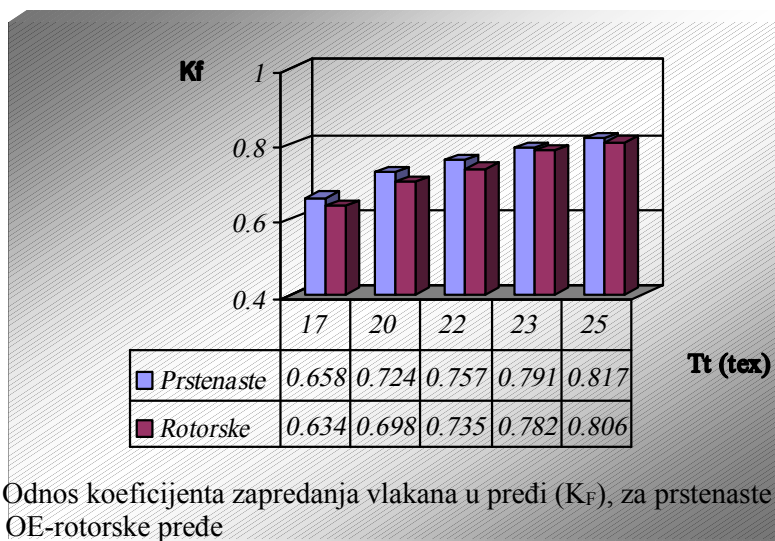
i obrnuto, kada se na osnovu poznatog koeficijenta iskorišćenja jačine vlakana u pređi može izračunati koeficijent zapredanja vlakana u pređi:

$$K_F = 1.138 \cdot \eta + 0.007. \quad /7/$$

Na slikama 2 i 3 prikazani su odnosi ova dva koeficijenta (η , K_F) koji su izračunavani po formulama 4 i 7, za prstenaste i OE-rotorske pređe.



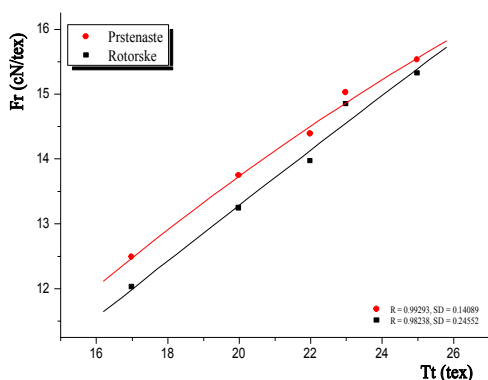
Slika 2. Odnos koeficijenta iskorišćenja jačine vlakana u pređi (η), za prstenaste i OE-rotorske pređe



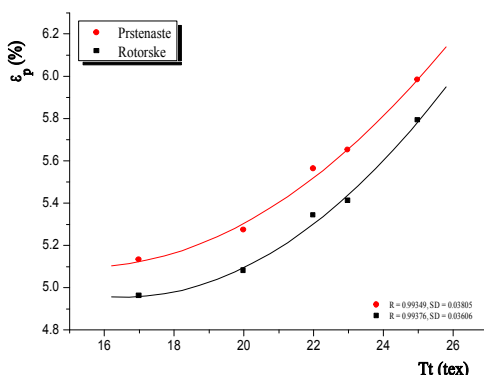
Slika 3. Odnos koeficijenta zapredanja vlakana u pređi (K_F), za prstenaste i OE-rotorske pređe

Kao što pokazuju histogrami i tabele na ovim slikama, oba koeficijenta (η , K_F) rastu sa povećanjem podužne mase pređa. Kada uporedimo dobijene vrednosti za prstenaste i OE-rotorske pređe, vidi se da su sve vrednosti za prstenaste pređe veće u odnosu na rotorske. Merenja su pokazala da se unutrašnja struktura pamučne pređe, izražena koeficijentom zapredanja K_F , menja sa sistemom pređenja. Raspodela K_F vrednosti za prstenaste pređe je takva da je pretežni deo vlakana zapreden u pređi, dok se kod rotorskih pojavljuje veći broj zamkastih vlakana i dosta vlakana koja učestvuju u jačini pređe sa manje od polovine njihove dužine.

S obzirom da se ova dva koeficijenta nalaze u međusobnoj korelaciji, sve ovo se odražava i na mehaničke karakteristike ispitivanih pređa. To se može videti sa grafika na slikama 4 i 5.



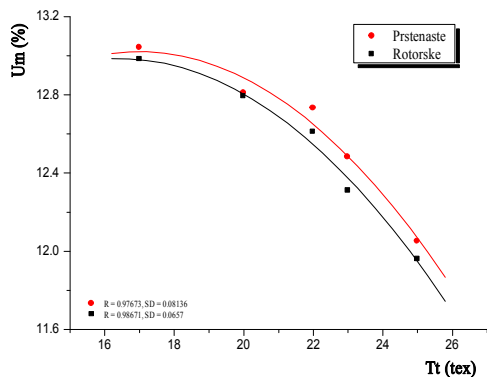
Slika 4. Zavisnost prekidne sile od podužne mase pređe i sistema pređenja



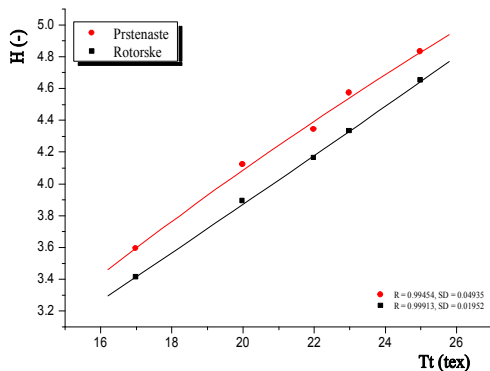
Slika 5. Zavisnost prekidnog izduženja od podužne mase pređe i sistema pređenja

Kako pokazuje raspored eksperimentalno dobijenih vrednosti, svi parametri koji definišu mehaničke karakteristike pređe zavise kako od podužne mase pređe, odnosno

broja vlakana u poprečnom preseku pređe, tako i od sistema predenja. Kod prstenastog predenja, dobijamo bolje pakovanje vlakana u pređi, što doprinosi boljem unutrašnjem zapređanju vlakana i većem iskorišćenju njegove ukupne dužine u jačini pređe.



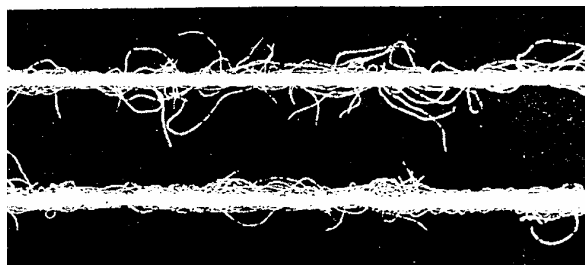
Slika 6. Zavisnost neravnomernosti od podužne mase pređe i sistema predenja



Slika 7. Zavisnost maljavosti od podužne mase pređe i sistema predenja

Merenje ravnomernosti i maljavosti prstenastih i OE-rotorskih pređa (slika 6 i 7), potvrdilo je poznatu činjenicu da su rotorske pređe sa dobrom ravnomernošću i izuzetno malom maljavošću. Novi rotori malih prečnika (28, 30 i 32 mm) a specifične konstrukcije, nova geometrija rotora sa visokim zidovima [15, 16], obezbeđuje veoma malu maljavost. Maljavost rotorskih pređa je za oko 50% manja od maljavosti prstenastih pređa [17].

Rotorska pređa se od prstenaste pređe ne razlikuje samo po strukturi već i po spoljašnjem izgledu (slika 8). Ona je voluminoznija i pod mikroskopom se uočavaju razlike u rasporedu vlakana na površini pređe. Kod rotorske pređe su oblici zapređenih vlakana dosta složeniji no što je slučaj kod prstenaste pređe. Za spoljni izgled rotorske pređe karakteristična su “divlja vlakna” u omotaču pređe, kojih je međutim kod novih poboljšanih elemenata predenja znatno manje.



Slika 8. Uzdužni izgled površine prstenaste (gore) i rotorske (dole) pređe

Površina rotorske pređe manje reflektuje svetlost (manji sjaj) jer je zbog vlakana u omotaču pređe sa različitim naklonskim uglom uvijanja veća raspršenost reflektovane svetlosti pa se dobija utisak da je matirana. Zato i obojenje rotorskih pređa izgleda

tamnije i kod manje upotrebe boje. Ovaj efekat se smanjuje kod rotora manjih prečnika jer se smanjuje i količina omotanih vlakana u omotaču pređe.

3. ZAKLJUČAK

- Korišćenje naprednih tehničko-tehnoloških rešenja dovelo je do toga da se OE-rotorsko pređenje afirmiše kao jedan od važnijih postupaka proizvodnje pređe od kratkovlaknastih sirovina, pamučnog tipa, što je rezultiralo većem učešću OE-rotorskih pređa u svetskoj produkciji pređa pamučnog tipa. Pored stalnog povećanja kapaciteta za proizvodnju rotorskih pređa, pronalaze se i nova područja primene ove vrste pređa. Tako se one već uveliko koriste i za proizvode za koje su do skora korišćene isključivo prstenaste pređe. Nekada su se proizvodile isključivo grube rotorske pređe finoće do 30 tex, koje su se odlikovale slabim fizičko-mehaničkim karakteristikama. Takve pređe su se mogle koristiti samo za proizvodnju tkanina za radna odela i odevne predmete za rekreaciju.
- Rotorske pređe, zbog specifične strukture i zbog prisustva neuređenih vlakana u omotaču pređe, imaju za 20 - 30% manju jačinu od prstenastih pređa. Iskorišćenje jačine supstance vlakana u rotorskim pređama je manje nego što je to u prstenastim pređama. Zbog svega toga je jačina tkanina iz rotorskih pređa za 8 - 15% manja od jačine tkanina iz prstenastih pređa.
- Povećanje jačine rotorskih pređa je moguće ako se upotrebe jača vlakna, ili ako se koriste finija vlakna (pa se dobija veći broj vlakana u poprečnom preseku pređa). Korišćenjem dužih vlakana ne dobija se jača pređa, što bi inače bio slučaj kod prstenastih pređa, jer je donja granica za odnos prečnika rotora i dužine vlakana: $d_r/l_{vl} > 0.75$.
- Raspodela K_F vrednosti za prstenaste pređe je takva da pokazuje da je pretežni deo vlakana zapreden u unutrašnjoj strukturi pređe što se i odražava na bolje mehaničke karakteristike. Kod rotorskih pređa ovaj koeficijent je nešto manji što ukazuje da je veći broj zamkastih vlakana i dosta vlakana koja učestvuju u jačini pređe sa manje od polovine njihove dužine.
- Unutrašnja struktura pređe zavisi od primenjenog postupka pređenja i ona uslovljava specifične osobine pređe. To je posebno izraženo kod rotorske pređe. Ona ima dobar deo karakteristika boljih od prstenaste pređe ali i nešto manju jačinu a specifičnu krutost. Zamršena vlakna u omotaču se razlikuju od spiralno uređenih vlakana u omotaču prstenaste pređe.

LITERATURA:

- [1] Miresghhi S. S, Eskandarnejad S., Ehzadan H., Bameni Moghadam M.; “*Effect of a change in a fibre path from one end of the transport channel to the rotor wall on rotor-spun yarn properties*”; *Vlákna a textil* 12 (4) 156-161, Bratislava 2005.
- [2] Erdem Koç, Carl Anthony Lawrence, Cherian Iype; “*Wrapper Fibres in Open-End Rotor-Spun Yarns: Yarn Properties and Wrapper Fibres*”; *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, April/June 2005, Vol. 13, No. 2 (50) Łódź.
- [3] W. Klein; “*The Technology of Short-staple Spinning*”; The Textile Institute, Manual of Textile Technology, Manchester 1989.
- [4] N. M. Belicin; “*Cotton Yarn strukture and metods of its formation*”; MTI tesis, Moskva 1949.
- [5] W.E. Morton, R. J. Summers; “*Journal of the Textile Institute*”; Vol. 40 1949., 106.
- [6] W.E. Morton; *Proc. Annales Sci. Text. Belges*, 1-3 1956., 20.
- [7] J. Kašparek; A lecture at MTI in Moscov okt. 1963.
- [8] G. Riding; A lecture at the textile conference in Barcelona, 1963.
- [9] Grishanov, S. A., Harwood, R. J., and Bradshaw, M. S., “*A model of fibre migration in staple-fibre yarn*”; *J. Text. Inst.*, 90(3), 298-320, 1990.
- [10] J. W. S. Hearle, Gupta, Merchant, Bose, Goswani; *Textile Research Journal*”; 1965., 329, 693, 788, 885, 972.
- [11] N. Rohlena et all.; “*Open-end Spinning*”; Elsevier, Sci. Pub. Co. Amsterdam, Oxford New York 1975.
- [12] Carl A. Lawrence, Ph.D., “*Fundamentals of SPUN YARN TECHNOLOGY*”, CRC press Florida USA 2003., 330-333.
- [13] M. Stamenković, D. Trajković; “*Praktikum iz Tehnologije pređenja*”; Tehnološki fakultet, Leskovac 1999.
- [14] S. Milosavljević, “*Predenje*”; Tehnološko-metalruški fakultet, Beograd 1990. 22-26.
- [15] P. Artzt, H. Mueller, W. Joas, M. Wittman; “*Einfluss von Faserlaenge und Faserfeinheit von PES- und Modalfasern auf die Garneigenschaften bei Rotordurchmesser 32 mm*”; *Melliand Textilberichte* 3/1992, 215-219.
- [16] Dušan Trajković, Miodrag Stamenković, Vojislav Gligorijević, Jovan Stepanović; “*Granice ispredivosti rotorskih pređa od mešavine konvencionalnih sa mikro vlaknima*”; *Tekstilna industrija broj 5-7*, Beograd 2001., 11-15.
- [17] M. Stamenković, V. Gligorijević, J. Stepanović; “*Pomeranje granice ispredivosti pamučnih vlakana kod rotorskog pređenja - češljanjem vlakana*”; Savetovanje hemičara i tehnologa Republike Srpske, Banja Luka, 20-21. 11. 1996. Zbornik izvoda radova, 165-166.

Summary

FIBERS SPINNING-IN – A FACTOR OF QUALITY OF RING AND ROTOR SPUN YARNS

Scientific paper

Dušan Trajković¹, Miodrag Stamenković¹, Jovan Stepanović¹, Dragan Radivojević²

¹Faculty of Technology, Leskovac, Serbia

²Textile College of Applied Studies, Leskovac, Serbia

Physical-mechanical properties of yarns, similar to those of other solid matters, are a function of their structure. The yarns are composed of fibers of different lengths and shapes, resulting in yarn spirals with varying radii, forming kinks at intervals, and even projecting from the yarn surface. Therefore, it is not the overall length of the fiber that contributes to the yarn strength, but only the spun-in part thereof.

In this work, the spinning-in coefficient, K_F , was determined for ring and rotor spun yarns, in accordance with the “theory of spun-in fibers in yarns”. The measurements have shown that the inner structure of cotton ring and rotor spun yarns, presented by the value of the coefficient, varies with the spinning system used. K_F values for ring spun yarns show that most of the fibers have been incorporated into the yarn, giving better physical-mechanical characteristics. In rotor spun yarns, this coefficient is slightly lower, indicating a greater number of looped fibers and fibers incorporated into the yarn with less than half their lengths.

Key words: spinning-in of fibers, open-end rotor-spun yarn, ring-spun yarn, rotor