

OPTIMIZACION DE HILOS PARALELOS DE LANA Y DE ACRILICA/POLIAMIDA

M. F. Nunes*, A. M. Manich**, M. D. de Castellar*** y A. Barella****

0.1. Resumen

En el presente estudio se consideran las propiedades físico-mecánicas de los hilos paralelos con alma de lana y de acrílica-poliámida (90/10) recubiertos con mono o polifilamento de poliámida y se relacionan las mencionadas propiedades con los parámetros del hilo tales como la masa lineal, la torsión del filamento, la proporción del mismo y su masa lineal. El diseño experimental utilizado permite repasar y reconocer los factores estadísticamente significativos y el establecimiento, por regresión múltiple, de las ecuaciones que ligan las propiedades estudiadas con los parámetros de estructura del hilo, con lo cual pueden escogerse las condiciones experimentales que conducen a la optimización de las propiedades elásticas, el índice de vellosidad, la irregularidad y el coeficiente de rozamiento en sus modalidades hilo/hilo e hilo/cerámica.

Palabras clave: Hilos, lana, acrílica/poliámida, hilatura, tenacidad, alargamiento a la rotura, módulo inicial, coeficiente de fricción.

0.2. Summary. OPTIMIZATION OF PARALLEL YARNS OF WOOL AND ACRYLIC/POLYAMIDE

In this study physico-mechanical properties of wool and acryl-polyamide (90/10) wrap spun yarns are considered. Core fibres were wrapped by four types of polyamide mono and polyfilament and related to yarn parameters such as, linear density, twist yarn, ratio and linear density yarn. The experimental design applied allows to revise the statistically significant factors as well as the establishment, by means of multiple regression, of equations relating the properties studied to the

parameters of the yarn structure. This, in turn, will permit to select the optimum experimental conditions leading to the optimization of the elastic properties, hairiness index, unevenness, and the friction coefficient in the aspects of yarn/yarn and yarn/ceramic.

Key words: Yarns, wool, acrylic/polyamide, spinning, yarn tenacity, breaking, elongation, specific initial modulus, friction coefficient.

0.3. Résumé. OPTIMISATION DES FILS BICOMPOSES DE LAINE ET ACRYLIQUE-POLYAMIDE

Cette étude présente les propriétés physico-mécaniques de fils bicomposés à âme de laine et d'acrylique-polyamide (90/10%) guipés de monofilament ou multifilament de polyamide. Ces propriétés sont mises en relation avec les caractéristiques du fil telles que sa masse linéique ainsi que la torsion, proportion et masse linéique du filament. Le système conçu pour l'expérience permet de passer en revue et d'identifier les facteurs statistiquement significatifs et d'en déduire, par régression multiple, les rapports entre les propriétés étudiées et les caractéristiques structurelles du fil, ce qui permet de choisir les conditions expérimentales qui conduiront à l'optimisation des propriétés élastiques, du taux de formation de duvet, de l'irrégularité et du coefficient de frottement dans ses modalités fil/fil et fil/céramique.

Mots clé: Fils, laine, acrylique/polyamide, filature, tenacité du fil, élongation de rupture, modele initial spécifique, coefficient de frottement.

1. INTRODUCCION

Los hilos paralelos o recubiertos constan de un alma de fibras paralelas sin torsión¹⁾ con los que presentan un alma muy compacta. Este tipo de hilos se fabrican a través de la técnica del "huso hueco" que se desarrolló para resolver problemas en otros campos distintos del textil como, por ejemplo, el recubrimiento de conductores eléctricos con material aislante²⁾. Si las fibras se recubren con un filamento continuo se obtendrá un hilo con tenacidad elevada puesto que, al ser traccionado las fibras paralelas se comprimirán entre sí. También el filamento contribuye de alguna manera a las propiedades de tracción. De acuerdo con ello, para obtener una determinada tenacidad el número de fibras por

* Dr. M.F. Nunes. Profesor de Universidad. Universidade da Beira Interior, Covilhá, Portugal.

** Dr. A.M. Manich, Colaborador de Investigación en el Departamento de Ecotecnologías, Centro de Investigación y Desarrollo, CSIC, Barcelona.

*** Dra. M.D. Castellar, Colaboradora de Investigación en el Centro de Investigación y Desarrollo, CSIC, Barcelona.

**** Dr. A. Barella. Real Academia de Ciencias y Artes, Barcelona

sección recta que se precisan será inferior. Este hilo puede clasificarse dentro de las estructuras bicomponente^{2,3)}. En un estudio previo se analizaron hilos de fibras cortas en el alma⁴⁾ y se decidió la conveniencia de efectuar un estudio similar con fibras largas en el alma. Las fibras más usadas en este tipo de hilos son las de lana, acrílica y mezclas.

Los hilos recubiertos de lana se emplean principalmente en tapicería^{5,7,8)} y los de acrílica y mezclas en tejidos de punto de alta calidad^{6, 15)}. Debido a la ausencia de torsión en el alma, estos tejidos de punto no presentan el problema de espiralidad¹⁴⁾. No obstante, la obtención de hilos de fantasía es la principal aplicación de esta tecnología^{8,9,10,11)}. Se han efectuado comparaciones con hilos convencionales de anillos y de rotor en términos de tacto, rigidez y compacidad. Empleando hilos recubiertos se consiguen tejidos con un factor de cobertura mayor que los que se alcanzan con otros tipos de hilo y condiciones similares de fabricación¹⁶⁾. Los tejidos que se obtienen mayores niveles de absorción de agua y humedad que las que se obtienen en anillos y rotor. Las propiedades mecánicas también son mejores. Presentan muy baja vellosidad y menor número de fibras por sección. Sin embargo sus propias características no siempre lo hacen aceptable y ocasionan dificultades para su aplicación. En el caso de las prendas "Woolmark" los filamentos de recubrimiento deben ser solubles^{12,13)}.

En un reciente trabajo se han estudiado los límites tecnológicos de hilatura en términos de masa lineal y torsión de recubrimientos para hilos de lana de fibra larga, acrílica y mezcla lana/acrílica²⁰⁾. También se ha estudiado la influencia del tipo de filamento de recubrimiento en relación con las

propiedades y características de los hilos. En este trabajo se estudian las propiedades físico-mecánicas de hilos de lana y acrílica/poliamida 90/10 empleando cuatro tipos de filamento de recubrimiento. Se ha utilizado un diseño experimental de Box y Hunter y se han efectuado réplicas adicionales en el centro para valorar la influencia del tipo de filamento de recubrimiento en las propiedades de los hilos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

La experimentación se realizó sobre dos tipos de hilo de alma: uno de lana peinada 100% y otro de 90% poliacrílica y 10% poliamida. La preparación se efectuó a base de dos pasos de "gill intersecting" seguidos de un tercer paso en autoregulator. La alimentación a la máquina "Parafil 2000" se llevó a cabo con una cinta de 4.9 g/m. Para el hilo de recubrimiento fueron utilizados cuatro variantes, todas ellas formadas por filamento de poliamida, respectivamente con 12/01 dtex, 22/01 dtex, 44/15 dtex y 78/17 dtex. La materia prima utilizada para los hilos del primer grupo fue una lana peinada de 24.4 micras de finura determinada en el "Air Flow" y una longitud media de 73.7 mm (CV% = 53.3%) determinada en el "Almeter". Para los hilos del segundo grupo se utilizó una mezcla de 90/10 de fibra acrílica de 2.33 dtex y poliamida de 2.29 dtex (finura gravimétrica). La longitud media de la mezcla fue de 81.07 mm "Almeter" (CV% = 55.4). Se dan mayores detalles en la referencia¹⁷⁾. Las principales propiedades mecánicas de las fibras del hilo de alma determinadas mediante un dinamómetro WIRA figuran en la Tabla 1.

TABLA 1
Parámetros principales de las fibras utilizadas

Tipo Fibra	Finura media	Long. media [mm]	CV Long. [%]	Tenacidad [cN/tex]	Alargam. rotura [%]	Módulo Inicial [cN/tex]	Trabajo Rotura [cN/tex]
Lana	24.4 µm	73.7	53.3	12.4	118.2	23.97	7.77
Acrílica	2.33 dtex	81.07	55.4	25.3	78.1	39.06	10.80
Poliamida	2.29 dtex	mezcla	mezcla	38.9	91.9	19.46	18.08

La experimentación se planificó según un esquema de Box y Hunter para dos variables X_1 = masa lineal del hilo de alma y X_2 = coeficiente de torsión del filamento de recubrimiento.

Se estudió una tercera variable añadiendo una réplica en el centro (como es sabido en el esquema de Box y Hunter de dos variables tenemos cuatro puntos para el factorial, cuatro para la "estrella" y cinco réplicas en el centro con un total de 13 experimentos). De esta manera, con seis réplicas en el centro se pudo introducir una tercera variable X_3 relativa al tipo de filamento. Así en las combinaciones experimentales 9 y 10 se estudió el monofilamento 22/01 dtex, en las 11 y 12 el polifilamento 44/13 dtex y en la 13 y 14 el polifilamento 78/17 dtex. La Tabla 2 contiene los valores nominales para los distintos niveles de las variables X_1 y X_2 .

La ejecución práctica de los experimentos obligó, por razones técnicas, a modificar ligeramente algunos de estos valores. La velocidad de los husos se mantuvo (salvo dos o tres excepciones) en 30.500

rpm. La combinación experimental 5 (niveles -1.41 para X_1 y 0 para X_2) no fue posible hilarla con el alma de lana debido a la gran cantidad de roturas observadas.

Para mayores detalles se puede consultar la referencia¹⁷.

Una vez obtenidos los hilos fueron determinados los siguientes parámetros: masa lineal y torsión efectivas; tenacidad; alargamiento a la rotura; módulo inicial; trabajo de rotura; vellosidad (Uster); irregularidad (Uster); coeficiente de fricción hilo/cerámica e hilo/hilo (Rothschild); la composición química del hilo de alma y la proporción de filamento.

Las características elásticas fueron ensayadas en el "Statimat M", la regularidad y la vellosidad en el aparato "Uster Tester 3" y el rozamiento mediante el frictómetro "Rothschild". El detalle del método operatorio puede ser consultado en la referencia¹⁷ antes citada. Los ensayos se realizaron con los hilos debidamente acondicionados en humedad y temperatura.

TABLA 2
Niveles de las variables X_1 y X_2 en el diseño de Box y Hunter

Variables	Niveles codificados				
	-1.414	-1	0	+1	+1.414
X_1 = Masa lineal del hilo [tex]	20	32	60	88	100
X_2 = Coef. Torsión α [tex ^{1/2} -cm ⁻¹]	22	24	28.5	33	35

TABLA 3
Resultados obtenidos en hilos con alma de lana 100%

N_i [dtex]	T [cN/tex]	E [%]	M [cN/tex]	W [cN/tex]	U [%]	H Índice	Y coef.	C coef.	N [tex]	α [tex ^{1/2} cm ⁻¹]	P_f [%]
22/01	8.48	12.90	118.58	0.8072	20.59	8.30	0.344	0.372	30.47	24.26	6.77
44/13	7.27	9.93	116.08	0.530	13.55	11.69	0.340	0.438	80.19	24.47	5.56
22/01	10.04	15.98	135.14	1.207	21.31	6.79	0.261	0.317	29.33	32.92	7.10
44/13	10.79	23.53	143.60	2.013	14.33	6.35	0.437	0.539	81.23	53.76	6.13
12/01	(excesivo número de roturas)										
78/17	10.09	16.48	139.88	1.292	13.25	10.37	0.448	0.469	95.69	29.55	8.63
44/13	8.38	11.63	126.39	0.722	15.36	9.86	0.504	0.554	55.59	22.80	7.66
44/13	9.87	19.89	136.08	1.552	15.46	7.61	0.430	0.507	57.41	35.10	8.06
22/01	7.87	12.03	121.27	0.721	15.48	9.52	0.387	0.474	54.35	27.59	3.71
22/01	7.93	12.44	121.75	0.760	15.76	9.31	0.382	0.498	53.36	27.77	4.03
44/13	9.08	14.99	130.81	1.051	14.76	8.69	0.402	0.490	58.58	29.73	7.82
44/13	8.93	14.94	127.04	1.033	15.73	8.73	0.395	0.504	58.38	28.64	7.82
78/17	12.27	21.72	146.68	2.051	15.22	8.12	0.345	0.536	60.61	29.25	13.31
78/17	12.00	21.48	143.86	1.977	14.82	8.23	0.422	0.526	61.73	30.04	13.31

TABLA 4
Resultados obtenidos en hilos con alma de acrílica/poliamida 90/10

N_f [dtex]	T [cN/tex]	E [%]	M [cN/tex]	W [cN/tex]	U [%]	H Index	Y coef.	C coef.	N [tex]	α [tex ^{1/2} -cm ⁻¹]	Pf [%]
22/01	17.51	9.91	225.60	1.096	13.49	8.58	0.525	0.636	32.06	24.86	6.9
44/13	16.64	10.52	214.65	1.115	8.69	12.06	0.551	0.571	83.13	24.96	5.4
22/01	18.54	10.26	230.95	1.180	12.32	7.36	0.578	0.545	31.96	33.86	6.8
44/13	20.77	13.50	211.57	1.602	8.07	6.39	0.490	0.554	91.58	57.70	5.4
12/01	16.43	9.05	226.57	0.967	15.30	7.18	0.512	0.597	26.75	28.68	5.0
78/17	20.73	11.83	236.15	1.478	8.66	10.48	0.487	0.569	104.49	31.98	8.0
44/13	17.16	10.37	217.55	1.114	9.51	10.51	0.501	0.509	61.69	23.94	7.3
44/13	19.88	12.08	218.03	1.425	9.29	8.57	0.450	0.592	63.21	37.84	7.7
22/01	16.70	10.30	212.71	1.088	11.40	10.54	0.458	0.572	58.14	29.41	3.7
22/01	17.54	10.26	225.35	1.146	12.82	10.19	0.537	0.543	55.07	27.92	4.0
44/13	19.26	11.08	229.62	1.318	10.55	8.68	0.459	0.590	61.50	31.12	7.6
44/13	18.59	10.80	227.40	1.249	9.45	8.91	0.469	0.555	63.09	30.72	7.4
78/17	20.58	11.45	230.64	1.413	9.23	8.40	0.476	0.548	66.01	31.85	13.1
78/17	20.54	11.75	224.58	1.439	10.15	8.58	0.512	0.567	65.83	31.60	12.5

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Figuran en las Tablas 3 y 4 respectivamente para los hilos con alma de lana y con alma de acrílica/poliamida. La observación de las tablas permite poner de manifiesto que los hilos con alma de lana presenta, en líneas generales, una menor tenacidad, un mayor alargamiento a la rotura, una mayor irregularidad y un menor coeficiente de rozamiento que los hilos con alma acrílica/poliamida. Menos diferencias se observan en lo que concierne el índice de vellosidad.

El estudio estadístico del grado de significación de las diferencias observadas para los distintos parámetros se ha realizado mediante el Análisis de la Varianza (ANOVA) para cada uno de los parámetros, contrastando los efectos principales materia del alma con 1 grado de libertad y título de los filamentos con 3 grados de libertad y con la variancia residual. En total se realizaron 8 análisis de la variancia que no podemos reproducir aquí en detalle. En la Tabla 5 se presentan los niveles de significación.

TABLA 5
Niveles de significación de los ANOVA realizados

Parámetros Hilos Recubiertos	Origen de la variación	
	Composición del alma	Filament envolvente
Tenacidad	1%	n.s.
Alargamiento rotura	1%	1%
Módulo inicial	1%	n.s.
Trabajo rotura	n.s.	5%
Vellosidad	n.s.	n.s.
Irregularidad	1 %	1 %
Fricción hilo/hilo	1 %	n.s.
Fric. hilo/cerámica	1 %	n.s.

De esta tabla se desprende que la materia que compone el hilo de alma es altamente significativa para la tenacidad, el alargamiento a la rotura, el módulo inicial, el coeficiente de rozamiento en sus dos modalidades y la irregularidad del hilo. Por su parte el tipo de filamento influye significativamente, al nivel del 1% en el alargamiento a la rotura y la irregularidad y al nivel del 5% en el trabajo de rotura. El índice de vellosidad no se halla afectado significativamente por ninguno de los dos factores. Estos resultados confirman y amplían los obtenidos en un estudio preliminar²⁰⁾.

3.1. Modelos matemáticos que relacionan la estructura y las propiedades de los hilos

En el caso que nos ocupa y dada la índole del plan experimental se pueden estimar los efectos lineales y cuadráticos para las variables X_1 y X_2 pero como, además, se efectuaron réplicas a tres niveles de proporción diferentes de filamento en los seis puntos centrales (combinaciones 9 a 14) se pueden estimar también los efectos lineales y cuadráticos de la proporción de filamento sobre las características y propiedades de los hilos. Para la modelización se utilizaron: las técnicas de regresión múltiple (modalidad "Stepwise") y fueron utilizadas las siguientes variables independientes:

N = Masa lineal del hilo [tex],
 α = Coeficiente de torsión del filamento [$\sqrt{\text{tex/cm}}$],
 N_f = Masa lineal del filamento [tex],
 P_f = Proporción de filamento en el hilo.

Las variables dependientes fueron:

T = Tenacidad del hilo [cN/tex],
 E = Alargamiento a la rotura [%],
 M = Módulo inicial específico [cN/tex],
 W = Trabajo específico de rotura [cN/tex],
 Y = Coeficiente de fricción (hilo/hilo),
 C = Coeficiente fricción (hilo/cerámica), y
 U = Irregularidad del hilo [CV %].

En la Tabla 6 figuran las ecuaciones óptimas de predicción así como su nivel de fiabilidad estadística representado por el coeficiente de determinación R^2 y la F de Snedecor-Fisher. Para los hilos con alma de acrílica/poliamida y el módulo inicial ninguna de las variables se reveló suficientemente significativa para ser admitida en el modelo y lo mismo ocurrió con el coeficiente de rozamiento. Por dicho motivo no figuran en la tabla las ecuaciones correspondientes. Veamos ahora con mas detalle los resultados de la modelización para los dos grupos de hilos. En las figuras 1 a 8 se representan algunas superficies de respuesta.

TABLA 6
Ecuaciones de predicción para los parámetros de los hilos

Parámetro del hilo	Ecuación de regresión	R^2	F
Alma PAC/PA			
Hilos de acrílica-poliamida			
Tenacidad	$T=6.34+0.46N_f \blacksquare +0.48 \alpha \blacksquare -0.005 \alpha^2 \bullet$	0.913	35.21 \blacksquare
Alargam. rotura	$E=8.29+0.001N_f \blacksquare +12.281P_f \blacksquare$	0.922	65.29 \blacksquare
Trabajo rotura	$W=0.76+0.0001N_f \blacksquare +3.24P_f \blacksquare$	0.909	54.91 \blacksquare
Módulo inicial	--	--	--
Irregularidad	$U=19.43-0.212N_f \blacksquare +0.001N_f^2 \blacksquare$	0.836	28.02 \blacksquare
Índice vellosidad	$H=9.87+0.13 \blacksquare -0.0005N_f^2 \bullet -0.18\alpha \blacksquare -0.34 N_f \blacksquare$	0.951	43.52 \blacksquare
Fricción hilo	--	--	--
Fricción cerámica	--	--	--
Alma WO			
Hilos de lana			
Tenacidad	$T=3.02+45.70 P_f \blacksquare +0.10\alpha \blacksquare$	0.934	71.14 \blacksquare
Alargam. rotura	$E=-9.72+523.1 P_f^2 \blacksquare +0.949 \alpha \blacksquare -0.007 \alpha^2 \circ$	0.974	114.3 \blacksquare
Trabajo rotura	$W=-0.724+0.047 \alpha \blacksquare +76.697P_f^2 \blacksquare$	0.979	233.6 \blacksquare
Módulo inicial	$M=86.85+264.88P_f \blacksquare +0.792 \alpha \blacksquare$	0.887	39.13 \blacksquare
Irregularidad	$U=30.46-0.402N_f \blacksquare +0.002 N_f^2 \blacksquare +0.0005 \alpha^2 \bullet$	0.988	257.5 \blacksquare
Índice vellosidad	$H=10.63-0.10N_f \blacksquare -0.18\alpha +108.6P_f^2 \bullet -0.62N_f \blacksquare$	0.991	230.5 \blacksquare
Fricción hilo	$Y=0.2912+0.0017N_f \circ$	0.259	3.842 \circ
Fricción cerámica	$C=-0.0163+0.0155N_f \blacksquare -0.0001N_f^2 \blacksquare$	0.785	18.30 \blacksquare

Notas: \blacksquare 1%, \bullet 5%, \circ 10% niveles significación n.s. efecto no negativo

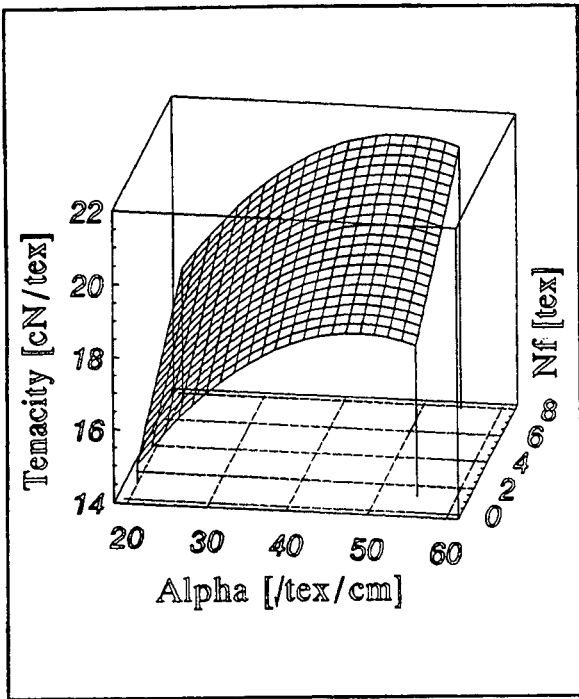


FIGURA 1: Tenacidad hilos acrílica/poliamida vs Masa lineal filamento recubrimiento Nf y Coeficiente Torsión α .

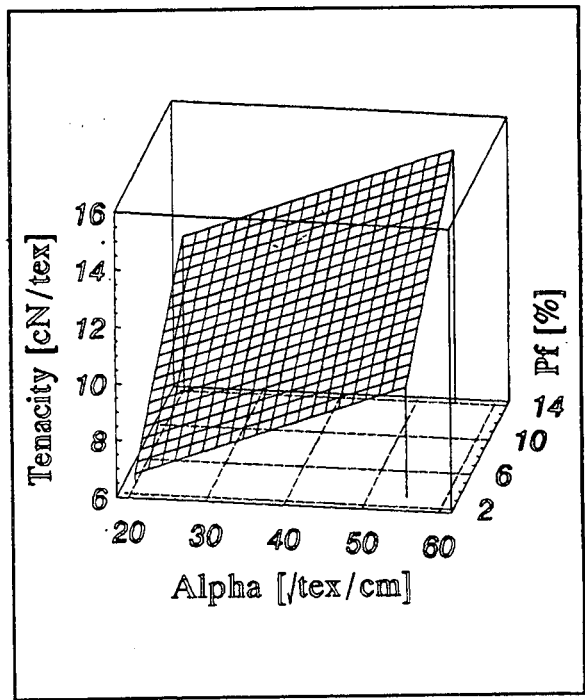


FIGURA 2: Tenacidad hilos lana 100% vs proporción filamento Pf y coeficiente torsión α .

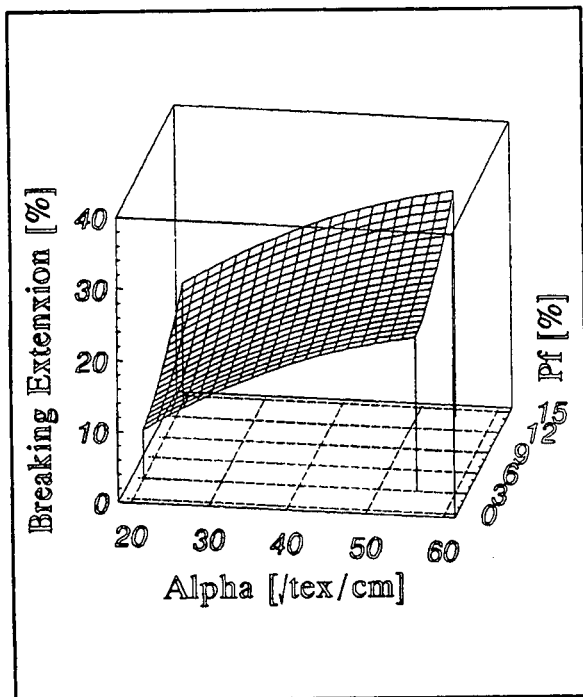


FIGURA 3: Alargamiento rotura hilos lana vs proporción filamento Pf y coeficiente torsión α .

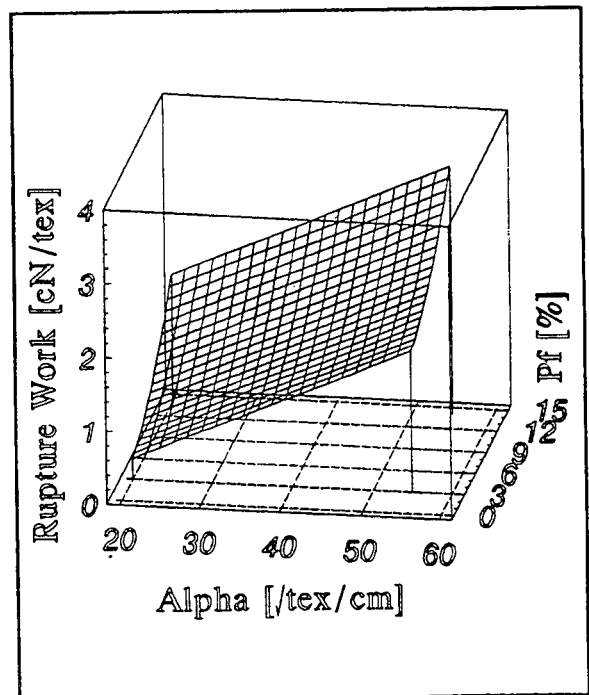


FIGURA 4: Trabajo específico rotura hilos lana vs proporción filamento Pf y coeficiente torsión α .

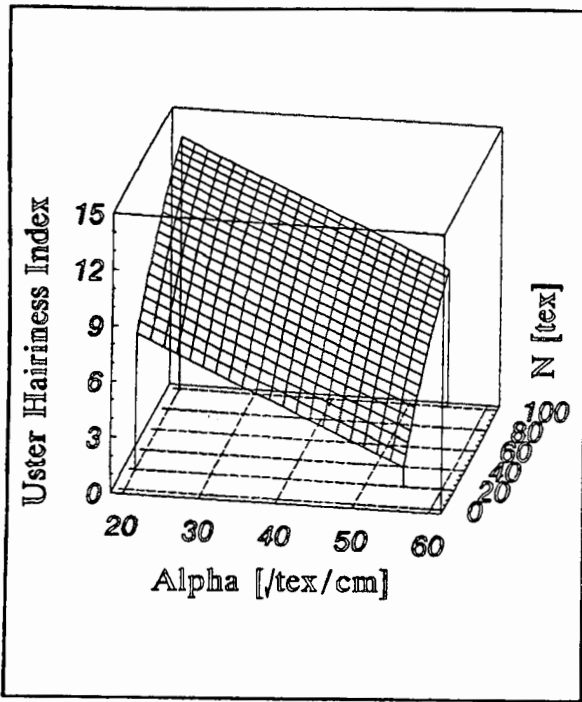


FIGURA 5: Vellosidad hilos acrílica/poliamida vs masa lineal del hilo N y coeficiente de torsión de filamento α .

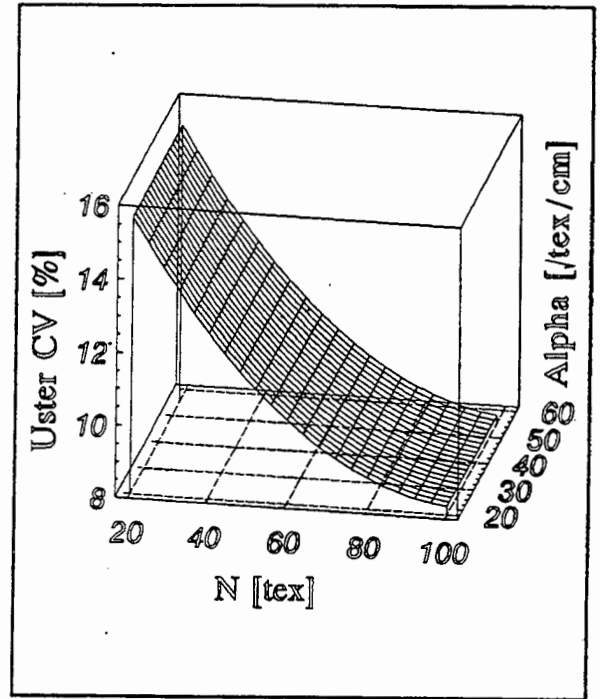


FIGURA 6: Irregularidad hilos acrílica/poliamida vs masa lineal del hilo N y coeficiente de torsión del filamento α .

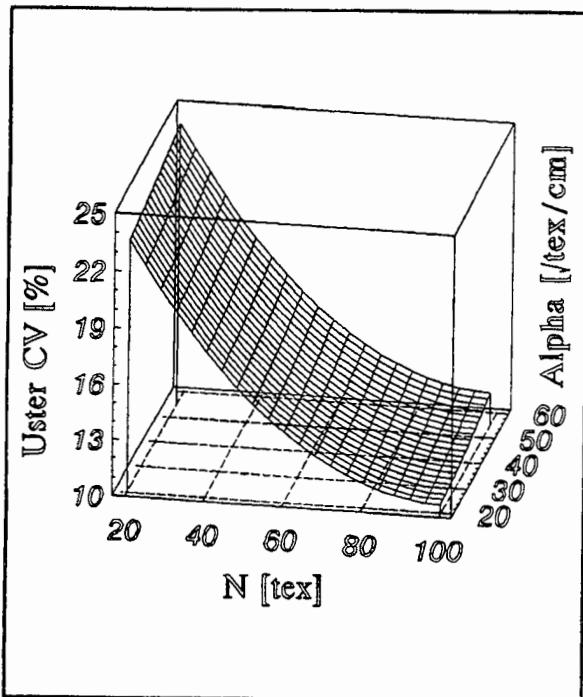


FIGURA 7: Irregularidad hilos de lana vs masa lineal del hilo N y coeficiente de torsión del filamento α .

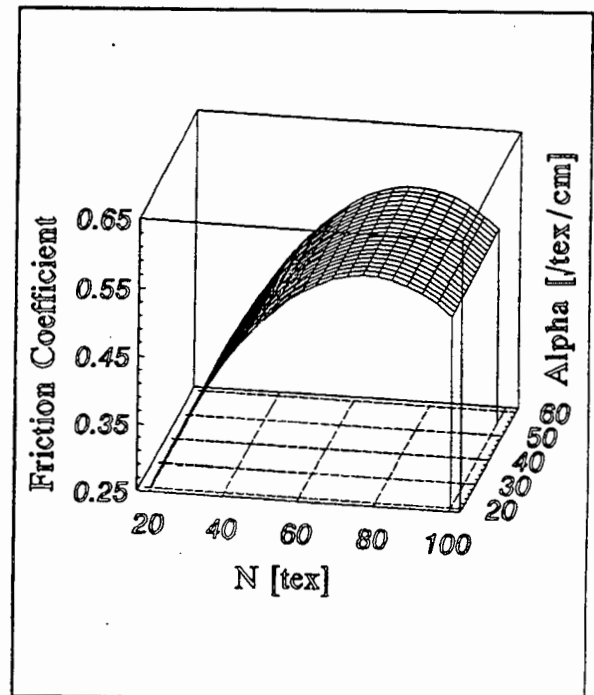


FIGURA 8: Coeficiente fricción hilo/cerámica para hilos de lana vs masa lineal hilo N y coeficiente torsión filamento α .

3.2. Tenacidad

Tanto para los hilos de acrílica/poliamida como para los de lana 100% las variables que más influyen son la masa lineal del filamento de recubrimiento (N_f) o la proporción de filamento (P_f) y el coeficiente de torsión del mismo (α). En el primer caso α interviene a través de sus efectos lineal y cuadráticos y aparece un óptimo para el coeficiente de torsión crítico $\alpha = 54$ a partir del cual la tenacidad decrece aunque la torsión siga aumentando. Ello se puede constatar fácilmente comparando las Figuras 1 y 2 donde se observan las superficies de respuesta para los dos tipos de hilo. En la Figura 1 la tenacidad aparece en función del coeficiente de torsión y la masa lineal del filamento de recubrimiento, y en la Figura 2 en función de la torsión y la proporción de filamento.

3.3. Alargamiento a la rotura

Las variables que más influyen sobre el alargamiento a la rotura de los hilos son la proporción de filamento y el coeficiente de torsión en sus componentes lineal y cuadrática, como puede observarse en la Figura 3 correspondiente a los hilos de lana. Para la mezcla acrílica/poliamida la interacción $N \cdot \alpha$ es significativa y, si se elimina el valor de R^2 disminuye considerablemente. Esta interacción puede explicarse a través del efecto de la torsión de recubrimiento sobre el alargamiento a la rotura, que varía según la masa lineal del hilo.

3.4. Trabajo específico de rotura y Módulo Inicial

El primer parámetro está relacionado con las mismas variables que el alargamiento a la rotura. En la Figura 4 se observa un ejemplo típico correspondiente a los hilos con alma de lana 100%. El trabajo de rotura se da en función de la proporción de filamento y del coeficiente de torsión. El módulo inicial depende también de P_f y de α así como todos los parámetros elásticos de los hilos de lana 100%, si bien para los hilos de acrílica/poliamida no se ha encontrado ninguna relación con los parámetros estructurales del hilo.

3.5. Índice H de vellosidad (Uster)

Muchas variables afectan significativamente a este índice, principalmente la masa lineal del hilo y la del filamento, la torsión y la proporción de filamento. En la Figura 5 se muestra un resultado típico correspondiente a los hilos de alma acrílica/poliamida en función de la masa lineal del hilo y del coeficiente de torsión. Se observa la disminución de la vellosidad con el coeficiente de torsión, y su incremento con la masa lineal del hilo¹⁹. Al incrementar la presencia del filamento de recubrimiento en el hilo, disminuye su vellosidad.

3.6. Irregularidad de masa

El valor CV de Uster depende de la masa lineal del hilo en sus componentes lineal y cuadrática. Para los hilos de lana 100% la componente cuadrática del coeficiente de torsión es también ligeramente significativa. En las Figuras 6 y 7 se puede observar la evolución de este parámetro para los hilos de acrílica/poliamida y de lana respectivamente. Así como en la figura 6 no se aprecia ninguna influencia del coeficiente de torsión en la regularidad del hilo, en la 7 se observa un incremento de la irregularidad con la torsión.

3.7. Coeficientes de fricción

Este parámetro es significativo únicamente para los hilos de lana 100% y para la modalidad de fricción hilo/cerámica. La variable más importante es la masa lineal en su componente lineal y cuadrática. La Figura 8 corresponde a la superficie de respuesta donde se constata claramente la influencia de la masa lineal en este parámetro.

En la referencia 17 se presentan los resultados y las gráficas de manera completa.

4. CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido establecer las condiciones óptimas de los hilos recubiertos en función de los parámetros estructurales de los hilos. Como conclusiones más importantes pueden considerarse las siguientes:

4.1. La materia componente del alma del hilo influye de manera significativa al nivel del 1% sobre los parámetros siguientes: Tenacidad, alargamiento a la rotura, módulo específico inicial, irregularidad y coeficiente de rozamiento en sus dos modalidades (hilo/hilo e hilo/cerámica).

4.2. El tipo de filamento influye de manera significativa al nivel del 1% en el alargamiento a la rotura y la irregularidad del hilo, y al nivel del 5% en el trabajo de rotura.

4.3. La tenacidad aumenta con el coeficiente de torsión hasta el valor crítico y la masa lineal del filamento de recubrimiento para alma de acrílica/poliamida, o bien la proporción de filamento para alma de lana 100%.

4.4. El alargamiento a la rotura aumenta siempre con la proporción de filamento y la interacción masa lineal x torsión cuando los hilos de alma son de mezcla, o el coeficiente de torsión para hilos con alma de lana.

4.5. El módulo inicial aumenta con el coeficiente de torsión y la proporción de filamento en los hilos con alma de lana. Para alma acrílica/poliamida no se observan influencias significativas.

4.6. El trabajo de rotura aumenta con la proporción de filamento. Cuando el hilo de alma es de mezcla también influye la interacción masa

lineal x torsión. Para la lana únicamente influye la torsión.

4.7. El índice H de vellosidad Uster aumenta con la masa lineal y disminuye con la torsión de recubrimiento.

4.8. La irregularidad de masa es independiente del nivel de torsión en los hilos con alma de mezcla y disminuye al aumentar la masa lineal. Para hilos de lana el aumento de la torsión provoca una disminución de la irregularidad manteniendo la influencia de la masa lineal.

4.9. El coeficiente de rozamiento hilo/hilo depende muy poco de las condiciones experimentales. Únicamente en el caso de hilos de lana disminuye con la regularidad del hilo. La fricción hilo/cerámica disminuye también con la regularidad y el incremento de la torsión, y aumenta con la masa lineal del hilo. También se ha observado la existencia de la interacción torsión x masa lineal. Para hilos de mezcla no se ha observado influencia de los parámetros estructurales del tejido.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa "Filnou, S.A." de Badalona su colaboración en la parte experimental y a la CICYT el apoyo financiero recibido a través del Proyecto PB90-0097.

6. BIBLIOGRAFIA

1. W Klein. The Technology of Short-staple Spinning. The Textile Institute. Latimer Trend & Co., Ltd., Plymouth, UK (1987).
2. A G Brydon and J P Van der Merwe, SWATRI Special Publication, Febr, 1-38(1986).
3. G Spira, Textile Horizons, Nov, 2. (1982).
4. M F Nunes. Structure, Tensile Properties and Morphology of Failure of Wrapped Yarns. Clemson University, USA (1984).
5. B Wulfhorst, M Greig and G Tetzleff, Melliand Textilber, 3, E93-E95 9(1993).
6. J Bradley, Knitting International, Febr, 101 (1985).
7. Anon., Nuova Selezione Tessile, 23, 20-22 (1983).
8. H W Krause, J Text Inst, 3, 185-195 (1985).
9. A Naik and E Gómez, Técnica Text Int, 5, 39-48 (1988)
10. T Love, Textile Horizons, 2, 3 (1983).
11. E T Griffiths, Wool Record, 9, 65-69 and 143 (1984).
12. M Isaacs, Textile World, Sep, 134 (1984).
13. Anon., Textile World, 61-62, (1984).
14. B Hepworth, Melliand Textilber, 6, E212-E213, (1993).
15. Anon., African Textiles, 33 (Dec 85/Jan 86).
16. W Oxenham, Textiles, 3, 58-62 (1985).
17. M F Nunes. Modelizaçao da Influencia dos Parametros Estruturais sobre a Morfologia dos Fios Recobertos, PhD Thesis. Universidade da Beira Interior, Covilhá (Portugal), (1994).
18. N R Draper and H Smith. Applied Regression Analysis. J. Wiley & Sons, New York, (1981).
19. A Barella. The Hairiness of Yarns. Textile Progress, 24, 3. The Textile Institute, Manchester, (1993).
20. A M Manich, M F Nunes and A Barella, Introduction to the Study of Wool, Acrylic and Wool/Acrylic Wrap-Spun Yarn Properties, Proceedings of the World Textile Congress. The University of Huddersfield. Huddersfield (UK), July, (1994).

Trabajo recibido en: 1995.11.02.
Aceptado en: 1995.11.03