

AVALUACIÓ DE LES CONDICIONS ÒPTIMES DEL PROCÉS D'OBTENCIÓ DE FILS DE GRAN VOLUM (HIGH-BULK) PER VAPORITZACIÓ EN MADEIXA

Quaderns
d'enginyeria

2 (1980) 1 p.125-135

per J. Detrell

J. Mumbrú

A. Naik

RESUM

L'experimentació factorial i, concretament, els dissenys d'experiències segons els plans centrals giratoris permeten d'investigar simultàniament els efectes individuals i de conjunt dels factors d'un procés, amb un nombre relativament baix de combinacions experimentals. En aquest treball es realitza l'aplicació del disseny de Box-Hunter per a dues variants al procés tradicional de preparació de fils de gran volum, obtenint, per als factors de temperatura i temps de permanència en el vaporitzador, les equacions quadràtiques de regressió per tres paràmetres del fil voluminitzat: la seva massa lineal, resistència i allargament al trencament; s'obté, tanmateix, la representació de les superfícies de resposta per a diversos nivells d'aquesta; els valors màxim, mínim o estacionari de la mateix i el ANOVA de la regressió que possibilita la dissenyació de significació dels termes de primer i segon ordre i de l'error d'especificació del model quadràtic ajustat. El procediment es revela com a vàlid i de fàcil aplicació amb l'ajut d'un petit ordinador, per avaluar l'influència dels factors del procés sobre els paràmetres del fil, ho i minimitzant pèrdues de resistència i obtenint valors màxims de voluminositat i elasticitat del mateix.

SUMMARY

The factorial experimentation and specially the desing of experierces according to central rotating plan, permits to investigate simulteneously the individual and collective influence of the processing factors with a relatively small number of experimental combinations. In this paper we have applied Box-Hunter desing for the two variables in the processing of high-bulk yarns (H.B.). For temperature and steaming time, we have obtained characteristics equations of regression for three parameters -linear density, breaking strength and elongation- of the steamed yarn. These are also represented graphically for different levels of maximum, minimum and stationary values that optimize the process. The statistical analysis of ANOVA of regression allows to evaluate the significance of the terms of the first and second order and also of the specific error of the adjusted model. This process trouts out to evaluate the influence of process variables on the yarn characteristics, by minimizing the loss in breaking strength and obtaining maximum values of yarn bulkiness and elasticity.

ESCOLA TECNICA SUPERIOR D'ENGINYERS INDUSTRIALS DE TERRASSA.

1.- INTRODUCCIÓ

Els fils voluminosos (High-bulk o H.B.), dits així per llur elevat poder de cobriment, desitjable no tan sols pel seu millor rendiment sinó també per la seva millor retenció de la calor i aparença del teixit, s'obtenen generalment a partir de fibres acríliques, combinant, en proporcions determinades, fibres fixades o de baixa capacitat d'encongiment amb fibres retràctils d'alta capacitat d'encongiment en proporcions adequades; sometent el fil obtingut, amb la barreja d'ambdós tipus de fibres a un tractament tèrmic, es provoca l'encongiment de les fibres retràctils, ondulant-se i entortolligant-se al voltant de les fixades, amb la qual cosa s'obté l'aspecte voluminos.

Els diversos sistemes d'obtenció de fibres retràctils han estat descrits i estudiats per diversos autors (1-2-3-4) així com la proporció òptima de les mateixes a la barreja (5), la influència de la seva longitud (6) així com els mètodes de preparació i filatura de les mateixes (7).

Són diversos els processos i màquines per a provocar l'encongiment de les esmentades fibres retràctils i obtenir el fil encongint o voluminos (3-8). Els mètodes d'encongiment a la contínua, mitjançant aire calent o vapor, aporten l'avantatge d'una millor vivesa i menor quantitat de ma d'obra, a l'evitar les operacions de devanat, que el sistema d'encongiment discontinu en madeixes, que, contràriament en alguns aspectes, principalment de característiques del fil encongint, aporta millors qualitats (9); per tal cosa, el dit procediment no ha quedat gens desplaçat per l'aparició de diverses i perfeccionades màquines d'encongiment a la contínua (10-11).

En aquest treball s'estudia l'efecte produït, a les propietats dels fils HB, per l'acció del vapor, en els fils de barreja de fibra acrílica HB, pel procediment d'encongiment en madeixa, per vaporització en autoclau, previ a l'operació de tintura. Aquest tractament provoca canvis a l'estructura interna de les fibres acríliques i a la massa lineal del fil, els quals originen diferent comportament a la tintura, al canviar la velocitat d'absorció dels colorants catiónics (12) i variacions notables a la resistència i allargament al trencament.

S'analitza la influència de la temperatura i durada del tractament, factors determinants del procés, examinant-se, al mateix temps, l'obtenció de valors òptims dels paràmetres de tres tipus de fil, freqüentment emprats en teixits tricotats i normalment tractats pel procediment d'encongint en madeixa.

La planificació d'experiències es realitza mitjançant l'aplicació d'un disseny centrat giratori de Box-Hunter; tècnica que possibilita el càlcul de la superfície de resposta, de precisió suficient, amb la realització d'un nombre relativament curt d'experiències, al mateix temps que amb una gran rapidesa de càlcul. La bibliografia que es troba sobre la base

matemàtica i la aplicació dels dissenys experimentals d'experiències, és copiosa (13-14-15-16); des de la seva introducció a la indústria tèxtil espanyola (17) s'ha vingut aplicant de manera restringida en el camp de la investigació de processos tèxtils de tipus mecànics, especialment en el sector de la filatura de cap obert (18), per A. Barella i col.laboradors; la seva utilització a qualsevol procés industrial tèxtil, és un element imprescindible per a l'estudi de les condicions òptimes de treball.

2.- PART EXPERIMENTAL

2.1- MATERIES EMPRADES

Les experiències han estat executades amb fils de fibra acrílica Leacril, les característiques dels quals són:

<u>FIBRES</u>	<u>FIL 1</u>	<u>FIL 2</u>	<u>FIL 3</u>
Finura (dtex)	3,3	3,3	5
Longitud (mm)	150	150	150
Fibres retràctils /fixades (%)	44/56	44/56	44/56
<u>FILS</u>			
Títol, Massa lineal (tex)	18,4x2	28x2	41,9x2
Torsió (v/m)	522	425	330
Retorsió (v/m)	400	295	260
Rest. al trencament (cN)	558	853	1228
Allarg. al trencament (%)	11,75	12,9	11,1
Potencial d'encongiment (%)	24,63	26,12	25,93

2.2- APARELLS

Els tractaments de vaporització han estat realitzats en vaporitzador de la firma A. Deck, treballant amb vapor saturat a les condicions programades.

2.3- PLANIFICACIÓ D' EXPERIÈNCIES

Es tractava d'establir, en un procés d'encongiment per vaporització les condicions òptimes, quant a característiques físiques del fil de gran volum obtingut, en funció de dues variants: T= temperatura de vaporització i t= duració del mateix. Es palesa que ambdues variants tenen un paper de la major importància en el tractament, i determinen les característiques mecàniques dels fils tractats, amb els valors necessaris per a llur posterior utilització, a més de regular el grau d'encongiment. Les experiències de vaporització s'han realitzat establint un disseny central compost de tipus rotacional de dues variants, els nivells de les quals fixats previament llurs límits normalment emprats a la indústria i per experiències prèvies, són:

<u>VARIANTS</u>	<u>NIVELLS</u>				
	-1,41	-1	0	1	1,41
Temperatura de vaporització ($^{\circ}\text{C}$) X_1	85,86	90	100	110	114,14
Temps de vaporització (min.) X_2	3,58	4	5	6	6,51

La combinació d'ambdues variants, d'acord amb la codificació necessària per a establir el pla central giratori, comporta un total de tretze experiències per a cada un dels tres fils emprats.

2.4- VALORACIÓ DELS RESULTATS

Com a paràmetres característics dels fils vaporitzats s'han considerat la seva massa lineal (títol), i la seva resistència i allargament a la trencada.

2.4.1- Tots els assaigs s'han efectuat sobre mostres acondicionades prèviament a atmosfera standard de 65% d'humitat relativa $\pm 2\%$ a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

2.4.2- Els valors de potencial de retracció dels fils originals, s'han determinat pel mètode DuPont de Nemours (19).

2.4.3- Els del títol del fil abans i després de la vaporització s'han determinat per pesa da de madeixes de 50 m. dels mateixos, amb una mitja de 20 assaigs.

2.4.4- La resistència i allargament al trencament, s'han mesurat amb un dinamòmetre automàtic i amb un terme mitjà de 50 assaigs per fil i combinació experimental.

2.4.5- Els resultats experimentals van ésser tractats en un ordinador HP 21MX-E provist de plotter.

3.- RESULTATS

A la Taula I s'indiquen els resultats obtinguts per a les tretze combinacions experimentals del pla aplicat a cada un dels tres fils.

A la Taula II, s'indiquen, per a cada fil i paràmetre analitzats, les equacions de resposta, l'anàlisi de la variància, les coordenades del punt estacionari, màxim o mínim i el valor d'aquest.

En les figures 1 a 9 es representen els gràfics dibuixats pel plotter, corresponent

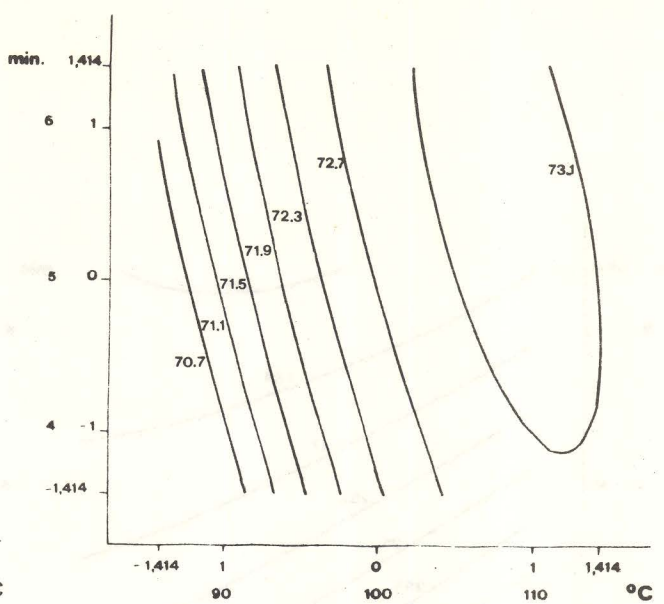
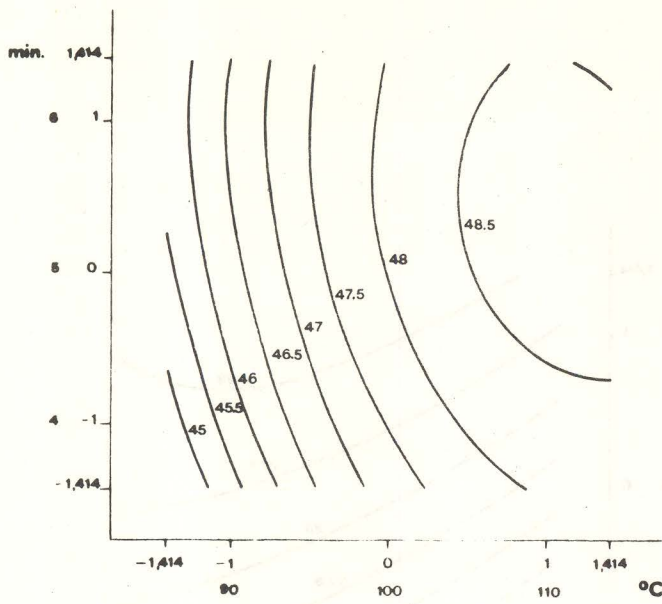
les figures 1 a 3 al paràmetre títol en els fils 1,2 i 3 respectivament; les figures 4 a 6 a la carga de trencament i les figures 7 a 9 a l'allargament de trencament del mateixos. En la figura 10 es representa, pel fil 1, el treball de trencament expressat pel producte resistència per allargament, que és una primera aproximació del dit paràmetre.

TAULA 1

Combinacions experimentals.	Temperatura. (°C)	Temps (min.).	FIL 1			FIL 2			FIL 3		
			Títol (tex)	Resistència (cN)	Allargament (%)	Títol (tex)	Resistència (cN)	Allargament (%)	Títol (tex)	Resistència (cN)	Allargament (%)
1	90	4	46,3	404	24,9	71,1	605	26,25	107	850	28,2
2	110	4	48	372	26,7	73,1	576	28	114,6	804,5	30,4
3	90	6	47,2	351	27,5	72,1	570	28,9	110,8	820	32,5
4	110	6	48,3	320	28,2	73,2	535	29,5	115,2	767	33,7
5	85,86	5	44,5	405	25,7	69,68	608	27,1	107,2	855	28,8
6	114,14	5	49,2	322	27	73,2	555	28,25	115,5	782,5	32,4
7	100	3,58	47	417	25	72	610	26,25	112,3	846	28,4
8	100	6,41	47,9	325	27,8	72,7	555	29,1	113,5	791	33,5
9	100	5	48	347	26,8	72,8	570	28,3	113,6	810	32,5
10	100	5	48,5	355	26,4	72,5	565	27,8	113,8	812	31,1
11	100	5	47,5	345	27,5	72,9	580	28,8	112,6	804	33
12	100	5	47,1	364	26,7	73,12	569	28	113,5	812	32,2
13	100	5	49	349	27	72,25	566	28,5	112,8	796	31,85

TAULA 2

Resposta	Fil	Equació de superfície de resposta	Anàlisi de la variància. Sig.nificació	Punt estacionari, màxim o mínim	Resposta. màxima, mínima o estacionària
Títol (Massa lineal)	1	$y = 48,02 + 1,174x_1 + 0,302x_2 - 0,5x_1^2 - 0,206x_2^2 - 0,137x_1x_2$	1er. Ordre= 5 % 2n. " = N.S. D.A. = N.S.	$x_{1s} = 1,109$ $x_{2s} = 0,363$	$y_s = 48,72$
	2	$y = 72,72 + 1,009x_1 + 0,264x_2 - 0,522x_1^2 - 0,06x_2^2 - 0,225x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = 10 % D.A. = N.S.	$x_{1s} = 0,832$ $x_{2s} = 0,621$	$y_s = 73,22$
	3	$y = 113,2 + 2,965x_1 + 0,762x_2 - 1,023x_1^2 - 0,250x_2^2 - 0,8x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = 5 % D.A. = N.S.	$x_{1s} = 2,268$ $x_{2s} = -2,097$	$y_s = 115,85$
Resistència a la tracció	1	$y = 349,8 - 22,548x_1 - 23,39x_2 + 5,474x_1^2 + 3,224x_2^2 + 0,25x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = 10 % D.A. = N.S.	$x_{1s} = 2,023$ $x_{2s} = 1,565$	$y_s = 303,98$
	2	$y = 569,8 - 17,37x_1 - 19,224x_2 + 3,225x_1^2 + 3,724x_2^2 - 1,5x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = N.S. D.A. = N.S.	$x_{1s} = 3,454$ $x_{2s} = 3,276$	$y_s = 508,3$
	3	$y = 806,8 - 25,13x_1 - 18,16x_2 + 3,912x_1^2 + 3,787x_2^2 - 1,875x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = N.S. D.A. = N.S.	$x_{1s} = 4,025$ $x_{2s} = 3,39$	$y_s = 725,4$
Allargament a la ruptura	1	$y = 26,88 + 0,539x_1 + 1,005x_2 - 0,151x_1^2 - 0,126x_2^2 - 0,27x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = N.S. D.A. = N.S.	$x_{1s} = -3,872$ $x_{2s} = 4,538$	$y_s = 39,23$
	2	$y = 28,28 + 0,497x_1 + 1,022x_2 - 0,185x_1^2 - 0,185x_2^2 - 0,287x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = N.S. D.A. = N.S.	$x_{1s} = -1,984$ $x_{2s} = 4,291$	$y_s = 29,99$
	3	$y = 32,13 + 1,061x_1 + 1,251x_2 - 0,66x_1^2 - 0,485x_2^2 - 0,25x_1x_2$	1er. Ordre= 1 % 2n. " = N.S. D.A. = N.S.	$x_{1s} = 0,465$ $x_{2s} = 1,786$	$y_s = 34,03$



f.1

fig. 2

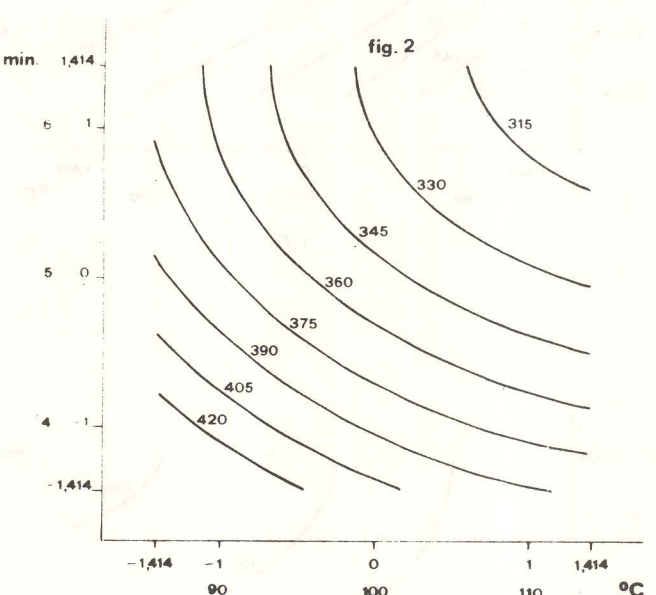
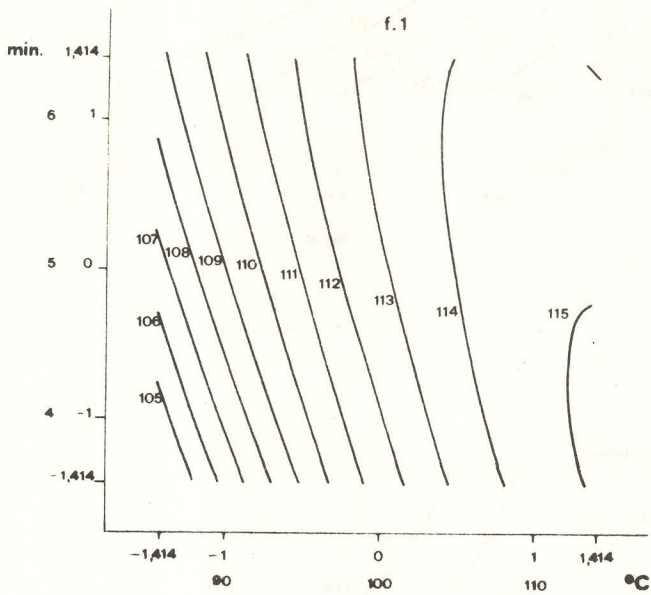


fig. 3

fig. 4

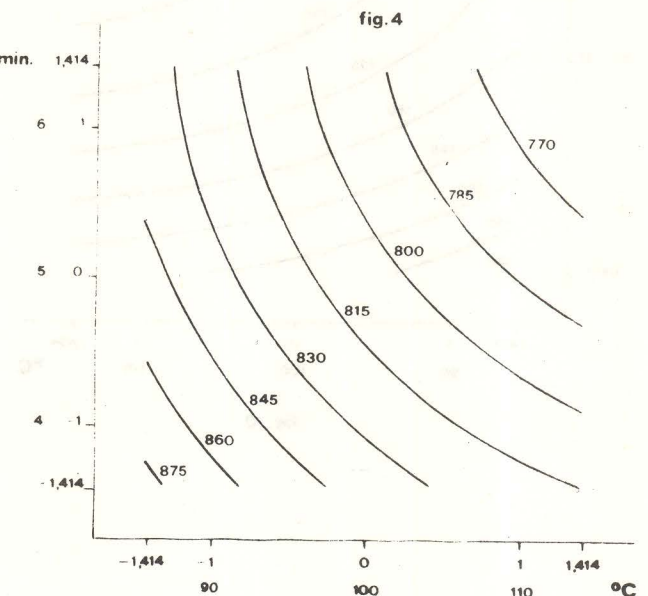
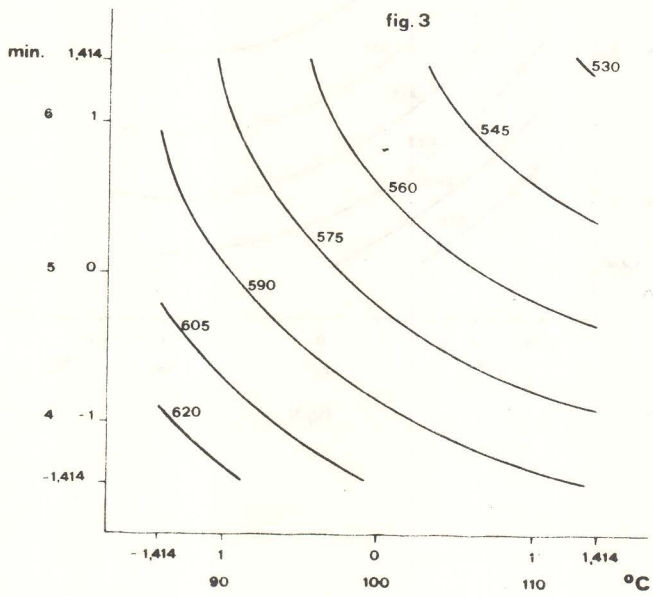
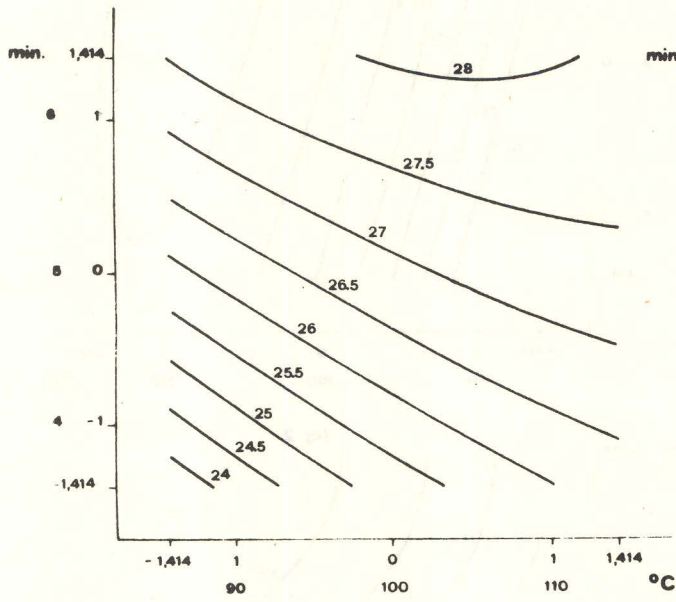


fig. 5

fig. 6



f.7

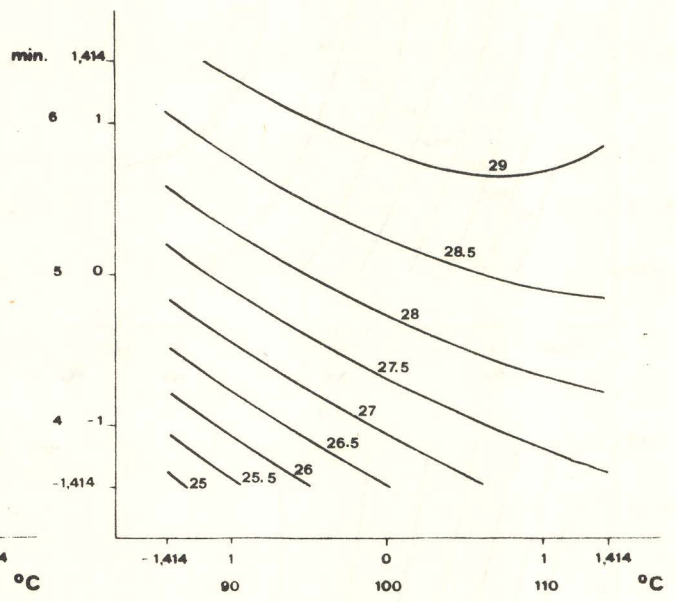


fig.8

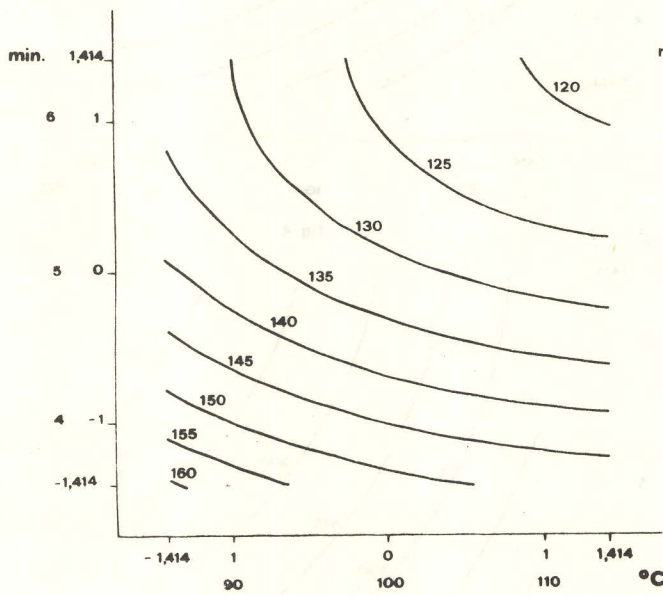


fig.10

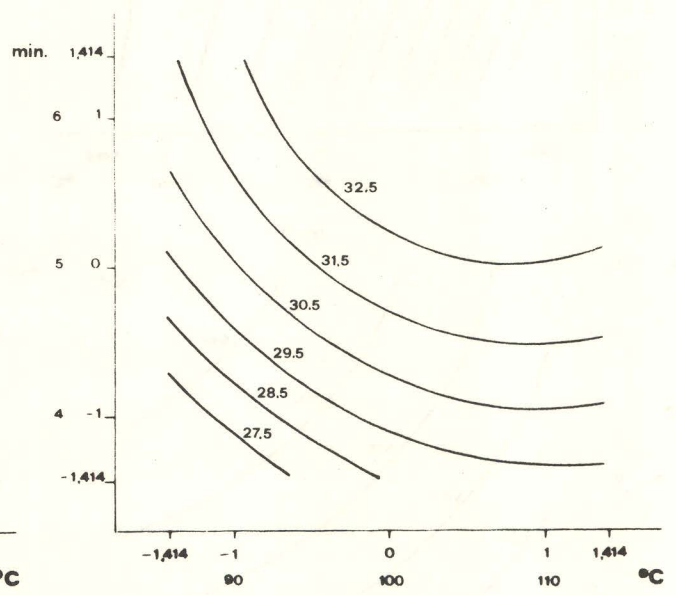


fig.9

4.- DISCUSSIÓ

4.1.- TITOLS DELS FILS ENCONGITS

Les línies de contorn són el.lipsis, el centre de les quals correpon a un màxim situat dins el camp experimental en els fils 1 i 2, i fora d'ell, pel fil 3.

En tots els casos s'observa un augment del títol del fil i per tant de la seva voluminositat a l'augmentar la temperatura del tractament, quasi amb independència del temps de permanència, fins a un màxim situat en els límits del camp experimental pels fils 1 i 2, i fora d'ell, pel fil 3, més gruixut.

4.2.- RESISTÈNCIA AL TRENCAMENT

Les línies de contorn, pels tres fils emprats, són el.lipsis, amb un mínim situat fora del camp experimental. Es fa palesa una influència similar de la temperatura i el temps en què els fils romanen al vaporitzador; en efecte, a l'augmentar ambdós, (espai superior dret a les figures 4, 5 i 6), s'obtenen valors molt baixos de resistència del fil vaporitzat.

4.3.- ALLARGAMENT AL TRENCAMENT

Les línies de contorn, com en els paràmetres anteriors, són el.lipsis, amb un màxim situat fora del camp experimental. En tots els casos, per temps de permanència inferior a 5 minuts, un augment de la temperatura suposa un augment notable del tant per cent d'allargament al trencament, mentre que amb temps de permanència superiors, a l'augmentar aquella, no s'afavoreix el dit paràmetre; per altra banda, l'augment del temps de permanència, per a una mateixa temperatura, suposa un augment de l'allargament al trencament, essencialment a temperatures inferiors a 100 °C.

4.4.- TREBALL DE TRENCAMENT

S'observa una tendència anàloga a la apuntada pels dos paràmetres principals que el defineixen: un augment de la temperatura i del temps de permanència, produeixen un decreixement del mateix.

4.5.- AVALUACIÓ SIMULTÀNIA DELS PARÀMETRES CONSIDERATS

Per a trobar unes condicions més òptimes possibles dels tres paràmetres emprats per a cada un dels tres fils, es poden sobreposar les corbes corresponents a cadascun d'ells, delimitant-se un espai en el que: per a un valor elevat de títol del fil encongit, li correspon un de resistència al trencament suficient, així com un tant per cent d'allargament a la ruptura també elevat; aquestes condicions es compleixen, d'una manera general, pels tres tipus

de fil, entre els límits compresos entre 95°C i 100°C, amb un temps de permanència entre 4,5 i 5 minuts. En aquest espai, els paràmetres emprats per mesurar la qualitat dels fils, agafen els següents valors:

	<u>Títol</u> (dtex)	<u>Resistència</u> (cN)	<u>Allargament</u> (%)
Fil 1	47,5	370	26,5
Fil 2	72,5	582	28
Fil 3	112	822	31

que suposen un encongiment de l'ordre del 21 al 24%, amb pèrdues de resistència inferiors al 35%, que no alteren les característiques resistents exigides en el fil per la seva posterior utilització i un augment de l'allargament al trencament superior al 100%, la qual cosa indica l'elevada elasticitat que s'aconsegueix.

5.- CONSLUSIONS

5.1 Mitjantçant els mètodes basats en la planificació d'experiències, es pot determinar, amb antelació, per a cada tipus de fibra i títol de fil, les condicions més convenients de vaporització per a obtenir unes característiques exigides.

5.2 La temperatura del forn de vaporització exerceix una influència molt superior a la del temps de permanència sobre l'encongiment del fil, mentre que la pèrdua de resistència que s'obté en el tractament tèrmic, creix amb l'augment d'ambdues variants del procés. Una tendència similar s'aprecia a temperatures baixes i temps de permanència curts, per allargament a la ruptura; per a valors superiors d'ambdues variants, la influència de la temperatura sobre el citat paràmetre, és més debil.

5.3 Pels tres títols de fil tractats, normalment emprats en el sector de gènere de punt, una vaporització entre 4,5 i 5 minuts de durada, a una temperatura de 95°C, és suficient per a obtenir un fil de gran volum amb les característiques demanades per a la seva utilització; els resultats obtinguts, però, no són aplicables a d'altres casos de fils amb fibres de diferents característiques, o amb diferent proporció en la barreja de fibres retràctils amb fibres encongides, havent-se de fer per cada cas les corresponents experiències.

6.- AGRAIMENTS

Els autors agraeixen a TORREDEMER S.A. de Terrassa, la cessió del material emprat.

7.- REFERENCIES BIBLIOGRAFiques

- {1} FARBER, Y., L'industrie Textil Belgue, 11, 1961,p.55
- {2} LOMBARD, F., Teintex, 1, 1965,p.15
- {3} MUMBRU, J., DETRELL, J., NAIK, A., Ingenieria Textil, 354, Julio, Agosto, Septiembre 1979, p.77
- {4} MALAGUZZI, F., SALA, G.C., Magliera, 54, 3, 1972, p.19
- {5} EDME, J., L'Industrie Textile, 1020, 2, 1970, p.126
- {6} WEGNEZ, J.J., Chemiefasern, 20, 2, 1970, p.122
- {7} DAVELOOSE, F., Textile Chimiques, 11, 1968, p.345
- {8} PILLER, B., Knitting Times, 40, 11, 1974, p.66
- {9} ANONIMO, Textiles Panamericanos, 8, 1972, p.24
- {10} PILLER, B., L'Industrie Textile, 1932, 3, 1974, p.191
- {11} MUMBRU, J., DETRELL, J., NAIK, A., Revista de la Industria Textil, 171, Octubre, 1979, p.3
- {12} CEGARRA, J., PUENTE, P., CARRION, F.J., VALLDEPERAS, J., Boletín del Inst. Text. y de Coop. Ind. de Terrassa, 57, 1974, p.15
- {13} BARELLA, A., "Principios de diseño experimental y optimización de procesos industriales", Ed. AITA, Barcelona, 1974.
- {14} COCHRAN, W.G., COX, G.M., "Diseños experimentales", Ed. Trillas, México 1974
- {15} COS, D.R., "Planning of experiments". Ed. Weley and Sons, New York, 1958.
- {16} DAVIES, D.L., "Design and Analysis of Industrial Experiments", Ed. Oliver and Boyd, London, 1961.
- {17} BARELLA, A., "Introducción a la planificación de experiencias en la Industria Textil", Librería Costa, Terrassa, 1961.
- {18} BARELLA, A., Conferencia pronunciada a la AITA el 22 de Novembre de 1977.
- {19} Du Pont de Nemours, Bulletin Fibres Textiles Du Pont, 85, 6, 1959.