

异形细旦丙纶的工艺研究

严国良

董擎之

(上海石化股份公司合纤所) (上海华东理工大学石油化工学院)

通过正确选择异形喷丝板工艺,合适的聚丙烯原料以及恰当的纺丝及加弹工艺,可以制得符合后加工要求的异形细旦丙纶低弹丝。

关键词: 丙纶 三叶形异形丝 细旦低弹丝 工艺

采用细旦丙纶长丝制成的织物由于排汗性好、透气、凉爽,近年来越来越受到人们的喜爱。但圆形的细旦长丝由于抱合力差,在织造时易引起起毛起球,给后加工带来了一定的困难。通过对细旦丙纶长丝截面的异形化,可增加复丝间的抱合力,增强纤维的抗起球能力,有利于后加工的顺利进行。

1 实验

1.1 原料

1) 辽化 71735 聚丙烯切片, $MI = 35$;
 $\bar{M}_n = 1.54 \times 10^5$

2) 上海石化塑料厂 Z30S 聚丙烯切片,
 $MI = 23$; $\bar{M}_n = 1.51 \times 10^5$

3) 美国 Himont 公司 PC966 聚丙烯切片,
 $MI = 22$; $\bar{M}_n = 1.65 \times 10^5$

4) 中科院北京化工所生产的降温母粒。

1.2 设备及主要工艺

1.2.1 熔融纺丝

德国 Automatic EX30/25D 熔融纺丝机, 交络压力 0.3MPa; 喷丝板规格: 等长三叶形, 叶长 0.7 mm, 叶宽 0.3 mm, 当量直径

0.5 mm, 孔数 36×2 , 异形度 78.37%。

1.2.2 变形加工

德国 Barmag FK6V-900MF96 锭加弹变形机, 第二超喂: -6.02% ; 第三超喂: -5.88% 。

1.3 测试仪器及方法(部分)

1.3.1 密度

MD-01 型密度梯度仪, 25°C , 在乙醇-水密度梯度管里测定初生纤维的密度, 再求出结晶度。

1.3.2 X 射线衍射分析

日本理学 D/Mxa-Br, Cu 靶, Ni 滤色, 30kV , 20mA , 扫描范围: $2\theta = 5^\circ \sim 36^\circ$ 。

1.3.3 取向

采用 Som-I 声速仪, 测量声波在纤维中的传播速度 C_s , 样品声速取向因子 $fs = 1 - (Cu/Cs)^2$, 其中 $Cu = 1.45 \text{ km/s}$ 。

1.3.4 异形度

用 Y172 型哈氏切片器制得纤维截面切片, 对纤维横截面照相, 在 59X 型显微摄影仪上再放大描图。

异形度计算: $B = (1 - r/R) \times 100\%$

收稿日期: 1997-02-19

式中： r ——异形纤维内切圆半径；

R ——异形纤维外接圆半径。

1.3.5 特性粘度

采用粘度法。十氢萘作溶剂，温度 $(135 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，用乌氏粘度计测定。

1.3.6 常规物理性能

1) 纤度：德国 Textechno 公司纤维测长仪。

2) 强伸度：德国 Textechno 公司 STATIMAT 型全自动强伸仪。

3) 条干不均率：瑞士 Uster 公司 I-C 型条干均匀度仪。

4) 卷缩率：德国 Textechno 公司全自动卷缩仪。

2 结果与讨论

2.1 三叶形异形喷丝板的选择

聚丙烯熔体是典型的非牛顿流体，挤出膨化严重^[1]，对于非牛顿流体在圆形孔中的切变速率：

$$\dot{\gamma} = \frac{(1/n + 3)Q}{\pi r^3}$$

式中： Q ——熔体流量；

r ——喷孔孔径；

n ——非牛顿指数。

由上式可见，在相同的挤出量时，切变速率与喷丝孔径的三次方成反比，Anthony 指出，切变速率增加，膨化率增大（其关系见图 1），而熔体在三叶形喷丝孔中流动时，更易产生不稳定流动，不规则的喷丝孔壁的曲率半径越小，流体的切变速率越大，故选择较大的喷丝孔尺寸，有利于异形丙纶的纺丝，以稳定熔体的流动。喷丝孔的长径比也是影响熔体流变性能的重要因素，长径比较大时，可增加熔体在孔道中的流经时间，有利于弹性能在孔道中的耗散，所以选择较大的长径比可使孔口膨化减小。纺制细旦异形丙纶一般要求长径比 ≥ 4 。

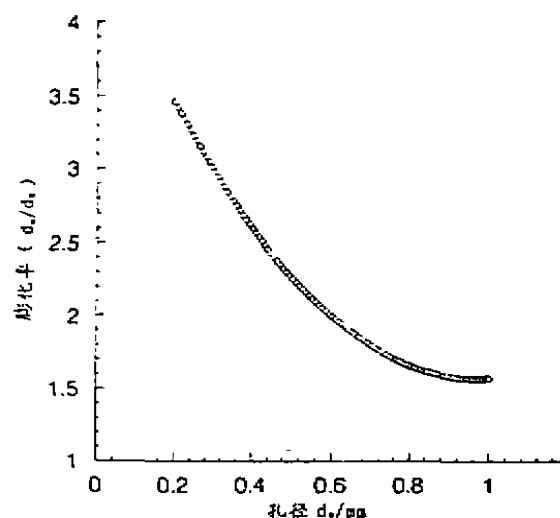


图 1 喷丝板孔径与膨化率的关系

2.2 聚丙烯原料的选择

对四种聚丙烯原料在纺速为 2500 m/min，纺丝温度为 275 $^\circ\text{C}$ 时试纺 POY 初生纤维，测得各种纤维的结构与力学性能见表 1。

表 1 不同原料初生纤维的性能

项 目	原 料			
	71735	Z30S	Z30S+ 降温母粒	PC966
结晶度(X光), %	46.79	46.20	46.18	48.58
声速取向因子(f_s)	0.543	0.532	0.542	0.535
强度/ $\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	3.12	1.98	2.86	2.39
伸度, %	137	280	146	172

四种料纺得初生纤维的结晶度及取向度相差不大，但纤维的力学性能却相差很大，原因是 71735 及添加降温母粒的 Z30S 初生纤维特征衍射峰主要为准六晶系（见图 2），有利于力学性能的提高及结构的稳定，而原料不添加降温母粒的 Z30S 及 PC966 的初生纤维的特征衍射峰主要是单晶系，不利于结构的稳定。原料 Z30S 经添加降温母粒后纺丝，力学性能改善的主要原因是化学降解后改变了结晶的晶系所致。因此选择熔融指数

较大的 71735 或 Z30S 加降温母粒共混造粒较适宜纺制细旦丙纶 POY。

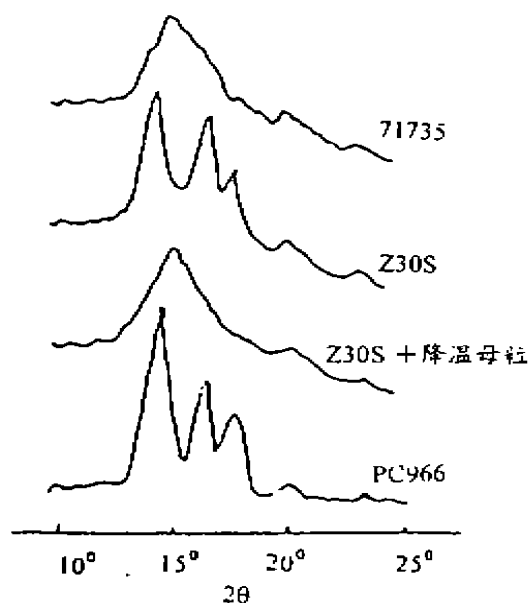


图2 不同原料初生纤维的X光衍射(WAXD)

2.3 纺丝温度对纤维结构性能的影响

纺丝温度是高速纺丝工艺的重要参数之一。聚丙烯熔体粘流活化能比其它高聚物高两倍以上^[2]。粘流活化能是高聚物温度敏感

性的一种标志,也就是说,温度控制对于细旦丙纶的可纺性至关重要,否则将引起熔体粘流波动,可纺性变差,条干不匀等。

表2为纺速为2500 m/min,采用71735切片纺得的总纤度为110 dtex的异形细旦丙纶的结构与性能。随着纺丝温度的提高,结晶度减小,取向度减小,而力学性能在275℃时最佳。纺丝温度为285℃时,特性粘度有所下降,这是因为纺细旦丝,泵供量小,熔体在螺杆中停留时间长,引起高聚物部分降解,力学性能变差;从异形度分析,温度升高,降低了熔体粘度,减小了聚丙烯熔体出喷丝孔口时的膨化,有利于保持异形度,从三种温度纺得的纤维的异形截面照片可见,随着温度的升高,异形度升高(见图3)。

表2 纺丝温度对纤维结构性能的影响

项 目	纺丝熔体温度/℃		
	265	275	285
结晶度(X光),%	50.46	46.79	46.78
声速取向因子(f_s)	0.552	0.543	0.534
强度/ $cN \cdot dtex^{-1}$	2.67	3.12	2.67
伸度,%	130	137	158
结晶度(密度法),%	64.88	62.28	60.77
特性粘度(η)	121.265	119.658	112.738

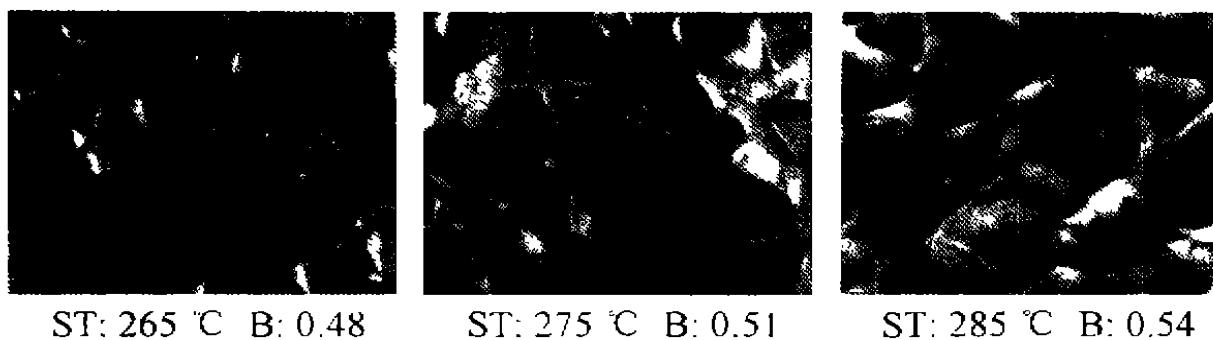


图3 纺丝温度(ST)对POY异形度(B)的影响

2.4 纤度对纤维结构性能的影响

在纺速为2500 m/min,纺丝温度为275℃时纺制三种不同纤度的纤维,对它的结构、

性能分别进行测定。由表3可见,随单丝纤度的升高,取向降低,结晶度随之降低,力学性能变差。当单丝纤度较小时,冷却快,在结晶

温区停留的时间较短,实验结果显示,结晶度反而较高,这说明在高速纺中初生纤维的结晶主要影响是纺程上的张应力,张应力引起大分子取向,取向诱导结晶^[3],结晶又巩固了取向。另外,随单丝纤度的升高,熔体细流冷却减慢,丝束凝固点下移,纵向速度梯度变小,大分子就有充分时间解取向,从而导致纺程上张应力的降低,取向降低,结晶度降低。

纤度对异形度的影响很小,从图 4 可见。

表 3 纤度对纤维结构性能的影响

项 目	纤 度		
	110dtex/72F	165dtex/72F	220dtex/72F
结晶度(X光),%	46.79	45.28	44.57
声速取向因子(f_c)	0.543	0.528	0.508
强度, cN · dtex ⁻¹	3.12	2.88	2.75
伸度, %	137	158	156

2.5 纺丝速度对纤维结构性能的影响

对不同纺速下纺制的异形纤维的结构和性能测定发现(见图 5);随纺速的提高,取向逐步增大,2500 m/min 时基本趋于饱和;结晶度随纺速的变化呈“V”字形,在低纺速区,即纺速 ≤ 600 m/min 时,结晶主要受到冷却速率的影响,结晶度随纺速增加而降低;而在纺速 > 600 m/min 时,结晶主要以分子取向诱导结晶为主^[4],结晶度随纺速增大而升高,纤维力学性能随纺速的升高而得以改善,但

纺速达 3000 m/min 时强度反而下降,可能由于初生纤维的结构中出现了缺陷所致^[2]。

异形度随纺速的增大而升高,见图 6。

2.6 变形工艺的选择

2.6.1 变形温度的选择

变形温度是细旦丙纶加弹过程中最重要的工艺参数之一。从图 7 看到,随着变形 T_1 的升高($T_1 \geq 115$ C),纤维强度、伸度增加,这是因为变形温度增加,导致纤维分子活动能力增强,纤维变形过程中内应力减少,有利于变形。但当温度增加到一定范围时($T_1 \geq 150$ C),纤维开始发生局部的软化、粘结,使得纤维假捻困难,这时纤维强、伸度反而开始下降。所以异形丙纶变形温度应选择在 145 ~ 150 C 为宜。

2.6.2 变形速度的选择

一般来说,一定的设备对于某一原丝必定有一工艺上所允许的最大速度^[6]。加弹速度越高,假捻变形时不稳定区域越大,加工时断头率越高。由于聚丙烯切片分子量分布较宽(一般高速纺聚丙烯切片分子量分布在 3 左右),因此纺制的 POY 不匀率较高,阻碍了变形速度的提高。试验发现,当加弹速度 > 500 m/min 时,变形丝的强度、伸度不匀率明显升高,断头率增加(见图 8)。因此异形细旦丙纶变形速度一般选在 450 ~ 500 m/min 为宜。

2.6.3 变形加工 D/Y 比选择

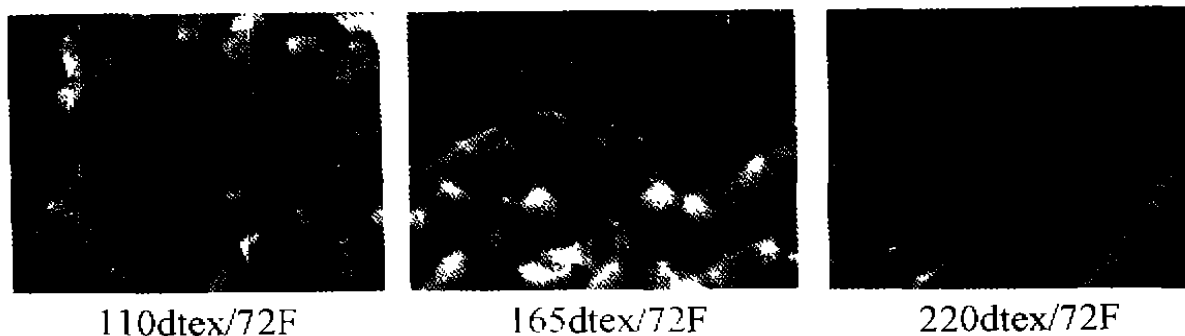


图 4 纤度对 POY 的异形度的影响

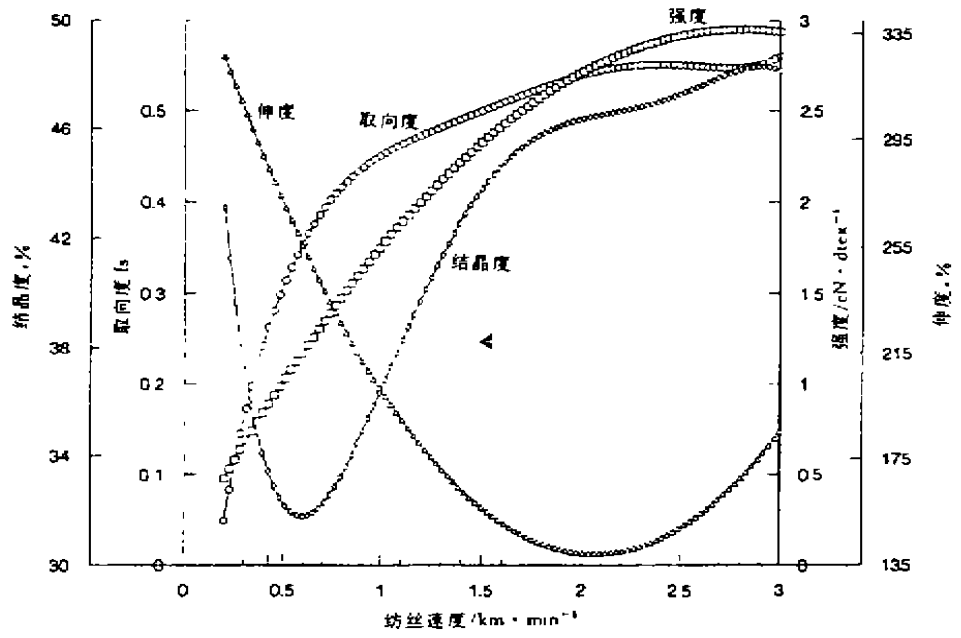


图5 纺丝速度对纤维结构、性能的影响

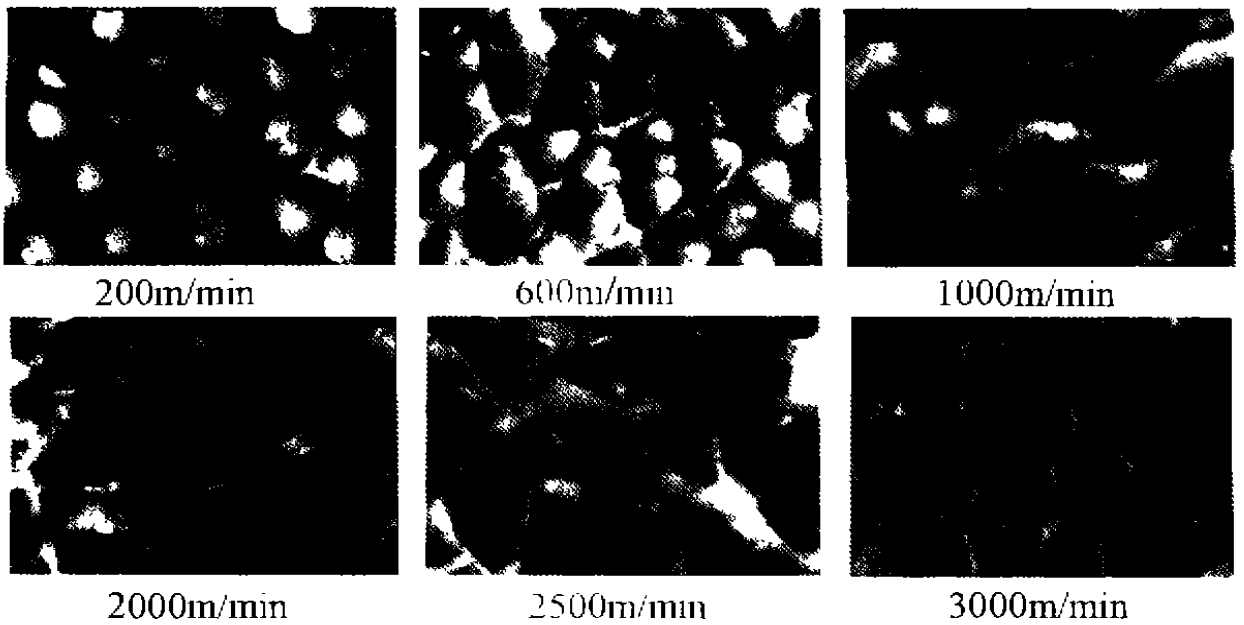


图6 纺速对初生纤维异形度的影响

D/Y 比选择是否恰当, 直接影响变形丝的假捻效果。从异形丙纶加弹工艺摸索中发现, 当 T_2 (退捻张力) / T_1 (加捻张力) ≤ 1.1

时, 加弹丝产生有大量的紧点, 而当 $T_2/T_1 \geq 1.3$ 时, 加弹时会产生毛丝。这是因为 T_2/T_1 偏小时, 假捻易产生张力波动, 打滑厉害, 致

使假捻效果不佳。而 T_2/T_1 较大时,假捻时纱线受到磨擦盘损伤的倾向增大,易产生毛丝。

由表 4 看出,一般异形丙纶 T_2/T_1 比选择在 1.1 ~ 1.3 之间为宜。

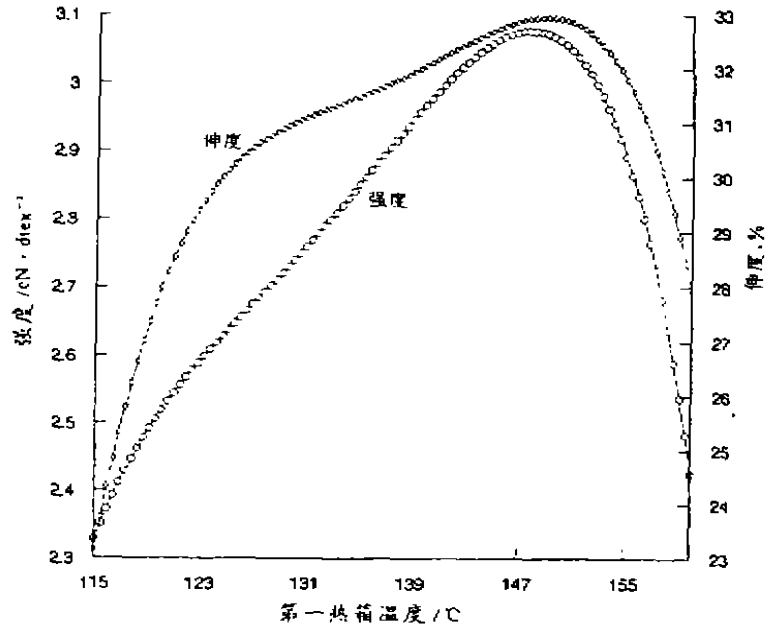


图 7 变形温度 T_1 对纤维性能影响

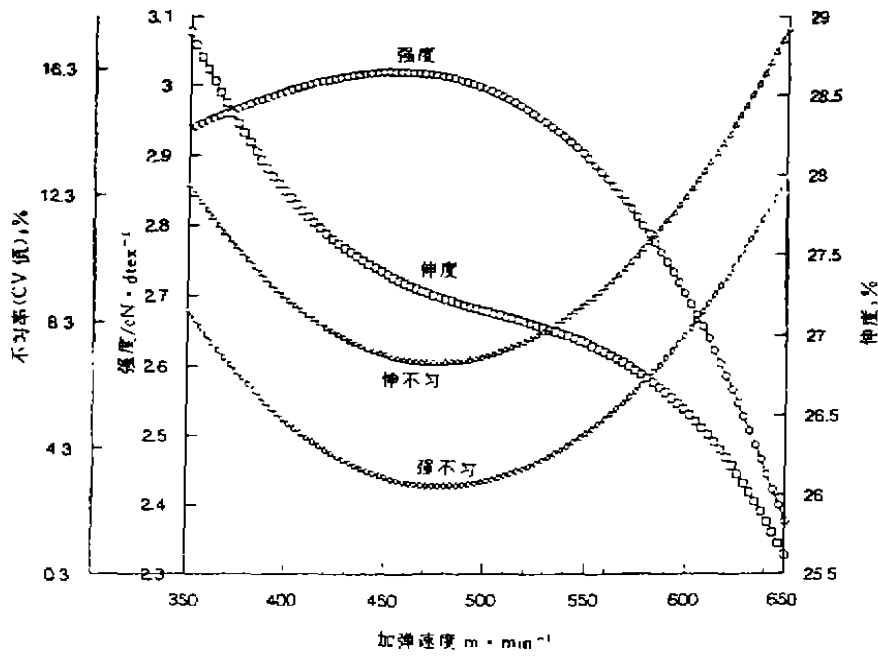


图 8 加弹速度对纤维性能的影响

表4 D/Y比对纤维性能影响

项 目	D ₂ /Y 比				
	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4
T ₂ /T ₁	0.96	1.07	1.24	1.49	2.24
强度/(cN · dtex ⁻¹)	2.84	2.99	3.03	2.74	2.69
伸度, %	35.0	33.6	32.1	27.7	22.4
加弹情况	紧点厉害	有少许紧点	较好	有少许毛丝	有较多毛丝

2.6.4 假捻片的选择

从文献报道来看,细旦丝在假捻时由于易受到磨擦片的损伤一般采用较柔性的聚氨酯假捻片,但从试验中发现,采用陶瓷片比聚氨酯片更适宜加工细旦丙纶(见表5)。这主要是丙纶结构中无刚性基团,纤维模量较低,柔性大,采用聚氨酯片假捻时纤维打滑低,扭矩大,容易将丝磨伤,所以采用陶瓷片更适宜加工细旦丙纶。

表5 假捻片对纤维性能的影响

项 目	聚氨酯片	陶瓷片
T ₂ /T ₁	1.1	1.1
强度/(cN · dtex ⁻¹)	2.54	3.03
伸度, %	24.08	33.6
加弹情况	有少些毛丝	较好

3 结论

a. 异形丙纶高速纺宜采用喷丝孔直径较大,长径比也较大的喷丝板,以减少孔口膨化效应,提高可纺性。

b. 聚丙烯原料宜采用熔融指数较高的切片,Z30S经过降温母粒的化学降解后,可

纺性提高,力学性能改善。

c. 纺丝温度与聚丙烯的流变性能密切相关,应选择合适的温度,并严格控制温度的波动,纺丝温度高则异形度大。

d. 在一定的范围内,稳定的纺丝条件下,单丝纤度低,纤维的力学性能提高。

e. 纺速在2500 m/min以上时,取向、结晶基本达到饱和,POY的力学性能及异形度随纺速的提高而提高。

f. 采用第一热箱温度145~150℃, T₂/T₁在1.1~1.3之间,加弹速度450~500 m/min,陶瓷片假捻器的加弹工艺生产的异形细旦丙纶低弹丝符合后加工织造的要求。

参 考 文 献

1. Watam Minoshuma, James L. White and Joseph E. Spruiell. Applied Polym. Sci., 1980, 25, 287~306
2. Candia D. F., Russo R. Pol. Engineering and Science, 1988, 28(15), 974
3. Thomas D. P. Polymer Eng. Sci., 1971, (11), 305
4. Cao Junan, Takeshi Kikutani. App. Pol. Sci., 1989, (37): 2683~2697
5. Diacik JN1, Diacik I, Jambrich M. Acta. Polymerica, 1990, 41(9), 500~504
6. 李允成、徐心华等编著,涤纶长丝生产,北京:纺织工业出版社,1989

认清形势 群策群力 深化改革