

细旦丙纶的拉伸性能和加弹 变形性能探讨

仲蕾兰 陈 稀[✓] 屈凤珍 万应杰*

(中国纺织大学, 上海, 200051)

TQ342.62

A

着重探讨了细旦丙纶的拉伸性能和加弹变形性能。试验发现,要获得拉伸性能好,性能优良的细旦丙纶,切片中必须加入高分子量添加剂的可控流变聚丙烯(CRPP),卷绕丝的结构、晶型以六方晶为主,结晶度较低,预取向达到一定值。加弹变形温度和产生紧点的临界温度均低于普通丙纶。随着变形温度的增加,紧缩弹性恢复率有一最大值,断裂强度和伸长随之下降,紧点数逐渐增多。

关键词:细旦丙纶 细旦丙纶高弹丝 加弹变形 拉伸性能 晶型 结晶度

聚丙烯纤维

细旦丙纶是丙纶向仿真丝和织物薄型化发展的新品种,除了具有常规丙纶的比重轻、保暖性好、强度高、耐腐蚀、耐磨等优点外,还兼有柔软、导湿和穿着舒适等特点,其中以芯吸透汗效应最为杰出^[1],而此特性又是开拓运动服和内衣的极好材料。因此细旦丙纶已越来越引人关注。但是,目前我国对丙纶生产工艺和织造性能的研究尚不多,为了探索细旦丙纶的生产工艺,本文着重讨论细旦丙纶的拉伸性能和加弹变形性能。

1 实验

1.1 原料

聚丙烯切片:上海石化股份有限公司生产的纤维级 Z30S, $MI = 22 \sim 25$, 等规度 96%;

降温母粒(DTBP):北京燕山石化公司产;

色母粒:广东新会色母粒厂产, PFR03 型,黄色, $MI = 25, 29$, 载体为聚丙烯。

1.2 试样制备

在 VC406 A 纺丝机, VC 443 牵伸机和

VC711 假捻机上制备出不同结构的细旦丙纶和高弹丝。其中纺丝速度为 700~900m/min, 拉伸倍数 2.5~3.5, 热板温度 80~100℃, 变形温度 130~150℃, 假捻度 3194, 欠喂 9%, 超喂 5.9%, 高弹丝捻度 80 捻/m。

1.3 测试

1.3.1 声速(C)

采用自制的 80M-I 型声速仪测量, 预张力 0.88cN/tex。

1.3.2 双折射

用 XPC 型偏光显微镜按色拉蒙补偿法测量。

1.3.3 晶型

用 Rigaku Denki 2077 型 X 光衍射仪测量。

1.3.4 结晶度

采用水-乙醇混合液配制的密度梯度管测量密度, 然后用公式计算结晶度^[2]。

1.3.5 力学性质

用 YG-021 型纺线强力机及 AG-10TA

收稿日期:1993-11-02

* 化纤 89 届学生万应杰、刘怡喙、金国卫参加了该工作

型万能材料试验机测量。

1.3.6 紧缩弹性恢复率

紧缩弹性恢复率按下式计算：

$$R(\%) = \frac{L_1 - L_2}{L_1 - L_0} \times 100\%$$

式中 L_0 —— 初始长度(cm)；

L_1 —— 加重负荷后的长度(cm)；

L_2 —— 去除重负荷加轻负荷后的长度(cm)。

1.3.7 纤维形态

在 Camscan-4 型扫描电子显微镜上观察并摄影。

2 结果与讨论

2.1 四种细旦丙纶试样的拉伸性能

表1为四种丙纶细旦丝切片试样的组成和分子量参数。四种切片纺成的细旦卷绕丝的应力-应变曲线见图1。图1曲线的各点均为20只试样的平均值。

表1 四种细旦丙纶试样的切片组成和分子量参数

样号	组成	$\bar{M}_n \times 10^{-4}$	\bar{M}_w/\bar{M}_n
1	Z30S	15.14	5.26
2	Z30S+DTBP	12.9	4.06
3	Z30S+DTBP+ 高分子量添加剂	13.4	4.17
4	Z30S+DTBP+高分子量 添加剂+色母粒	13.4	4.17

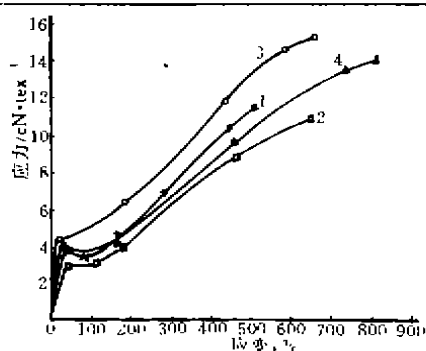


图1 细旦丙纶的应力-应变曲线
试样号同表1(下同)

由图看出,四种试样的应力-应变曲线形状显然不同。其中断裂伸长是试样4>试样3>试样2>试样1。断裂强度和屈服强度以试样3最高,试样2最低。

应力-应变曲线中的最大伸长率可定性地反映该纤维拉伸性能的优劣。试样1是用高效催化法生产的聚丙烯切片纺制的初生纤维,分子量大,且分布宽,大分子间作用力强,在外力作用下不易形变,故拉伸性能差。试样2是在纯Z30S切片中添加少量DTBP并造粒后纺制的初生纤维,由于在高温下大分子发生热化学降解,导致分子量明显下降,且分布变窄,故纺丝流动性好。又因大分子间作用力减弱,外力作用时易发生形变,故拉伸性能改善,但屈服强度和断裂强度下降。试样3是用纯Z30S切片,DTBP和少量高分子量添加剂造粒后纺制的初生纤维,分子量虽高于试样2,但由于添加剂中的大分子能向外延伸二个晶区^[3],充当承受应力的骨架,使纤维大分子在作用力下既不易滑移,又不易发生初始形变,故试样的拉伸性能大大提高,断裂强度和屈服强度最佳。试样4是在试样3切片中混入色母粒后纺制的初生纤维,由于小分子(颜料)的增塑作用使拉伸性能更优于试样3,但断裂强度却低于前者。

从比较上述细旦丙纶试样的应力-应变曲线中发现,在CRPP切片中加入少量高分子量的添加剂,对试样拉伸性能和断裂强度的提高均有利。上述四种试样细旦丝的实际拉伸性能见表2。

表2 四种细旦丙纶试样的实际拉伸性能

样号	拉伸单丝 纤度/dtex	拉伸情况	满筒率 %
1	1.73	毛丝,断头多,不能进行细旦拉伸	—
2	1.73	毛丝较多	70
3	1.73	好	95
4	1.73	好	95

由表 2 看出, 试样 3, 4 的拉伸性能最佳, 满筒率达 95%, 试样 2 仅达 70%, 试样 1 拉伸时断头多, 无法进行细旦拉伸。上述试样的拉伸结果与应力-应变曲线分析相吻合。

2.2 卷绕丝结构对细旦丙纶拉伸性能的影响

卷绕丝结构与其拉伸性能密切相关。通常, 丙纶卷绕丝的取向越低, 结晶度越小, 结晶变体越不稳定, 则拉伸性能越好, 断裂强度越高。对细旦丙纶而言, 因总纤度小, 根数多,

拉伸时易产生毛丝和断丝, 故在结构上预取向和结晶度不能太低。

表 3 为四种细旦丙纶卷绕丝结构与其拉伸力学性能的关系。由表 2, 3 看出, 试样 1 的晶型为 α 型, 结晶度和预取向最大, 拉伸性能最差, 不能进行细旦拉伸。试样 3, 4 的晶型均以拟六方的酝晶为主, 结晶度次于试样 1, 预取向较低, 拉伸性能和断裂强度最佳, 断裂伸长在 60%~70%。从直观上看, 细旦丙纶卷绕丝的晶型对拉伸性能影响较大。

表 3 卷绕丝结构对细旦丙纶拉伸性能的影响

样号	卷绕丝结构				拉伸性能		
	$\Delta n \times 10^4$	$C / \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$	$X_c, \%$	晶型	单丝纤度 / dtex	断裂强度 / cN · tex	断裂伸长 %
1	13.5	1.82	59	α 型	1.73	—	—
2	7.12	1.53	47.33	拟六方酝晶	1.73	34.0	45
3	10.4	1.60	48.69	拟六方酝晶+极少量 α 晶	1.73	39.5	62.45
4	12.4	1.76	49.68	拟六方酝晶+少量 α 晶	1.73	37.5	70.47

注: 复丝纤度 83.04 dtex。

试验发现, 丙纶卷绕丝的晶型与切片中添加剂关系甚大, 当切片中含有 DTBP 或高分子量添加剂时, 卷绕丝的晶型为拟六方酝晶, 反映在 X 光衍射图上, 试样 2, 3, 4 均出现二个酝晶型的特征峰, 而试样 1 却出现四个 α 型的特征峰(见图 2), 从二种晶型的结构差异^[4]中可明显看出, 含有酝晶型的丙纶纤维易发生形变。试验也证实了试样 2, 3, 4 的拉伸性能确实优于试样 1。

纤维可拉伸性的提高还与其球晶尺寸的减少有关, 而球晶尺寸的减少也是因加入高分子量添加剂所致^[5]。

细旦丙纶的预取向高于普通丙纶的原因是由于熔体细流易冷却固化。四种细旦丙纶卷绕丝, 尽管纤度和冷却条件相同, 但因加入了不同的添加剂, 其预取向按下列次序增加: 试样 1 > 试样 4 > 试样 3 > 试样 2 (见表 3)。加入高分子量添加剂的试样 3, 4, 具有稍高的预取向, 其原因可能是连接晶区的缚结分子在纺丝应力作用下发生轴向取向所致。对于试样 2, 由于熔体细流的粘度下降, 导致成形

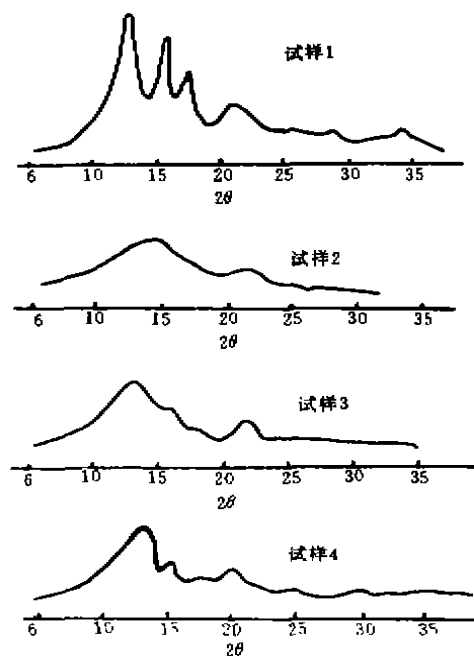


图 2 四种细旦丙纶卷绕丝的 X 光衍射曲线
时纺丝应力减少, 故预取向最小。而试样 1 因

分子量大,且分布宽,则预取向最大。实践证明制取细旦丙纶的预取向并不是愈小愈好,因为预取向太小,卷绕丝的断裂强度太低,拉伸时易出现毛丝、断丝,导致拉伸性能变差。

对于细旦有色丙纶,虽然有良好的拉伸性能,但其成品丝的断裂强度却比同一种切片的白色细旦丙纶低(见表 3)。图 3 为有色细旦丙纶卷绕丝的扫描电镜照片,由图看出,纤维表面分布有大小不等的颜料颗粒。有色细旦丙纶的上述特性就是由颜料颗粒造成的纤维内部结构不完整所致。颜料颗粒或小分子的存在非但会使折叠链晶片更松散,无定形区链段排列更无规^[6],同时还可减弱分子间的作用力。其结果,虽然提高了有色丙纶纤维的拉伸性能,但却导致缚结分子易从晶区

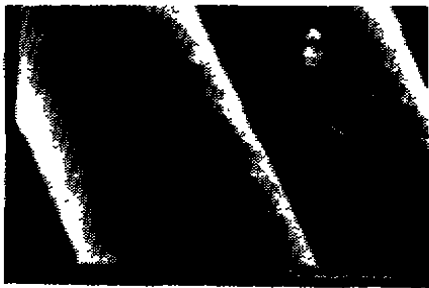


图 3 有色细旦丙纶卷绕丝的扫描电镜照片

中滑移出来或发生断裂。

试验还发现,试样 3、4 的结晶度虽比试样 2 大,但拉伸性能却优于试样 2。笔者认为结晶度的提高固然会引起拉伸应力上升,断丝概率增加,但连接两晶片的缚结分子或晶体尺寸小,弥补了这一不足。

综上所述,要获得性能优良的细旦丙纶,切片中需加入高分子量的添加剂。在卷绕丝的结构上,晶型必须是拟六方的酞晶,结晶度较低,预取向达到一定值。

2.3 细旦丙纶的加弹变形性

2.3.1 原丝(拉伸丝)的力学性质与加弹变形操作性的关系

当丝条进入假捻变形机后,就会受到丝条之间、丝条与机器部件之间的摩擦及假捻张力的作用,因此对原丝的强伸度须有一定要求。就细旦丙纶而言,由于总纤度小,根数多,又加上纤维的结晶度大,故单丝强度较高,伸长略低。实验发现,当丙纶细旦丝进行加弹变形时,其伸长的下降速率比强度大,且有色丝下降更大。因此笔者认为,在相同强度下,细旦丙纶变形操作的顺利与否和原丝的断裂伸长关系更为密切,详见表 4。

表 4 原丝力学性质与加弹变形操作性的关系

样号	原 丝		高弹丝		变形期间强伸度下降率, %		加弹变形操作
	断裂强度 /cN·tex ⁻¹	断裂伸长 %	断裂强度 /cN·tex ⁻¹	断裂伸长 %	断裂强度	断裂伸长	
5	34.5	45	30.5	25.70	11.59	43.14	毛丝、断丝多 操作性差
6	39.5	62.45	35.3	40.16	10.63	35.69	好
7	37.5	70.30	32.4	30.11	15.74	57.27	好
8	38.1	77.15	33.2	34.32	12.86	55.51	好

注:试样 5、6、7 为表 1 中试样 2、3、4 的拉伸丝,试样 8 为另一种有色细旦丙纶。

2.3.2 变形温度对高弹丝性质和紧点的影响

变形温度是加弹变形工艺的主要参数之一,因此如何选择合理的变形温度对提高丙纶高弹丝的质量和消除紧点关系甚大。若紧点数多,将严重影响弹力丝的外观。通常,变形温度愈高,纤维进行卷曲及扭转时的刚性

愈小,则紧缩弹性恢复率高,变形效果好,然而温度太高,导致强伸度严重下降,且因丝条间粘连,造成因加捻而产生的局部不能解捻,形成紧点。表 5 为试样 7 在不同变形温度下的高弹丝性质和外观。由表 5 看出,在 130~150℃,紧缩弹性恢复率有一最大值,最佳温度为 135~140℃,断裂强度和伸长在整个变

形温度内均趋下降,140℃以上紧点数也随之增多。由此可见,细旦丙纶的最佳变形温度比普通丙纶约低 3~5℃,产生紧点的临界温度在 140℃以上,也比普通丙纶低。这是因为细旦丙纶单丝直径小,易传热、变形。

表 5 变形温度对细旦丙纶高弹丝性能的影响

样号	变形温度 /℃	紧缩弹性恢复率, %	断裂强度 /cN · tex ⁻¹	断裂伸长, %	产生紧点情况
9	130	85.20	37.0	57.20	无
10	135	90.00	36.4	40.50	无
11	140	91.80	35.3	34.32	无
12	145	87.40	30.0	20.40	较多
13	150	80.80	28.0	18.35	多

注:原丝全部为 8 号试样。

3 结论

a. 要获得品质优良的细旦丙纶,必须采用加入高分子量添加剂的 CRPP 切片。

b. 细旦丙纶的卷绕丝结构,晶型必须是以拟六方晶为主,结晶度较低,预取向达到一定值。

c. 要使细旦丙纶变形操作顺利,原丝应具有一定的强伸度。变形温度和产生紧点的临界温度均比普通丙纶低。

参 考 文 献

- 1 陈稀,腾国英,仲蕾兰. 合成纤维工业,1993,(2):31
- 2 陈稀,黄象安编. 化学纤维实验教程. 北京:纺织工业出版社,1988:183
- 3 Mahajan S J, Bhaumik K, et al. J Appl Polym Sci, 1991,43:49
- 4 仲蕾兰,戚慰先,徐莲珍. 中国纺织大学学报,1988,(6):69
- 5 Deopura B L, Kadam S. J Appl Polym Sci, 1986, 31:2145
- 6 吴震球,魏东周,孙玉山等. 合成纤维,1988,(1):1

RESEARCH ON THE DRAWING AND FALSE TWIST TEXTURING PERFORMANCE OF FINE DENIER POLYPROPYLENE FILAMENT

Zhong Leilan, Chen Xi, Qu Fengzhen, Wan Yingjie

(China Textile University, Shanghai)

ABSTRACT

The drawing and the false twist texturing performance of fine denier polypropylene(PP) filament are investigated in this paper. In order to obtain fine denier PP filament with better drawing performance and excellent properties, the controlled rheological PP (CRPP) chips containing high molecular weight additive must be used. The structure of the as-spun filament ought to have the smectic crystal form, lower crystallinity and moderate orientation. The false twist texturing temperature and the critical temperature produced the close points are lower than ordinary PP filament. With the increasing of the texturing temperature, the crimp stable has come to the maximum, the fracture strength and elongation decrease while the close point numbers increase gradually.

Key Words: fine denier PP filament; textured yarn; drawing; crystallinity

(上接第 16 页)

derterminated results showed, the quality of samples whose \bar{M}_w/\bar{M}_n was smaller and molecular weight distribution fitted Parson Distribution was better. The molecular weight distribution of polyether with starter of acid was narrow. The quality of polyether oiling agent was related to its structure, such as starter and polymerization degree, etc.

Key Words: GPC; polyether; molecular weight distribution