

阳离子可染涤纶细特丝纤度与结构性能关系

程嘉祺 魏 然 武 谦 孙 桐

(苏州丝绸工学院)

(中国纺织大学)

【摘要】 本文研究了阳离子可染涤纶细特卷绕丝结构特性。实验表明，在卷绕丝的名义单丝纤度达到 1.55 分特(d-*Tex*)时，其模量、结晶度等结构性能参数明显增大，沸水收缩率出现极大值，此时卷绕丝结构的形成主要由应力诱导结晶效应支配。

目前涤纶仿真丝开发的趋势正朝纤维细化、织物薄型化方向发展，而其中阳离子可染涤纶细特丝的研究更引人青睐。它的织物色泽鲜艳、性能优良、能充分表现真丝的风格，有较好的经济效益和社会效益。

Ziabicki 等人^{[1][2][3]}对涤纶纤维纺丝过程的工艺过程及结构性能等方面做过详细的探讨，他们认为，在常规纺丝范围内，普通特数纤维的结构形成主要受纺丝线温度场的影响支配，工业上实施的工艺调试往往以此为据。作者在自行设计纺丝工艺的基础上，纺制了单丝纤度为 3.3~1.0d-*Tex* 的阳离子可染涤纶细特丝，并进行了张力、双折射、红外光谱以及力学性能的分析，着重探讨了细特丝纺丝过程中的一些规律。

一、实验部分

1. 纺丝工艺条件：阳离子可染涤纶切片在常规纺丝速度下卷绕。
2. 张力测定：用日本OR-100R TOKYO

RANAI KOKI COLID 电子张力仪测定。

3. 双折射：用东德 Zeiss 的 Peraval Interphako 双光束干涉显微镜测定，浸液用 2-溴化萘或橄榄油。

4. 密度和结晶度：用密度梯度管法测定。

5. 沸水收缩率：取试样 20cm，在自由状态下沸水煮 20 分钟测其收缩长度。

6. 广角 X-Ray 衍射：在日本理学电机株式会社的 Rigaku D/max-III C 型全自动 X-Ray 衍射仪上测定。

7. 红外光谱分析：用美国 Mattson 公司制造的 Alphe Centauri 型傅立叶变换红外光谱仪测定。

8. 静态拉伸试验：在 YG002 型单纤维电子强力仪上测出单纤维的应力-应变曲线，并依此得出断裂强度、初始模量等数据。

二、结果和讨论

1. 卷绕丝取向、结晶和纤度关系
资料^[3]指出：在较低的纺丝速度下，熔体

表 1 不同纤度下的熔体挤出速度、固化时间

Table 1 The extrusion velocity and solidification time of various denier

卷绕丝的名义纤度 (d- <i>Tex</i> /f)	单丝纤度 (d- <i>Tex</i> /f)	熔体挤出速度 V_0 (cm/s)	纺程上平均速度 \bar{V} (cm/s)	固化长度 X_∞ (cm)	固化时间 (s)
83.3/24	3.47	17.7266	326.5475	47.24	0.1447
55.5/24	2.31	8.8633	301.8176	34.00	0.1127
55.5/42	1.32	9.0992	303.3107	35.10	0.1157
42.1/42	1.00	6.4031	284.4326	26.00	0.0914

挤出速度低、固定喷丝孔的大小形状，当单丝纤度低时，纤维在较低速度下开始结晶。

本试验采用纺丝速度为 950m/min，单丝纤度与熔体挤出速度、固化时间关系见表 1，单丝纤度与结晶度、固化点应力关系见表 2。从表 2 可见，卷绕丝的结晶度(X_r)、取向度(Δn)随单丝纤度的减小而增加，而固化点处的应力呈逐渐增加趋势。

表 2 不同纤度卷绕丝的结晶度、双折射和固化点应力

Table 2 The crystallinity optical birefringence and solidificating stress of various denier of undrawn filaments

单丝名义纤度 (dTex/f)	结晶度 X_r (%)	双折射 $\Delta n \times 10^3$	固化点应力 $\sigma(X_{\infty})$ (牛/厘米 ²)
2.64	1.83	5.84	466
1.99	3.17	6.50	972
1.32	5.75	8.60	1570
1.00	7.08	9.69	1620

这是由于在固化区内，处于粘弹态的大分子结晶有一个生长和变化过程，在较高的固化应力作用下，晶体结构由原来的球晶产生沿拉伸方向的延伸，择优取向，成为片晶结构。为进一步证实结晶与纤度关系，取四种纤度试样进行红外光谱分析。由图 1 可见，当单丝分特数从 4.63 减小到 1.00 时，红外光谱图上代表分

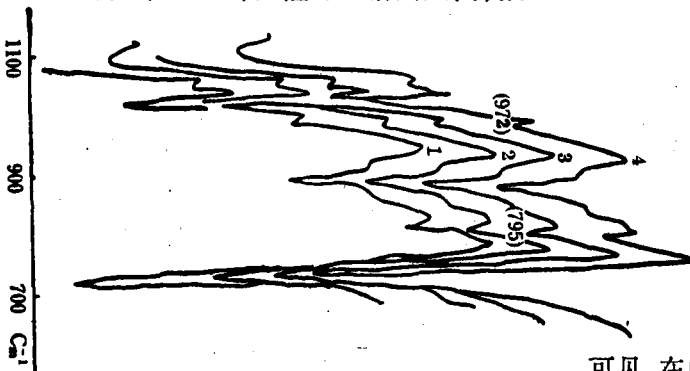


图 1 CDPET 卷绕丝的红外光谱扫描图
Fig. 1 The infra-red spectra of CDPET undrawn filament
1—4.63d-Tex; 2—2.64d-Tex; 3—1.32d-Tex; 4—1d-Tex.

子链反式结构的波数为 972cm^{-1} 处的吸收峰相对逐渐变尖，说明随着纤度减小，反式结构增多。由于晶区分子链取反式结构排列，证实纤度减小，结晶度增大。

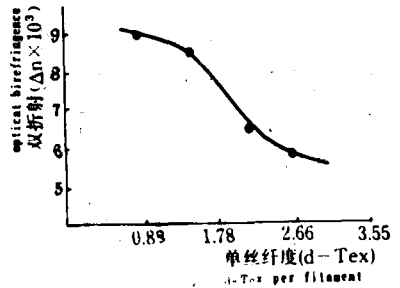


图 2 不同 d-Tex 的双折射值
Fig. 2 The optical birefringence of various d-Tex

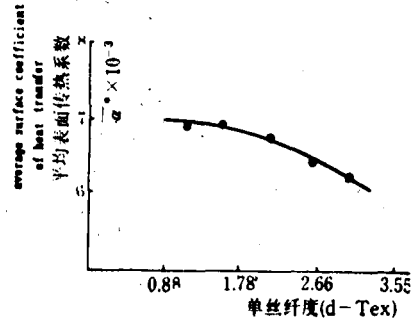


图 3 卷绕丝固化前平均表面传热系数和单丝纤度关系
Fig. 3 The average surface coefficient of heat transfer of undrawn CDPET before the solidificating point v. s. d-Tex per filament.

2. 卷绕丝的双折射与纤度的关系

如图 2 作示，在单丝纤度 1.11~2.22d-Tex 之间、卷绕丝的双折射值变化较大，而在单丝纤度 1.11d-Tex 以下和 2.22d-Tex 以上，曲线较为平坦。由表 2 可见，在单丝纤度 1.11~2.22d-Tex 范围内、固化点应力的变化也很大，在 1.32d-Tex 以下，固化点的应力超过 10^3 牛/厘米²，说明 纺程上应力影响逐渐增大。已有研究指出^[4]：在常规纺丝范围内，丝条固化前结构的形成主要受热

历史支配, 图3表明随单丝纤度减小, 表面传热系数增大。从聚合物成形的热历史考虑, 卷绕丝结晶度应随纤度减小而减小, 但实验结果却相反, 说明在1.11~2.22d-*Tex*范围内, 纺丝线上温度场和应力场对纤维结构的形成产生了竞争, 在这一特定区域内, 纤维结构的形成由受温度场支配转变成受应力场影响支配。

3. 卷绕丝物理机械性能与纤度关系

(1) 物理机械性能测试

图4、5、6分别为卷绕丝的强伸度、模量和沸水收缩率与单丝纤度关系。在1.11~2.22d-*Tex*范围内, 强度、模量随单丝纤度增加逐渐减小, 伸长逐渐变大, 而沸水收缩率在1.55d-*Tex*附近呈现极大值。这是由于单丝纤度小于1.55d-*Tex*时, 纤维的结构形成受张应力影响支配。纺制细特丝时, 固化长度较小, 相应地增加了固化区内的轴向速度梯度, 而且 dV/dX 随纤度的减小而升高, 造成固化点前处于粘弹态的熔体细流沿轴向进一步取向^[6], 应力及取向的共同作用促使细特丝的晶区及非晶区的取向比普通特数丝更高, 导致结晶度升高, 强度、模量随纤度减小而升高, 伸长随纤度减小而减小。在1.55d-*Tex*以下, 固化点张应力超过 10^3 牛/厘米², 结晶度较高, 增加了大分子链之间的结晶交链点, 抑制了聚合物大分子链在热作用下解取向的发生, 表现出沸水收缩率随纤度减小而减小。

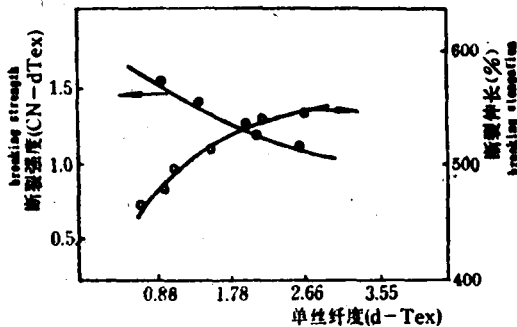


图4 卷绕丝强伸度与单丝纤度关系

Fig. 4 The relationship among the breaking strength, the breaking elongation and d-*Tex* per filament

(2) X衍射分析

从不同单丝纤度丝的X衍射扫描图可知, 当d-*Tex*逐渐变小时, 其赤道X衍射扫描谱图的峰越来越尖, 说明d-*Tex*减小, 晶粒尺寸增大, 这就进一步说明了在单丝纤度足够小时存在应力诱导结晶效应。

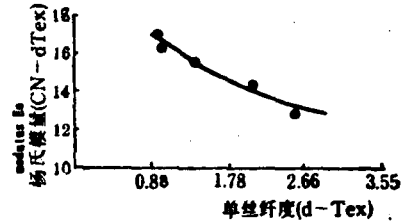


图5 模量与单丝纤度关系

Fig. 5 The relationship between modulus and d-*Tex* per filament

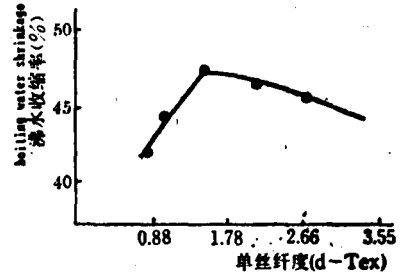


图6 沸水收缩率与单丝纤度关系

Fig. 6 The relationship between the boiling water shrinkage and denier per filament

三、结 论

1. 在常规纺速下, 随单丝纤度减小, 阳离子可染涤纶卷绕丝的结晶度、晶粒尺寸、取向度逐渐增大, 沸水收缩率在特定区域出现极大值。

2. 在卷绕丝名义纤度1.55d-*Tex*以下, 固化点张应力大于 10^3 牛/厘米², 卷绕丝结构的形成, 应力诱导结晶效应大于冷却速率的影响。

3. 在卷绕丝名义纤度1.11~2.22d-*Tex*范围内, 纤维结构性能指标变化较大, 而1.55d-*Tex*为突变点, 因此, 控制纺程上张力大小及固化区内结构形成规律是阳离子可染涤纶细特丝纺丝工艺的关键。

(下转第18页)

(上接第6页)

参 考 资 料

[1] 《纤维学会志》, Vol.38, No.9, 409 (1982)。

[2] 《Melliand Textile Berichte》, 4, 382

(1969)。

[3] 《Polymer. Eng. Sci》, 23, 95 (1983)。

[4] 《Inter. Polym Processing》, Vol. 3, No. 2, 95 (1988)。

[5] 《Polym. Eng. Sci》, 18, 53 (1978)。