

涤纶 DTY 丝热定形后动态力学行为

齐 鲁

(天津纺织工学院)

【摘要】 利用 Rheovibron DDV-II-E_A 型动态粘弹仪测试 PET DTY 纤维热定型后的动态力学性质。

关于涤纶纤维受力拉伸和热处理后的动态力学行为以及它与形态结构变化和染色、吸湿等性能的关系已有较详细的研究^[1,2]。但对于 PET 假捻纤维的动态力学行为研究报道却甚少。现在 PET DTY 丝广泛用于加工成各种织物,织物的热定形对于织物的染色、吸湿、尺寸稳定性乃至手感、风格至关重要。为此本文测定了涤纶假捻丝在不同温度下热定形后的动态力学—温度谱图。结果发现,与 DT 纤维在相同条件下热定形的动态力学谱截然不同。

力下测定纤维声速值。

二、结果与讨论

1. PET DTY 纤维与没假捻的成品纤维的动态力学—温度谱的比较。

从图(1)看出:1.在室温下, PTE 假捻纤维的复模量[E]值比成品 DT 纤维低一个数量级,并且假捻纤维的[E]-T 曲线与成品 DT 纤维不同,经过粘弹转变区后,[E]值不但没

一、实验部分

1. 制样:采用天津石化公司长丝厂生产的 100D/36 根涤纶 DTY 丝。把纤维缠在烧杯上,然后在烘箱中恒温加热 5 分钟。温度分别为:120℃, 140℃, 160℃, 180℃, 200℃, 220℃。

2. 动态力学—温度谱的测定

在 Rheovibron DDV-II-E_A 型粘弹仪上进行,频率为 11Hz,升温速度 2℃/min,温度:从室温升到 200℃。

3. 结晶度

用密度梯度管测定纤维的密度,正庚烷—四氯化碳配制比重液,测定温度 25℃±0.1℃。结晶度计算公式为: $x_c = \rho_c(\rho - \rho_a) / \rho(\rho_c - \rho_a)$, 式中: ρ : 试样密度, $\rho_c = 1.455\text{g/cm}^3$, $\rho_a = 1.355\text{g/cm}^3$ 。

4. 声速

在 SSY-1 型声速仪上,在 0.1g/D 预张

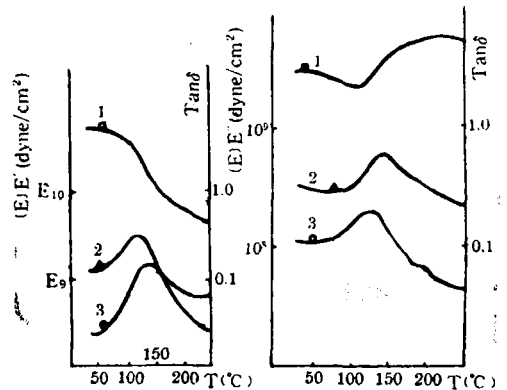


图 1 PET DT 纤维(a)与 DTY 纤维 (b)的动态力学—温度谱

1—[E]-T, 2—E''-T, 3—Tanδ-T

下降,反而上升,在[E]-T 曲线上出现峰形。2.PET 成品 DT 纤维的 E''-T 峰温比tgδ-T 曲线峰温低,PET DTY 纤维的 E''-T 峰温比tgδ-T 曲线峰温高。这显然与 PET DTY 过程有关,由于 DTY 过程中纤维经过加热、牵伸、加捻和解捻纤维经受相当大的拉力和扭力的作用,使纤维内部片晶间缚结分子扭曲和断裂一些,

原纤产生滑移、扭曲，纤维表面也受损伤，这样在纤维内部产生相当大的内应力集中，虽然假捻纤维经过热定形，但由于纺速高，纤维受热时间短，纤维内仍存有大量的内应力，同时纤维发生以扭曲形变为主的形变，因而使 $[E]_{室温}$ 下降。在粘弹测试过程中，随着测试温度的升高，扭曲变形的纤维开始伸直，造成应变硬化，使 $[E]$ 值升高，当测试温度超过纤维假捻时所经受的温度时， $[E]$ 值又复下降，因而在 $[E]-T$ 曲线上出现峰形。由此可见，这种 $[E]$ 峰是PET纤维在假捻过程中所受力、热历史的一种反映。

2. PET DTY 纤维在不同温度下热定形后其纤维的动态力学行为。

① $[E]-T$ 曲线

从 $[E]-T$ 曲线看出下列事实：(1)随着定形温度的升高， $[E]_{室温}$ 随之而升高。(2)当定形温度超过 140°C 时， $[E]-T$ 曲线上的粘弹转变区消失。(3)当温度超过 200°C 定形时， $[E]_{室温}$ 升至 10^{10}dyne/cm^2 以上，纤维的 $[E]-T$ 曲线上的粘弹转变区又重新出现， $[E]-T$ 曲线的左端与没加捻的成品纤维相似。这说明把纤维绕在玻璃杯上热定形时处于紧张定形状态，当定形温度较低时，大分子链段活动能力较低，

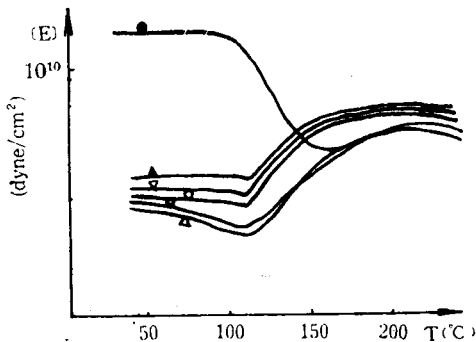


图 2 PET DTY 纤维热定形后的 $[E]-T$ 曲线
定形温度：△：120°C；□：140°C；○：160°C，
▽：180°C；▲：200°C；●—220°C。

假捻纤维内存在的内应力不能很好的松弛，当定形温度超过 140°C 后，大分子链段活动能力增高，纤维内的内应力要大量松弛，可是由于

纤维处于紧张热定形，导致形变硬化使 $[E]$ 值升高，掩盖了纤维的粘弹转变区。当定形温度超过PET纤维在假捻过程中所经受的温度时，假捻过程中产生的扭曲形变部分伸直和硬化，使初始模量大幅度升高，但是，由于假捻过程中纤维受到严重的扭曲变形，即使在 220°C 定形纤维内应力也没完全松弛。在 $[E]-T$ 曲线右端仍出现一个峰。

② $E''-T$ 曲线及 $\text{tg } \delta-T$ 曲线

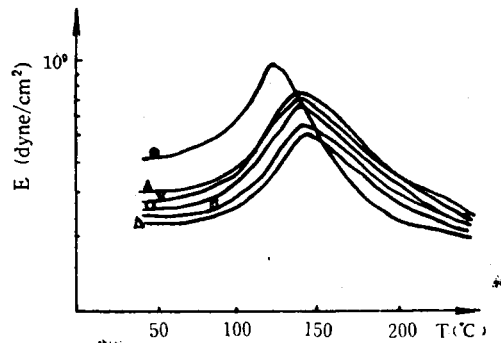


图 3 PET DTY 纤维热定形后的 $E''-T$ 曲线

从 $E''-T$ 曲线看， $E''-T$ 曲线峰位除 220°C 定形的例外，其它变化不大。 $\text{tg } \delta-T$ 曲线的峰位随定形温度升高先向高温移动而后又向低温移动，这与资料[1,2]报道一致。

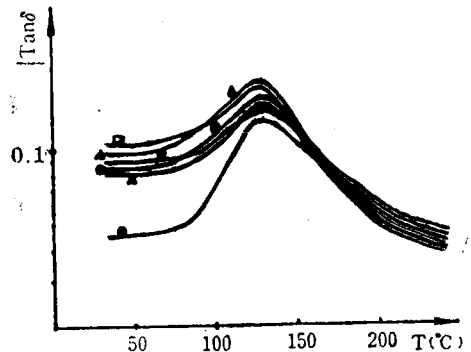


图 4 PET DTY 纤维热定形后的 $\text{tg } \delta-T$ 曲线

将 $\text{tg } \delta_{\text{max}}$ 对热定形温度作图[图(5)]，可以看到曲线形状与Dumbleton等^[3]所做上染率—热定形温度曲线十分相似，在 180°C 附近出现最低值。

以上事实说明 E''_{max} 与纤维加工历史有关，由于纤维在假捻过程中是在高温、扭力作

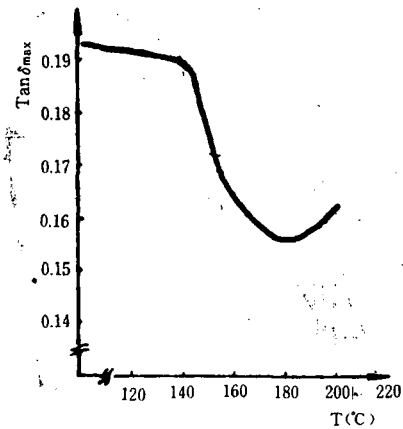


图5 PET DTY 纤维的 $\text{tg } \delta_{\text{max}}$ 与定形温度的关系

用下进行的, 使克服在上述情况下纤维内产生的内应力的能量升高, E''_{max} 峰位移向高温, 出现在 $\text{tg } \delta_{\text{max}}$ 的右侧。只有当超过 200°C 高温热定形后, 才使 E''_{max} 峰位有所变化。

$\text{tg } \delta_{\text{max}}$ 相当于 PET 纤维的 α 转变, 它与非晶区的链段运动直接相关。纤维在假捻过程中经受高温, 使纤维产生一定的结晶, 可是, 由于在扭力的作用下, 使纤维扭曲, 片晶间缚结分子扭曲、绷紧或绷断, 使晶粒难以完善, 当较高温度定形时, 由于较小晶粒合并或成长成较大晶粒, 进一步限制了非晶区的链段运动, 使 $\text{tg } \delta_{\text{max}}$ 峰值下降, 峰温移向高温, 当高温定形时, 由于形变部分伸直、硬化, 使晶粒进一步完善, 对非晶区的大分子链段运动阻碍减小, 使 $\text{Tan } \delta_{\text{max}}$ 峰值略有升高, 峰温移向低温。

3. 热定形后 PET DTY 纤维的结晶度和声速值

由图(6)所示, PET DTY 纤维热定形后, 结晶度随定形温度的升高而增长。

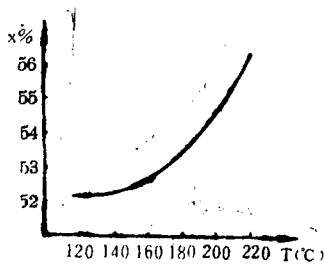


图6 PET DTY 纤维的结晶度与定形温度的关系

从图(7)看出: PET DTY 纤维在较低温

度定形后, 纤维的声速值虽有增长, 却比较低。

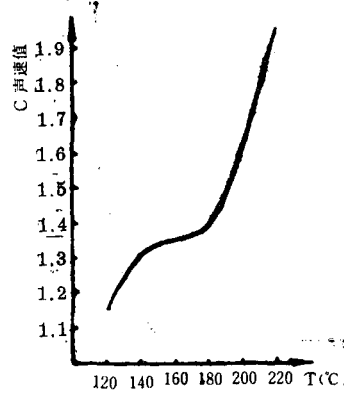


图7 PET DTY 纤维的声速值与定形温度的关系

在 140°C~160°C 定形, 纤维的声速值变化较小, 但超过 180°C 定形后, 声速值大幅度增长。纤维的声速值与纤维内大分链的取向有关, 上述实验结果表明: PET 假捻纤维在紧张状态下热定形, 随着定形温度的提高纤维内

大分子链的取向增高。

三、结 论

1. PET DTY 纤维的动态力学—温度谱与没加捻的成品纤维的谱图不同, 在 $[E]-T$ 曲线上出现 $[E]$ 峰, $E''-T$ 峰位在 $\text{tg } \delta-T$ 峰位的右侧, 这与 DTY 过程有关。

2. 当定形温度超过 140°C 时, $[E]-T$ 曲线的粘弹转变区被掩盖; 当温度超过 200°C 定形后, $[E]_{\text{室温}}$ 升至 $10^{10} \text{ dyne/cm}^2$ 以上。这与 PET DTY 纤维紧张热定形有关。

3. E''_{max} 值与 PET 纤维加工过程有关, 而 $\text{tg } \delta_{\text{max}}$ 相当于 PET 纤维的 α 转变。

4. 随着定形温度的升高, PET DTY 纤维的结晶度和声速值升高。

参 考 资 料

[1] Murayama, T, "Dynamic Mechanical Analysis of Polymeric Material", Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 1978, p. 67~80; 202~214.

[2] Gupta, V. B. and Satish Kumar, J. Appl. Polym. Sci., 1981, 26, 1865.

[3] Dumbleton, J. H., Bell, J. P. and Murayama, T, J. Appl. Polym. Sci., 1968, 12, 2491.