

防中子辐射纤维的拉伸性能

齐 鲁 段谨源 张 华 王学晨 金 剑

(天津纺织工学院)

【摘要】 利用 Rheovibron DDV-II-E_A 型动态粘弹仪等测试了用 B₄C/PP 复合材料纺制的防中子辐射纤维及其初生纤维和拉伸后的动态力学性能。发现在初生纤维的 [E]-T 曲线上, 玻璃化转变区后其 [E] 值和耐热性有些增加。拉伸后纤维的 [E] 值升高, 但超过 4.5 倍拉伸后, [E] 值又降低。拉伸后纤维的 tanδ-T 曲线上出现 α 峰。

目前在国防、石油和勘探以及仪器上使用中子源, 在反应堆式加速器的使用维护和中子源的制造过程中也有中子射线, 其对人体损伤很大^[1], 急需解决。我院研制出用 PP 与 B₄C 复合材料纺制的防中子辐射纤维。由于纤维中含有一定量的 B₄C 颗粒, 有关它的拉伸性能引人关注, 为此本文利用自动动态粘弹仪等试验方法, 对防中子辐射纤维的拉伸性能进行测试。

一、实验部分

1. 样品

防中子辐射纤维是自行研制的皮芯复合纤维。B₄C 的含量占总重量的 35%。初生纤维的纤度是 9.43dtex。拉伸在七辊拉伸机上进行, 总拉伸倍数分别是 2, 3, 3.8, 4.5, 5 倍。

2. 动态力学-温度谱的测定

在 Rheovibron DDV-II-E_A 型粘弹仪上进行, 频率是 11Hz, 温度从 -150~200℃ 和室温 ~200℃, 升温速度 2℃/min。

3. 电镜照片

在 DX-3A 型扫描电子显微镜上进行。截面放大倍数是 1200 倍, 轴向是 2000 倍, 电压 10kV。

4. 声速测取向因子和模量

在 SSY-1 型声速仪上, 在 0.09 cN/dtex 预张力下测定纤维声速值。

模量公式: $E = 11.3C^2$

式中: E 为纤维的模量; C 为纤维的声速。

(声速取向因子公式: $f_s = 1 - (C_u^2/C^2)$ 。

式中: f_s 为声速取向因子; C_u 为纤维在无规取向时的声速值。

5. 断裂强度和延伸度的测量

在 TEXTTECHNO FAFEGRAPH M 型纤维强力仪上测定, 每个样品测 20 次以上。

6. 显微镜照像

用 XSP-16 型生物显微镜, 用 YI 型哈氏切片器制取纤维切片, 放大倍数 400 倍。

二、结果与讨论

1. 初生防中子辐射纤维的动态力学性能
从图 1 看出, 防中子辐射初生纤维比纯

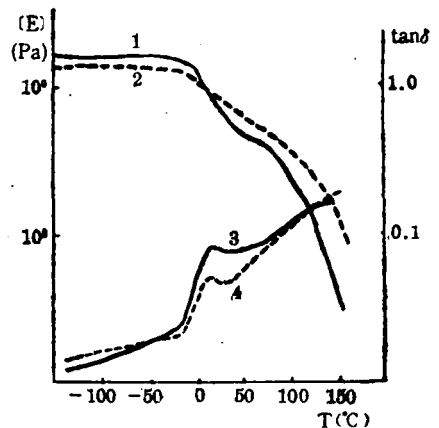


图 1 防中子辐射初生纤维和 PP 初生纤维的 [E]-T, tanδ-T 曲线

1—pp 初生纤维的 [E]-T, 2—防中子辐射初生纤维的 [E]-T, 3—pp 初生纤维的 tanδ-T, 4—防中子辐射初生纤维的 tanδ-T。

PP 纤维的复模量，在低于 T_g 的温区内 $[E]$ 值偏低，高于 T_g 的温区 $[E]$ 值偏高，这可能是由于聚丙烯的相溶性较差，而 B_4C 也具有化学惰性。虽然 B_4C 经偶联剂处理，但它的加入使纤维内部存在一些缝隙、空洞等结构缺陷(见图 2)，致使在低于 T_g 的温区模量降低。温度高于 T_g 时，用偶联剂处理的 B_4C 表面带有许多偶联剂的分子链，它与 PP 大分子互相缠绕形成网状结构^[2]，那些没处理好的 B_4C 颗粒表面也会同时粘附上几个 PP 大分子，起到相同的效果。另外 B_4C 是刚性填充剂，因此造成在 T_g 以上温区的模量升高，同时还改善了纤维的耐热性。



图 2 防中子辐射初生纤维截面照片

防中子辐射初生和 PP 初生纤维的损耗峰的峰位都在 10.8°C 附近，并没有因加 B_4C 而

发生偏移，而且含有 B_4C 的损耗峰值比 PP 的低。这说明处理后的 B_4C 粘附在 PP 大分子上或形成局部网状结构，对于 PP 大分子链段的小范围运动并不阻止^[8]。

2. 防中子辐射纤维的拉伸性能

由于初生纤维的强度、尺寸稳定性差，必须经过拉伸才能提高纤维的强度。

(1) 拉伸丝的表面形态结构

从图 3 可见，经过拉伸后，纤维的密度明显提高，纤维中的缝隙和空洞随拉伸倍数的提高而减少，且纤维纤度较均匀。经过 4.5 倍拉伸后，纤维仍保持皮芯结构、皮层对称分布于芯层周围。纤维的表面层与普通纤维相似的光滑。

(2) 拉伸后纤维的断裂强度与伸长

拉伸后纤维的断裂强度和伸长与拉伸倍数的关系如图 4、5 所示，纤维的断裂强度随拉伸倍数的提高而升高。经过 5 倍拉伸后，断裂强度可达 2.6 cN/dtex ，纤维的断裂伸长随拉伸倍数增大而下降。这主要是在拉伸过程中 PP 大分子和晶粒取向增加造成的。

(3) 拉伸后纤维的动态力学性能

从图 6 看出，随着拉伸倍数的提高，防中子辐射纤维的 $[E]$ 值升高，超过 4.5 倍拉伸后

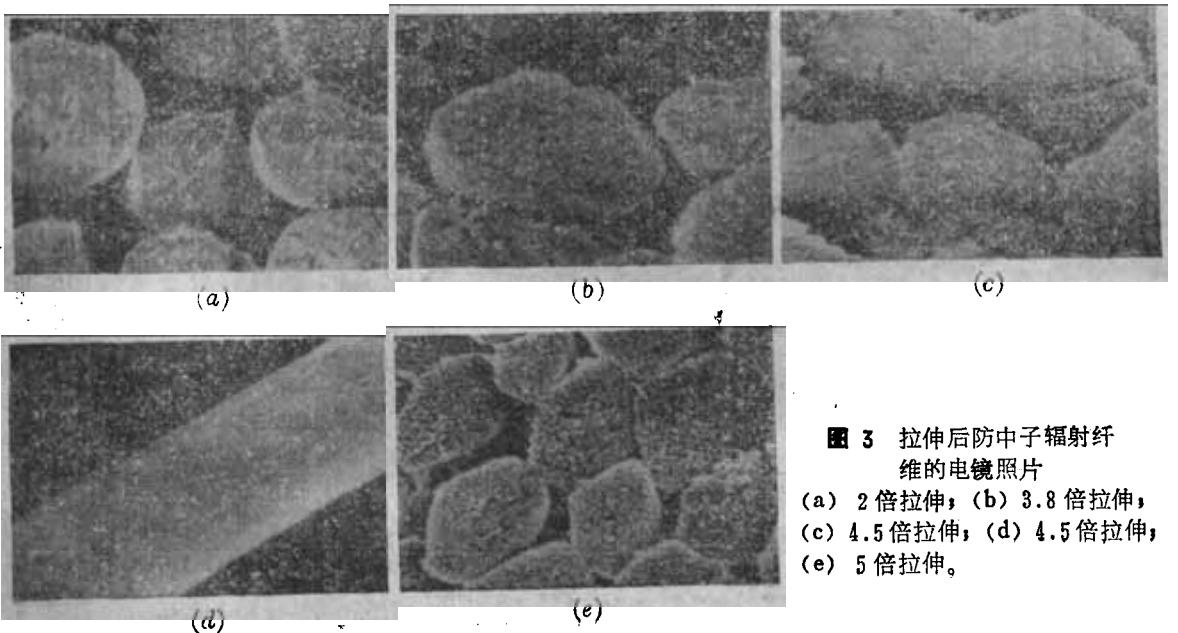


图 3 拉伸后防中子辐射纤维的电镜照片

(a) 2 倍拉伸，(b) 3.8 倍拉伸，
(c) 4.5 倍拉伸，(d) 4.5 倍拉伸，
(e) 5 倍拉伸。

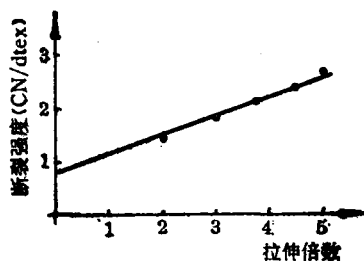


图4 拉伸后纤维的断裂强度与拉伸倍数的关系

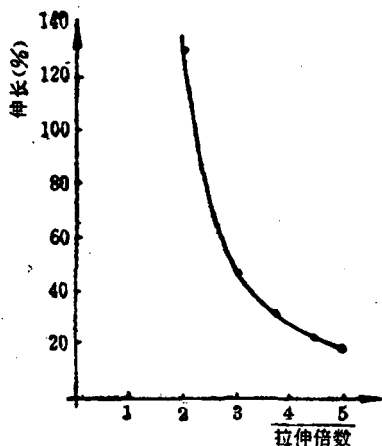


图5 拉伸后纤维的断裂伸长与拉伸倍数的关系

即使部分 PP 大分子断裂, [E] 值下降。因此含有 B₄C 的纤维最高拉伸倍数比纯 PP 纤维低。

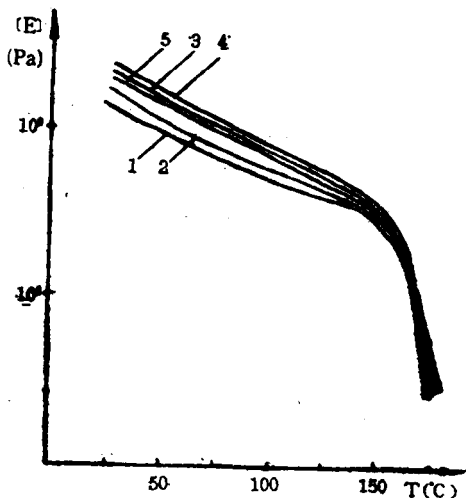


图6 拉伸后纤维的 [E]-T 曲线

拉伸倍数: 1—2 倍; 2—3 倍; 3—3.8 倍; 4—4.5 倍; 5—5 倍。

复模量又有所下降。

防中子辐射纤维在拉伸过程中, 使 PP 大分子沿纤维轴向排列紧密, 这样减少了纤维中一些缝隙、空洞等结构缺陷, 造成 [E] 值上升。在拉伸过程中, PP 大分子的伸展必然与 B₄C 颗粒产生摩擦, 并随着拉伸倍数的提高而增大, 而拉伸倍数超过 4.5 倍后, 摩擦的剧

表 1 拉伸后纤维的动态力学数据及声速取向因子

样品	拉伸倍数	声速模量 (cN/dtex)	取向因子 (f _s)	α 峰峰值 (tanδ _{max})	α 峰峰温 (°C)
1	2	22.98	0.408	0.154	97.6
2	3	30.11	0.548	0.151	97.0
3	3.8	34.03	0.60	0.152	96.8
4	4.5	43.85	0.69	0.153	96.4
5	5	38.98	0.651	0.155	96.3

从表 1 可看出, 纤维拉伸后在 tanδ-T 曲线上出现 α 峰, 随着拉伸倍数的增加, 峰值开始下降, 然后又略有上升, 这可能与 PP 大分子中晶粒的取向及晶区和非晶区的重排有关^[4]。2 倍拉伸时, 对初生纤维内的结晶破坏不大, 晶粒和非晶区的大分子取向比较低, 因此 α 峰峰值略高。随着拉伸倍数的增大, 晶粒和非晶区大分子取向提高, 使 α 峰峰值降低。当拉伸倍数进一步增加时, 初生纤维中的结晶被部分破坏^[5], 使 PP 大分子沿纤维轴排列, 对非晶区大分子链段运动阻碍减少, 使 α 峰峰值又略有升高, 峰温略向低温移动。

从表 1 还可看出, 纤维的取向因子和声速模量的变化规律与 [E] 值的变化相似, 这说明就改变防中子辐射纤维的动态力学性质来说, 取向度是比结晶度更为重要的因素。

三、结论

1. 防中子辐射初生纤维在玻璃化转变区后的 [E] 值比 PP 纤维的高, 耐热性增加。
2. 在拉伸过程中, 纤维的断裂强度和 [E] 值升高, 断裂伸长下降。纤维中的结构缺陷减少, 并能保持皮芯结构。超过 4.5 倍拉伸时, 纤维的 [E] 值又降低。
3. tanδ-T 曲线上的 α 峰与 PP 大分子、晶粒的取向及晶区和非晶区的重排有关。

参考资料

[1] 江腾秀等著,《辐射防护》, p.254, 原子能出版社, 1986。
 [2] 《高分子通讯》, 1986, No. 1, p. 30。
 [3] 《J. Polym. Sci.》, A2, 1970, No. 8, p.571。
 [4] 《J. Maroml. Sci. Phys.》, B10, 1974, p. 331。
 [5] 《Chem. Ind.》, 1962, 44, p. 463。