

聚丙烯纤维, 超细旦长丝, 工艺

丙纶超细旦长丝工艺路线的探讨

徐 德 增

(大连轻工业学院)

摘要: 本文对丙纶超细旦纤维生产过程进行了研究, 提出使用工艺过程简单, 技术上容易实现的常规纺丝、集中拉伸、喷嘴加热、多位卷绕高产量的一步法超细旦丙纶长丝生产路线。为丙纶超细旦长丝的生产开发提供参考。

一、前 言

丙纶纤维在我国已经有多年的生产历史, 大部分产品用于地毯、装饰织物和非织造布等方面, 很少一部分用于高档次的服装产品上。其主要原因是由两个因素造成的, 第一丙纶的物理性能在抗静电、手感、耐气候性、透气吸湿等方面与涤纶和锦纶相比差别较大, 第二是纺丝技术本身的影响。国内大部分工业化丙纶生产技术都是以高旦数、高单丝纤度来生产用于装饰性织物的材料以及工业丝、过滤嘴、非织造布为主的材料, 对高档次的服装面料开发不多。但是丙纶质轻、织物效应高、保暖性好, 特别是细旦丝(单丝纤度 $<2.2\text{dtex}$)手感好, 有芯吸效应, 导湿透气好和无凉感, 用作服用高档次的面料越来越受到人们的重视。我国的石油工业近年来发展很快, 分子量分布窄的纤维级聚丙烯高分子聚合物品种不断增加, 为开发细旦的丙纶产品奠定了基础。

美国、意大利、捷克各建成 $2.4\sim 4\text{kt/y}$ 细旦丝生产线, 作为军服、运动服、防寒服、登山服、工作服、内衣内裤等产品的原料。德国、意大利在研究高速纺丝试验规模中正在研制单丝纤度为 0.55dtex 的丙纶细旦复丝。我国营口化纤厂用复合法纺丝, 在后处理上剥离法生产超细短纤维已有产品。各种迹象表明, 丙纶超细纤维工业生产的高潮

即将到来。高档次、高附加值的丙纶超细纤维在服装及其它方面的产品就要大规模问世了, 这将有助于促进化纤工业的发展, 有助于促进丙纶技术的进步, 也为化纤工程技术人员提出了新的课题。

二、丙纶超细旦长丝的工艺路线

根据聚丙烯的物理性质和化学性质, 提出丙纶超细旦长丝生产的工艺路线见图1。

经过筛选后的适应制造超细纤维的丙纶切片, 经切片料斗进入螺杆挤出机。挤出的熔体经过滤器进入熔体分配管路, 经计量泵纺丝组件形成丝条, 抽取小分子以后, 经侧吹风冷却固化并上油, 进入五辊拉伸机, 第一次经热气流加热拉伸, 第二次由热板加热拉伸, 形成的成品丝条经上油辊上油后, 丝束分丝成形。这种复丝可以再经过空气变形或假捻变形出厂, 也可以把复丝直接作为产品出厂。因为生产过程是为最终产品服务的, 如果能生产出合格的丙纶超细旦丝, 中间的生产环节越简单, 生产过程越容易掌握, 产品的成本就会在同等条件下降低。由于这种生产装置避开了高速纺丝的复杂设备和噪音上的污染, 大多数设备可以由国内解决, 对生产丙纶超细旦长丝有一定的现实意义。

三、工艺过程的技术可行性讨论

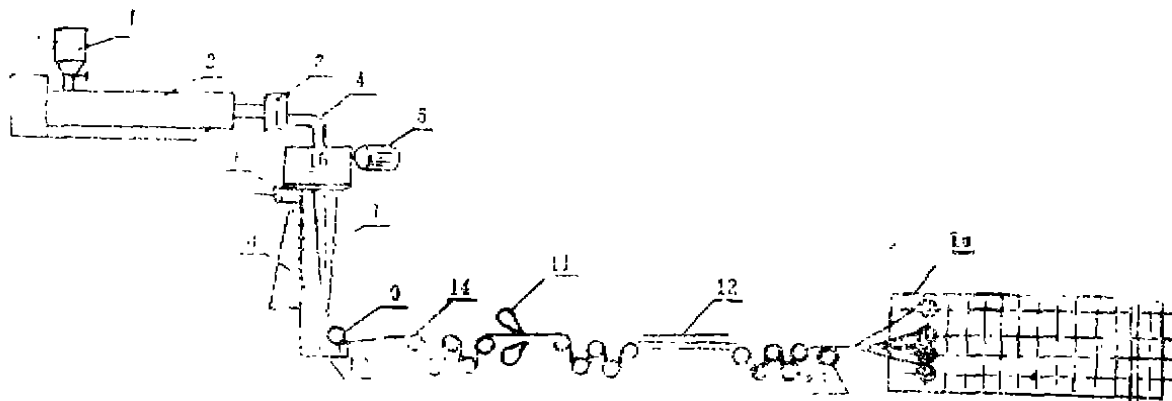


图1 超细旦长丝工艺流程示意图

1. 进料斗 2. 挤出机 3. 熔体过滤器 4. 熔体管路 5. 计量泵驱动电机
6. 小分子排出器 7. 丝束 8. 侧吹风装置 9. 上油轮 10. 油槽 11. 热吹风口
12. 加热器 13. 多位卷绕机 14. 五棉拉伸机 15. 上油辊 16. 纺丝箱体

1. 丙纶超细长丝常速纺丝与高速纺丝的比较

在涤纶、锦纶长丝生产中，纺丝速度似乎是衡量技术先进与否的标准，但是在丙纶纺丝过程中却不能象涤纶和锦纶长丝那样，很容易地使用高速纺丝系统。其主要原因是受到聚丙烯相对缓慢冷却速率和固化速率的限制，所以有学者提出丙纶生产的最佳速度为1500~2000m/min。多年来随着技术的不断更新，PET PA的纺丝速度不断提高，但要移植到丙纶实际生产过程中，在目前情况下还有一定的难度。如果采用常规纺速，就可以提高成功的把握，降低投资费用，缩短投资的回收期。

2. 丙纶超细纤维纺丝与剥离法生产过程的比较

剥离法生产超细纤维的过程是指用复合法纺丝，在后处理上分离在同一截面上不同特征的组分，使之成为超细纤维的一种方法，这在短纤维生产中已得到了成功的经验。这种方法的优点在于避开了超细纤维单独生产冷却成形时的各种麻烦，使初生纤维能顺利生成。它的缺点是纺丝过程需要两台以上的挤出机，两套计量泵系统和复杂的喷

丝头组件及纺丝箱体。若用于超细旦长丝生产过程中，后一步剥离处理和卷绕成形及退绕是否顺利还有待于进一步研究，如果能得到较好的解决，将是一种较好的生产超细旦丙纶长丝的好办法。与本文提出的丙纶超细旦长丝常规纺丝的工艺路线也不矛盾。

3. 工艺过程的技术可行性

本文讨论的丙纶超细旦长丝是指单丝纤度在0.7旦以下的长丝。生产这种丝除了对切片在分子量上分布越窄越容易实现以外，对纺丝过程的技术主要集中在丝条成形、拉伸和卷绕成形方面。与普通丙纶纤维生产过程相比最突出的特点是单丝纤度低，在上述过程中容易断头而出现毛丝，不能维持正常的生产。克服这种困难的主要方法是使用合理的设备和精心研究确定合理的工艺参数。

(1) 丝条形成过程

丝条的形成过程主要在于高聚物的流变行为和温度分布及张力情况。熔体在喷丝孔道内的流动，挤出物胀大和熔体破裂现象都由挤出条件（剪切速率 q 上限到 $10^2 \sim 10^4$ 秒 $^{-1}$ ）下纺丝熔体剪切流动特性所支配。另一方面在很宽的温度范围内（从挤出温度 t_e

到周围介质温度 t_{00}), 在伸长速率 q 相当小(稍稍超过 30秒^{-1})的情况下的拉伸特性(如伸长粘度 η_1)都会影响在喷丝头下发生的形变。对于丙纶和PET纺丝过程剪切粘度与剪切速率以及温度的关系见图2、3。

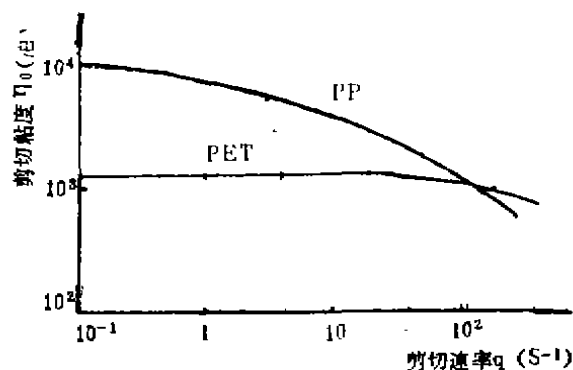


图2 在挤出条件下, PET、PP的粘度与剪切速率的依赖关系

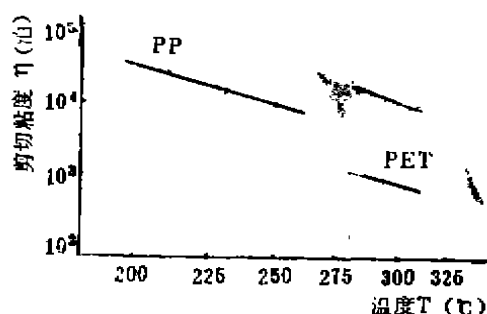


图3 PP、PET、纺丝熔体的牛顿粘度与温度的关系

剪切粘度的温度依赖性可用 $\eta(T) = C \cdot \exp(E_n/RT)$ Arrhenius 方程表示。式中 E_n 为活化能。从图2、3可以看出聚丙烯(PP)与聚酯(PET)之间的区别,所以在成形过程中喷丝板孔径的设计是比较重要的。适当的调节组件的熔体压力和选择合理的工艺温度,超细纤维可纺性会得到较好的结果。

(2) 平均温度的分布

丝条成形过程纺丝线上平均温度的轴向分布也是一个重要的参数,是纺细旦纤维必须注意的问题之一,可以由近似的理论公式

来计算:

$$T(X) = T_{\infty} + (T_0 - T_{\infty})(1 + K) \cdot$$

$$\exp\left\{-\int_0^x [n\pi d(\xi)\alpha^*(\xi)/WC_p]d\xi\right\}$$

式中: α^* —热传递系数

d —单丝直径

W —挤出量

K —对结晶潜热的校正。

通过求解得出的曲线与实验数据有较好的重合性(见图4)。

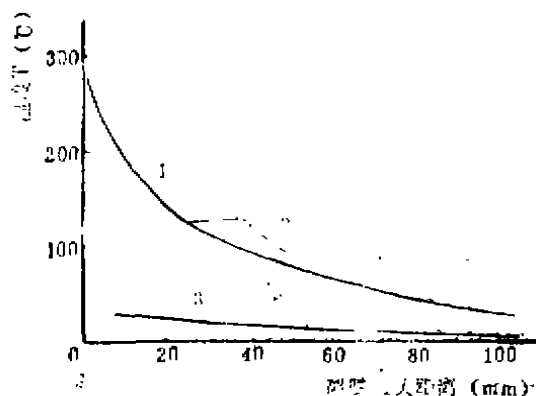


图4 实验所得的聚丙烯熔体融纺丝线的温度分布

图中曲线1表示没考虑结晶的影响,曲线2表示考虑了结晶影响理论的预算,曲线3表示冷却区温度。

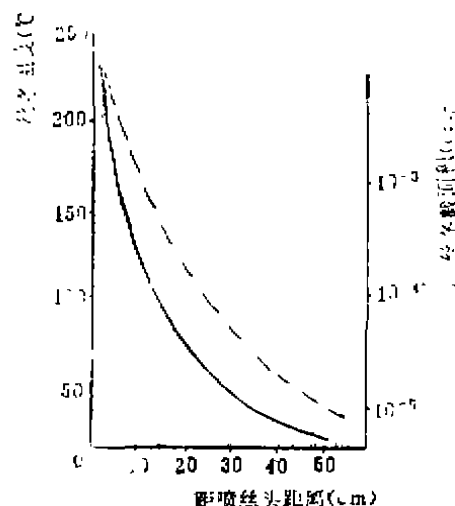


图5 冷却区内丝条温度和横截面积的变化

(下转