

抗静电聚丙烯纤维的研究

II. PP-PSUE 共混体系的流变行为

钟启清 谢新光

(四川联合大学纺织研究所, 成都, 610065)

摘要: 对抗静电剂 PSUE 改性聚丙烯纤维(PP)的流变行为进行了研究, 结果表明, PSUE 的加入使共混材料表观粘度减小, 非牛顿指数增大, 剪切敏感性下降, 改善了 PP 熔体的流动性能。共混体系具有良好的可纺性。

关键词: 抗静电剂 聚丙烯纤维 共混 流变性

聚丙烯纤维(PP)熔体纺丝过程中, 由聚合物熔体转变为丝条状的几何形态变化是通过流动和形变(简称流变)来完成的。因此, 研究共混体系的流变性能十分重要, 是控制纺丝成形的理论依据。本文重点考察了共混 PP-PSUE 改性 PP 的流变行为, 以进一步推动多功能 PP-PSUE 改性 PP 的开发。

1 实验

1.1 原料

聚丙烯切片, 北京燕山石化公司产; 多嵌段抗静电剂 PSUE, 自制。

1.2 测试

将 PP 和 PSUE 按一定质量比在 Haake Buchler System 40 转矩流变仪中, 210℃ 下熔融共混 7 min 后挤出, 压片, 切粒。

采用日本岛津 AG-10TA 电子万能材料试验机的毛细管流变仪, 恒定剪切速率, 口模长径比 20:1, 实验温度为 200, 210, 220℃。

流变数据处理按文献[1~3]处理。



作者简介:

钟启清, 26 岁, 硕士。现在上海石化股份公司工作。

2 结果与讨论

2.1 转矩与含量的关系

在转矩流变仪中, 转矩 (M) 与剪切应力 σ 成正比, 而在相同条件下 (T 和剪切速率 $\dot{\gamma}$ 一定), 剪切应力可以反映高聚物的粘度, 因而 M 可以表征高聚物的粘度。不同含量的共混高聚物与转矩关系如图 1。

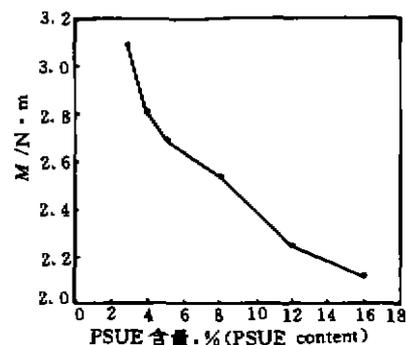


图 1 共混体系中 PSUE 的含量与转矩的关系

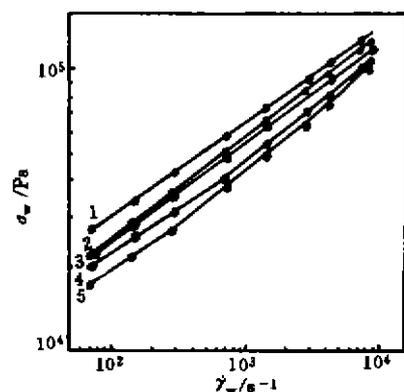
Fig. 1 Relationship between PSUE content and moment of torion of blend system

由图 1 可见, 随着 PSUE 含量的增加, 共混体系转矩下降, 表明 PP-PSUE 共混体系粘度下降。PSUE 对 PP 起到了类似增塑剂的作用, 随着 PSUE 含量的增加, 共混体系流动性增加。

2.2 剪切应力与剪切速率的关系

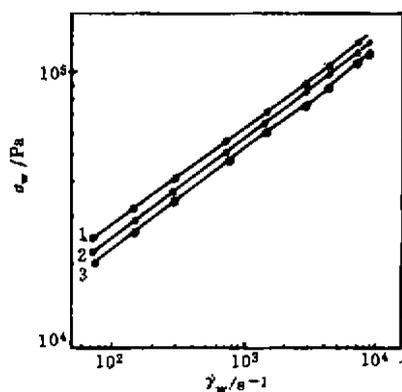
图 2a 为同一温度下 (210℃) 下不同添加量的

PP-PSUE 共混体系 σ_w 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系, 图 2b 为同一添加量(4%)不同温度下的 PP-PSUE 共混体系 σ_w 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系。



a. 210°C

1. PP; 2. PP-PSUE 4%; 3. PP-PSUE 8%;
4. PP-PSUE 12%; 5. PP-PSUE 16%



b. 4% 添加量 (Add-on 4%)

1. 200°C; 2. 210°C; 3. 220°C

图2 PP-PSUE 共混体系 σ_w 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系

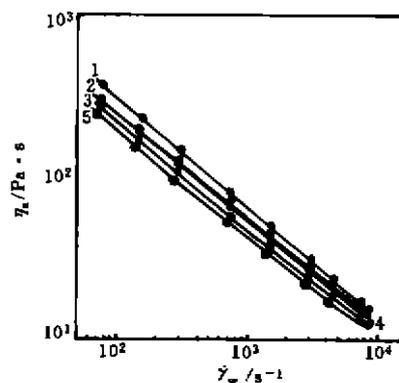
Fig. 2 Relationship between σ_w and $\dot{\gamma}_w$ of PP-PSUE blend system

由图 2 所示的 PP-PSUE 共混体系 σ_w 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系曲线可见, 共混体系的 σ_w 随 $\dot{\gamma}_w$ 的增加而增大。在相同温度和相同剪切速率下, σ_w 随添加量的增加而减少(图 2a), 这与图 1 所得出的结果是一致的。在相同添加量和相同 $\dot{\gamma}_w$ 下, σ_w 随温度的升高而减少(图 2b), σ_w 的减小标志着共混体系流动性的增大。

2.3 表现粘度与剪切速率的关系

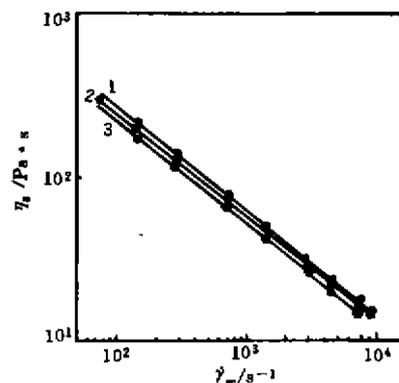
由 σ_w 与 $\dot{\gamma}_w$ 可以进一步求得共混体系的表现粘度(η_a)。图 3a 为同一温度下(210°C)不同添加量的 PP-PSUE 共混体系的 η_a 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系; 图 3b

为同一添加量(4%)不同温度下的 η_a 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系。



a. 210°C

1. PP; 2. PP-PSUE 4%; 3. PP-PSUE 8%;
4. PP-PSUE 12%; 5. PP-PSUE 16%



b. 4% 添加量 (Add-on 4%)

1. 200°C; 2. 210°C; 3. 220°C

图3 PP-PSUE 共混体系 η_a 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系

Fig. 3 Relationship between η_a and $\dot{\gamma}_w$ of PP-PSUE blend system

从图 3 所示的共混材料 η_a 与 $\dot{\gamma}_w$ 的关系曲线可见, 与纯 PP 熔体一样, 共混材料熔体为典型的假塑性流体, η_a 随 $\dot{\gamma}_w$ 的增加而减小, 即出现所谓的“切力变稀”现象。在相同温度和剪切速率下, η_a 随添加量的增加而降低(图 3a), 这表明 PSUE 的加入, 使共混材料熔体流动性增大。在相同添加量和相同 $\dot{\gamma}_w$ 下, η_a 随温度升高而降低(图 3b)。

2.4 非牛顿指数与添加量的关系

由图 2 求得的非牛顿指数(n)与添加量的关系见图 4。

由图 4 可知, PP-PSUE 共混材料与纯 PP 类同, 都是 $n < 1$ 的非牛顿型假塑性流体。这是因为在熔体流动中大分子链段沿流线方向取向, 大分

子无规缠结线团在流动中受流线的切变力作用解缠伸展,伸展后的大分子在流层间传送分配动量的能力比无规线团小,于是流层间的牵曳力也随之下降,切变粘度因而下降,表现出“切力变稀”。

随着添加量的增加, n 增大,流体的非牛顿性减弱。这种现象可以解释为:聚合物熔体流动时,除粘性流动外,还有弹性效应,PP大分子结构简单,其分子链长,相对分子质量大,易缠结。缠结点增多使得PP在流动中除表现出不可逆形变(即粘性流动)外,还发生一定的可回复的形变,即表现出弹性。这种弹性与交联橡胶弹性本质相近,是形变时分子取向,体系的熵值改变而引起的,即高弹性。熔体对形变的阻力是由粘性和弹性两种影响组成,因而表现为PP熔体弹性效应大,非牛顿性强, n 值小。而且它的这种非牛顿性比聚酰胺和聚酯流体大得多^[4]。所以说聚丙烯熔体是一种典型的高弹性流体。

PSUE分子结构中既有类似聚酰胺,又有类似聚酯的链节,其相对分子质量比PP低,流动活化能低,流动性较好。它的加入使PP-PSUE共混材料结构规整度降低,缠结点减少,弹性效应下降,众多的苯环又使得PSUE分子刚性比PP大,

因分子链解缠而导致的“切力变稀”现象减弱,表现为非牛顿性减弱, n 值增大。

从图4可见, n 值增大的趋势随着添加量的增大而趋缓,这是因为PSUE本身也是高聚物(只不过相对分子质量比PP小),也属于非牛顿流体($n < 1$),因而,二者的共混不可能使得 n 值无限制的增大,达到宾汉流体($n = 1$)的水平。

从图4还可看出,当添加量为4%时,随着温度的升高,共混材料的非牛顿性减弱。这是因为温度升高,大分子热运动增加,分子缠结减少,流动性增加,因而非牛顿性降低, n 值增大。

3 结论

- 随着PSUE含量增大,共混材料表观粘度减小,非牛顿指数增大,非牛顿性下降。
- 随着温度的升高,共混材料表观粘度降低,非牛顿指数增大。
- 随着剪切速率的增大,共混材料表观粘度降低。剪切敏感性随PSUE含量的增大而减小。
- PSUE的加入,改善了PP熔体的流动性,在纺丝加工中,可适当降低纺丝温度和剪切速率。纺丝温度的降低,有利于减少共混材料的热降解;而剪切速率的降低,可防止共混材料的熔体破裂现象。

参 考 文 献

- 陈稀,黄象安.化学纤维实验教程.北京:纺织工业出版社,1988.87~95
- Nielsen L E. Polymer Rheology. Marcel Dekker, New York, 1977. 237
- Han C D, Van Deu Weghe T, Shete P, et al. Effects of Coupling Agents on the Rheological Properties, Processability and Mechanical Properties of Filled PP. Polym Eng Sci. 1981. 21 (4): 196~204
- 孙友德,吴立峰.丙纶.广州:广东科技出版社,1987.73

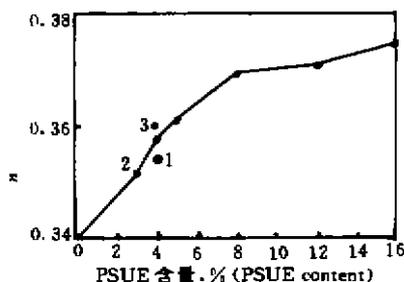


图4 PSUE添加量与 n 的关系

Fig. 4 Relationship between PSUE content and n

1. 200°C; 2. 210°C; 3. 220°C

STUDY ON ANTISTATIC PP FIBER

II. RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF PP-PSUE BLEND SYSTEM

Zhong Qiqing and Xie Xingguang

(Textile Institute of Sichuan Union University)

ABSTRACT: The rheological behavior of PP blended with PSUE was studied. The experimental results showed that the apparent viscosity of PP blended with PSUE decreased and the non-Newtonian index of the mixed PP-PSUE increased. The shear sensitivity index decreased while the content of PSUE increased. The spinnability of blend system was fine.

Subject Terms: antistatic agent; polypropylene fiber; blend; rheological property