

研究ノート

オレフィン樹脂における再紡糸条件の検討

平石直子*1、池上大輔*1、佐藤嘉洋*1

Examination of Respinning Conditions for Polyolefin Resin

Naoko HIRAISHI*1, Daisuke Ikegami*1 and Yoshihiro SATO*1

Mikawa Textile Research Center*1

本研究では、ポリプロピレン(PP)樹脂について、押出装置に熔融樹脂溜まりを設け、その有無が物性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。樹脂溜まりを設ける方法については、押出機のスクリューを「停止する」またはスクリューを「短くする」ことで実施した。樹脂溜まりを経て得られた繊維を用いて引張強度を評価したところ、今回の検討では、物性が向上するところまでは確認できなかった。

1. はじめに

経済産業省が2022年5月に策定した繊維技術ロードマップにおいて、『繊維 to 繊維リサイクル』は、重点的に取り組むべき技術開発の1つに挙げられている技術分野である¹⁾。このサステナビリティへの対応は、今後の企業経営にとって、切り離せない課題であり、原料の著しい高騰と相まって、『繊維 to 繊維リサイクル』の気概は高まっている。

通常、マテリアルリサイクル繊維製品は物性が低く、バージン原料と混合して製品化されることも多い。八尾は物理劣化・再生理論において、樹脂を静的熔融状態に保持することで残留せん断履歴を解消し、力学的特性を回復できると報告している²⁾。この技術の繊維 to 繊維リサイクル技術への応用を目的に、本年度はポリプロピレン樹脂について、熔融紡糸機を押出装置として用い、樹脂に熱履歴を与える押出試験と、紡糸機中に熔融樹脂溜まりを確保する紡糸試験を行った。また紡糸した糸の物性を測ることで、樹脂の滞留時間が物性に及ぼす影響を明らかにすることとした。

2. 実験方法

2.1 原料

使用した原料を表1に示す。PPは、押出グレードのホモPPを選定した。また、樹脂にせん断・熱履歴を加える目的で、このPPを押出機に3回通した樹脂も作製した(PP(R3))。また、市場にあるリサイクル樹脂として、(有)原野化学工業所製PP-NWを選定した。

2.2 紡糸試験

紡糸は、熔融紡糸装置 TN35(シリンダー径 35mm、(株)中部化学機械製作所製)を使用して行った。

表1 使用した原料と特徴

| 原料 | | 特徴 |
|--------|----------------------------------|---------------------------------|
| PP | ホモPP 押出グレード | MFR: 2.0 比重: 0.91 |
| PP(R3) | 上記の樹脂を押出機に3回通して作製 | |
| PP-NW | リサイクル ポリプロピレン(PP) 原野化学工業所製 | シートの端材 MFR: 0.94 比重: 0.91 |

紡糸条件は、紡糸温度 230℃、使用ノズル φ3.0 mm, 1H, L/D=3、押出回転 4rpm、GP 回転 4.5rpm(GP 2.4cc/rev.)、エアギャップ 4cm、延伸は熱水 98℃の1段階、延伸倍率 7.5 倍(第一ローラ 6m/min、第二ローラ 45m/min)である。

2.3 滞留試験

2.3.1 スクリュー停止法

樹脂を押し出す際、熔融した樹脂を静的熔融状態に置く目的で、押出機のスクリューを一定時間(0、15、30、60分)停止した後、押出機を再稼働させて上記の紡糸条件より糸を採取した。

2.3.2 短スクリュー使用法

紡糸機の押出機のスクリューを短く加工して、シリンダー部の先端に空洞部分を作ることで(図1)、熔融状態の樹脂を滞留させ、上記の紡糸試験の条件により紡糸した。樹脂の滞留時間は、紡糸機シリンダー空洞部分の容積と樹脂の吐出量から換算して約40分であった。

*1 三河繊維技術センター 製品開発室

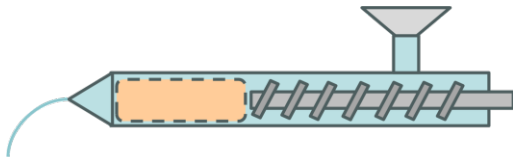


図1 短スクリーをセットした押出機 (側面から見たイメージ図)

2.4 物性評価

2.4.1 熔融粘度測定

押出機を通した樹脂についてキャピラリーレオメータ((株)東洋精機製作所製 1C)を用いて熔融粘度を測定した。試験条件は、キャピラリー φ1.0 1H L/D=10、測定温度 230℃で実施した。

2.4.2 引張強度測定

JISL1013 を参考に、定速伸長型引張り試験機を使用し、引張・結節強度の物性試験を行った。試験条件はつかみ間隔 20cm、引張速度 20cm/min、温湿度 20℃ 65%RH で実施した。

3. 実験結果及び考察

3.1 熔融粘度

図2左にPPとPP(R3)の熔融粘度、図2右にPP-NWについて、押出機中でスクリーを停止して滞留時間を0~60分設けた後、押し出した樹脂についての熔融粘度を示す。

熔融粘度の測定結果から、PPとPP(R3)において、せん断・熱履歴を与えたことによる熔融粘度の値にほとんど差異がなかった。リサイクル樹脂(PP-NW)についても、滞留試験を行った樹脂においてほとんど熔融粘度の差異が見られなかった。今回の試験で差異が出なかったことについては、紡糸機を用いた試験条件では、樹脂に早いせん断速度がかからず、樹脂に十分なせん断履歴がかか

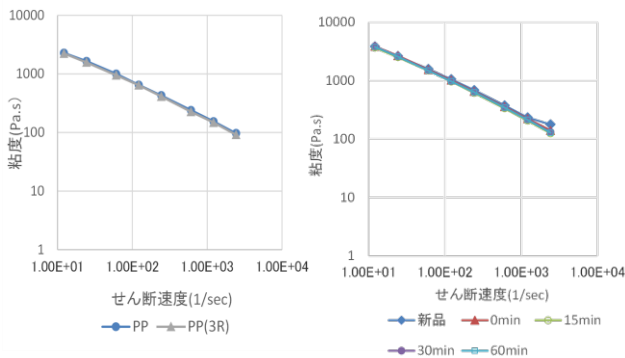


図2 PPとPP(R3)の熔融粘度(左)とPP-NW(滞留時間0~60分)の熔融粘度(右)

表2 作製した原糸の物性

| 原料 | 滞留時間(分) | 繊度(dtex) | 引張 | | 結節 |
|--------|---------|----------|-------------|--------|-------------|
| | | | 応力(cN/dtex) | 伸び率(%) | 応力(cN/dtex) |
| PP | 0 | 1,888 | 5.37 | 19.9 | 2.78 |
| | 15 | 1,892 | 5.14 | 19.7 | 2.66 |
| | 30 | 1,875 | 5.27 | 19.9 | 2.65 |
| | 60 | 1,881 | 5.32 | 19.4 | 2.83 |
| | 短スクリー | 1,928 | 5.36 | 19.7 | 2.88 |
| PP(R3) | 0 | 1,913 | 5.19 | 19.6 | 2.78 |
| | 15 | 1,905 | 5.38 | 19.7 | 2.85 |
| | 30 | 1,897 | 5.23 | 20.0 | 2.93 |
| | 60 | 1,910 | 5.31 | 19.8 | 2.94 |
| | 短スクリー | 1,972 | 5.16 | 19.1 | 2.92 |
| PP-NW | 0 | 1,861 | 5.09 | 17.9 | 2.67 |
| | 15 | 1,838 | 5.07 | 19.9 | 2.85 |
| | 30 | 1,835 | 5.23 | 18.6 | 2.66 |
| | 60 | 1,843 | 5.32 | 20.4 | 2.73 |
| | 短スクリー | 1,919 | 5.27 | 19.0 | 2.74 |

らなかつたこと、またリサイクル樹脂においても差異が出るまでのせん断履歴がなかったことが考えられる。

3.2 原糸の物性

表2に得られた原糸の物性を示す。結果からはPP、PP(R3)の引張・結節強度とも滞留時間の違いによる大きな変化は見られなかった。これは熔融粘度の結果からも熔融紡糸機で押し出したことによる熱履歴を得ることができなかったためと考えられる。

また、リサイクル樹脂(PP-NW)に関しても、引張・結節強度とも滞留時間の違いによる大きな変化は見られなかった。これは熔融粘度の結果と同様に、紡糸前までに加わった熱履歴が強度低下に影響するまでには至らなかったためと考えられた。

4. 結び

本研究の結果は以下のとおりである。

- (1) 熔融粘度の測定結果にほとんど差異がなかったことから、今回の試験条件においては樹脂に熱履歴を与えたり滞留試験による分子量に差異がなかったと推測された。
- (2) 押出機を停止して樹脂を滞留させたもの、または押出機のスクリーの先端をカットして樹脂だまりを設け紡糸したものについて、本研究の試験条件においては、物性に変化を見出すことはできなかった。

文献

- 1) 経済産業省 繊維技術ロードマップ, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/textile_technology/pdf/20220518_1.pdf (2024/9/27)
- 2) 八尾滋: 工業材料, 71(3), 44(2023)