

研究ノート

ポリオレフィン繊維の高強度化に関する研究

田中俊嗣^{*1}、佐藤嘉洋^{*2}、浅野春香^{*1}

Study on Achieving High Strengthening of Polyolefin Fiber

Toshitsugu TANAKA^{*1}, Yoshihiro SATO^{*2} and Haruka ASANO^{*1}Mikawa Textile Research Center^{*1*2}

ポリオレフィン繊維は、軽量、安価、高耐久性といった特性を持ち、漁網やロープといった産業用資材繊維として広く用いられる一方、その特性を生かした上で更なる高強度化が求められる。繊維の高強度化のための手法は様々提案されているが、本研究では冷却媒体に液体窒素や不凍液などを利用した低温冷却による熔融紡糸法について検討し、得られた繊維の冷却温度と引張強度の関係を評価した。

1. はじめに

ポリオレフィン繊維は、エチレン、プロピレン等の不飽和炭化水素をモノマーとする高分子化学繊維の総称で、軽量、安価、高耐久性といった特性を持つ。代表的なポリオレフィン繊維であるポリエチレン(PE)繊維やポリプロピレン(PP)繊維は、漁網やロープといった産業資材用繊維として広く用いられる一方、その特性を生かした上で更なる高強度化が求められる。

繊維の高強度を達成するには、例えばポリエステル(PET)繊維では、原料樹脂の高分子量化、繊維製造法の改良、熔融構造の制御など、様々な手段が考えられ、研究が行われている¹⁾。本研究では、繊維製造法の改良に関して、液体窒素、不凍液を使用した樹脂冷却法について検討し、引張強度との関係を評価した。

2. 実験方法

2.1 原料

冷却温度による影響が表れやすいと考えられるPP樹脂(プライムポリプロ®E-200GP、株式会社プライムポリマー製)を用いた。

2.2 PP 繊維の作製

0℃以下の低温で樹脂冷却を行うために、循環型水槽(長さ 60cm×幅 10cm×高さ 7cm)と冷却水循環装置(TBG020AA、ADVANTEC 製)を組み合わせた簡易冷却装置を試作した。冷却媒体にはポリエチレングリコールを主成分とする不凍液(ナイブランZ1、EYELA 製)あるいは液体窒素を使用し、モノフィラメント熔融紡糸機(TN-35、(株)中部マシン製)を用いて、各種条件でPP繊維を採取した。

2.2.1 液体窒素冷却によるPP 繊維の作製

紡糸条件は以下のとおりとした。紡糸ノズル:φ1.6×4H、L/D=3、紡糸温度:250℃、第1延伸槽温度:80℃、冷却条件:40℃水冷または液体窒素冷却。

各冷却条件で作製したPP繊維について、作製時の最大延伸倍率、引張強度及び結晶化度を比較した。

2.2.2 不凍液冷却によるPP 繊維の作製

紡糸条件は以下のとおりとした。紡糸ノズル:φ1.0×6H、L/D=3、紡糸温度:255℃、エアギャップ長 40mm、第1延伸槽温度:98℃、第2延伸槽温度:150℃、延伸倍率:8倍~12倍、繊度:440dtex。20℃、0℃、-10℃の3温度条件でPP繊維を作製し、引張強度及び結節強度測定を行った。

2.3 PP 繊維の評価

2.3.1 引張強度測定

万能引張試験機(テンシロンRTC、(株)エー・アンド・デイ製)を用い、JIS L 1013 に準拠し、つかみ間隔 200mm、引張速度 200mm/min の条件で測定を行った。

2.3.2 DSC による結晶化度測定

示差走査熱量計(DSC)(Thermo plus 8120:(株)リガク製)を用いて冷却直後の未延伸糸の融解熱量を測定した。ポリプロピレン完全結晶の融解熱量は文献値²⁾を参考に 207J/g として、結晶化度を求めた。

3. 実験結果及び考察

3.1 液体窒素冷却の影響

水冷による最大延伸倍率が9倍である一方、液体窒素冷却では6倍であり、延伸性は低下していた。

次に液体窒素冷却及び水冷で作製した6倍延伸PP繊維の応力-ひずみ曲線を図1に示す。同一延伸倍率で比

*1 三河繊維技術センター 製品開発室 *2 三河繊維技術センター 製品開発室 (現尾張繊維技術センター 機能加工室)

較すると、低温で冷却することで引張強度は増加していた。

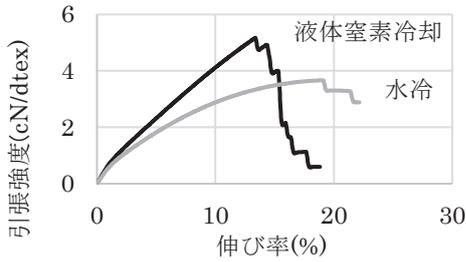


図 1 6 倍延伸 PP 繊維の応力-ひずみ曲線

表 1 PP 未延伸糸の結晶化度

	水冷	液体窒素冷却
結晶化度(%)	40.9	42.4

また、PP 未延伸糸の結晶化度を表 1 に示す。冷却温度による物性変化にも関わらず、結晶化度はほとんど変化していなかった。結晶化度がほとんど変化していないのは、PP 樹脂の結晶化速度が速いためと思われる。物性変化に関する詳細は更なる分析が必要だが、冷却条件が変わることで結晶サイズや非晶部の絡み合い数などが繊維の物性制御に影響したと考えられる。また、同一延伸倍率での引張強度が向上することから、低温冷却により延伸段数の削減等、繊維作製時の紡糸設備の省力化に寄与できる可能性があると思われる。

3.2 不凍液冷却による PP 繊維の物性評価

液体窒素冷却の結果を踏まえ、より応用可能性のあると考えられる不凍液を用い、繊維を作製した。不凍液は水に比べ粘性が高く、冷却後の繊維に付着した不凍液の除去が問題となった。作製した繊維の引張強度結果を図 2 に、結節強度結果を図 3 に示す。すべての冷却条件について、延伸倍率が上がるにつれて、引張強度は向上し、結節強度は低下する。これは、延伸により分子が配向するにつれて、圧縮に対する強度が低下するためである。特に 10 倍延伸以上では、冷却温度が低くなるほど引張強度は向上し、結節強度は低下する傾向にあった。しかしながら、低温冷却の効果は液体窒素冷却と比較す

るとわずかであり、物性を変化させるにはより低温で冷却を行う必要があった。

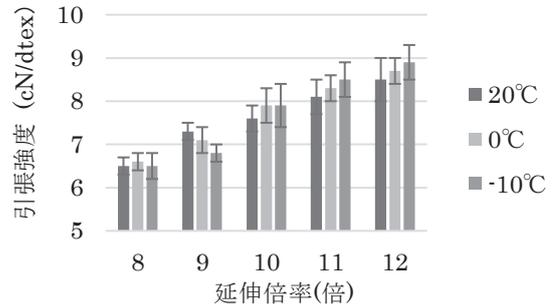


図 2 不凍液冷却 PP 繊維の延伸倍率と引張強度

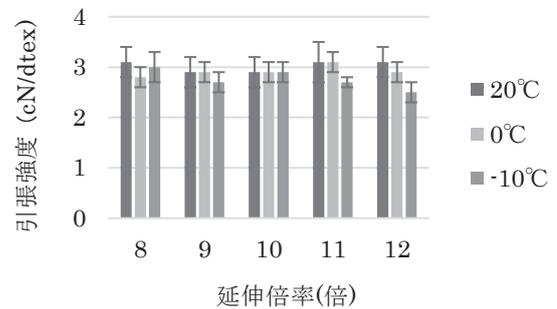


図 3 不凍液冷却 PP 繊維の延伸倍率と結節強度

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 液体窒素による低温冷却を行うことで、PP 繊維物性を変化させることができる。
- (2) 未延伸糸の結晶化度では冷却温度によりほとんど変化しておらず、物性変化は未延伸糸の結晶サイズや非晶部の絡み合い数が影響することが示唆された。
- (3) 不凍液冷の効果は液体窒素ほど顕著に表れず、より低温で紡糸を行う必要がある。

文献

- 1) 鞠谷雄士: 高分子, 50(12), 830(2001)
- 2) (社)プラスチック成形加工学会: 成形加工におけるプラスチック材料, 335(2011), 森北出版株式会社