ポリアリレート繊維(その特性と用途)

The Specific Character and the Use of Polyallylate Fiber

頼 光 周 平

1. はじめに

パラ系アラミド繊維を代表とする有機高強度繊維が1970年代以降企業化された。その後その高機能性を活用して大きな市場が形成されてきた。有機高強度繊維の製法を分類すると、乾湿式紡糸と熔融紡糸に分かれる。熔融紡糸による有機高強度繊維で市販されているものの代表がポリアリレート繊維「ベクトラン」である。

熔融紡糸による高強度繊維事業化は主に1980年代以降に検討されてきたが、現在では当社の「ベクトラン」のみが商業ベースで製造販売を行っている。本稿では、「ベクトラン」の繊維特性を紹介し、その特性を活用した用途事例、および最近の開発事例について述べる。

2. 「ベクトラン」について

高強度繊維の中での力学物性について比較したものが図1である。引張切断強度は汎用繊維である工業用ポリエステル繊維と比較しても約3倍弱、代表的パラ系アラミド(PPTA)繊維と比較しても同レベルである。初期弾性率については、PPTA繊維と同特性を持つ2銘柄を上市しており、要求される特性に対応して使い分けることができる。

図1 各種繊維の強度 vs 初期弾性率。

2.1 原料ポリマーと製造方法¹⁾

「ベクトラン」高強度タイプ(HT)のポリマー分子構造を図2に示す。

ベンゼン環成分とナフタレン環成分をエステル結合で繋いだ共重合体物からなる。一方PPTA繊維はベンゼン環をアミド結合で繋いだポリマーから構成されており、特にこの結合基の違いにより、同じ高強度繊維で有りながら異なる繊維特性を示すことになる。「ベクトラン」の製法は、先ずこの溶融液晶性を有するポリマーを高温で熔融紡糸することで強度7~8CN/dtex程度の紡糸原糸を繊維化する。続いて紡糸原糸を高温雰囲気下で熱処理し引張強度を増大させる。最後に用途別の油剤付与や、その他の表面処理を施して製品となる。

熔融紡糸方法の利点としては、産業用ポリエステル繊維と同様に紡糸するヤーン織度を細い物から太い物まで比較的容易に生産できることにある。よって各高強度繊維の製品中では最も多い27の織度銘柄構成をなしている。特に560dtex以下の銘柄を充実させることで織物など各種の製品要求に応えられる。また顔料添加した原着糸の紡糸生産も可能であり、商品展開上での多様性が高い。また「ベクトラン」の高弾性率タイプ(UM)をHT銘柄とは異なるポリマーを原料にすることで製品化でき、より広い用途分野へ展開中である。

図2 ポリマー分子構造

2.2 繊維特性

「ベクトラン」の一般物性を表1に示す。

以下に「ベクトラン」に特長的な物理的物性について述べる。

2.2.1 非吸湿性

「ベクトラン」は高疎水性で、極めて含有水分率が低い。特に乾/湿環境下での強度物性差(図3)に優れている。ま

SHUHEI YORIMITSU
クラレ西条(株) ベクトラン生産技術部
生産課長 工学修士
〒793-8585 愛媛県西条市朔日市892番地
クラレ西条(株)
Tel: 0897-55-3233 Fax: 0897-55-3233
E-mail: shuhei_yorimitsu@kuraray.co.jp
〈専門〉有機化学・有機合成繊維
〈趣味〉音楽鑑賞

表1 一般物性

物性項目	(単位)	ポリアリレート繊維		パラ系アラミド繊維	
		ベクトラン		PPTA	
		高強力 HT	高弾性率 UM	高強力 (レギュラー)	高弾性率
密度	(g/cc)	1.41	1.40	1.44	1.44
分解温度	(°C)	>400(分解)	>400(分解)	>400(分解)	>400(分解)
水分率	(%)	<0.1	<0.1	7.0	3.5
難燃性(LOI)	(%)	28	30	30	30
繊維構成	(dtex/f)	1670/300	1580/200	1670/1000	1670/1000
引張切断強度(標準状態)	(cN/dtex)	24.2	21.5	20.3	20.8
引張切断伸度	(%)	4.0	2.8	3.6	2.4
引張初期弾性率	(cN/dtex)	530	740	490	781
収縮率 W _{Sr} (熱水100°C×30分)(%)		0.15	0.04	0.10	0.04
DS _r (180°C×30分)(%)		0.15	0.01	0.15	0.04
湿潤時の引張切断強度	(cN/dtex)	24.0	21.4	18.3	18.7
乾/湿時の強度比	(%)	99	100	90	90

図3 乾湿繰返し時の寸法変化

た乾湿繰返し時の寸法安定性に優れている。高湿度雰囲気下でも繊維内部に水を保有しないため、補強材料として使用時に安定な物性を維持することが出来る。またFRPなどの成型時に加熱環境下で保有する水分を放出することもない。よって成形加工時の乾燥が簡略化でき、かつマトリックス樹脂への影響も極小化できる。

2.2.2 低クリープ性

室温で引っ張り切断強度の30%に当たる加重を付加した場合のクリープ特性を図4に示す。「ベクトラン」の経時的な伸び変化率は極めて小さく寸法安定性が高いことが分かる。これはロープやケーブルのように常時荷重負荷がかかる用途で使用する場合、良好な寸法安定性が得られることを示している。また上記の吸湿特性や低温特性と合わせると、環境変化に対する物性変動が低く、厳しい条件下での使用に好適であることが分かる。

2.2.3 その他

「ベクトラン」の優位な特性として、他に乾/湿環境下における耐熱老化性や、耐繊維間摩耗性、耐薬品性などがある。これらの特性を活用することで高強力繊維としての

商品展開が拡大すると考えている。

3. 特徴を活用した用途事例

「ベクトラン」の製法や物性を有効に活用した事例を以下に紹介する。

図4 クリープ特性

〈コード・テンションメンバー、ネット関連〉

主に高強度、高弾性率、非吸湿性、耐摩耗性、低クリープ性・豊富な原着糸バリエーションなどの特性を活かした用途を紹介する。

例) 原着ワイヤー代替コード

バレーやテニス用ネットやプールのコースロープ用金属ワイヤーの代替。従来金属コードでは、端末部やささくれ部位の危険性、重量などが問題視されてきた。それに対し「ベクトラン」を用いることで、軽量で使用中の垂れや伸びが無く(高弾性率、低クリープ性)、錆びないという優れた特性を持つコードが製造可能となった。また黒や青等の原着カラーリングが可能のため、スポーツ愛好家から好評をいただいている。

図5 各種スポーツネット・ワイヤー(提供：アシックス)

〈シート・膜材料関連〉

主に高強度、高弾性率、非吸湿性、低温力学物性、耐切削性などの特性を生かし、樹脂加工などと併用して飛行船膜体、高圧ホースやパイプの補強用基布、競技用のヨットセールなど各種用途の基布に使用されている。

例1) NASA 火星探査機の着陸用エアバッグ基布

1997年7月に火星へ探査機「マーズパスファインダー」が、続いて2004年1月にも探査機「スピリット」と「オポチュニティ」が着陸した。何れも着陸時にエアバッグ方式を用い、基布に「ベクトラン」が使用された。「マーズパスファインダー」に採用された基布は110dtex ヤーンの40g/m²目付の織物6枚重ねと、最内層には気密保持目的で220dtex ヤーンの織物にシリコン被覆した基布1枚が用いられた。火星の温度は-50~-100℃とされており、「ベクトラン」の低温特性と耐切削性が評価された結果であった。(NASAのHPに記載。)

図6 火星探査機に使用のエアバッグ
(NASAのHPより)

例2) 膜式防潮堤

「ベクトラン」膜による人工防潮堤。高潮など水の侵入が予想される開口部に膜体を張り、膜面に作用する水压をロープを介して両端固定点に伝達する仕組みである。この防波堤は薄くて軽く脱着が容易であるが柔軟構造により大きな水压にも耐えられるものである。この膜体の基布及びロープ素材に「ベクトラン」が使われている。

湿潤環境下でも力学物性に变化なく、流木などの衝撃にも耐える耐摩耗性や耐切削性、及び緊急時に人力設置を可能とする軽量及び柔軟性が評価された。

図7 膜式防潮堤

例3) 安全・防護関連

主に高強度、耐切削性、耐熱性、耐摩耗性などの特性を活かし、手袋、エプロン、猛獣防護ネットなどの防護衣や防護材に使用されている。

また耐熱性が要求されると同時に燃焼の可能性がある用途では、燃焼時にシアン化合物ガスが発生しないので安全

図8 滅菌処理可能な防刃手袋

である(アラミド繊維では燃焼時にシアン化合物が発生する)。更に食肉加工用途で使う手袋は使用後の減菌処理が必要であるが、「ベクトラン」は優れた耐次亜塩素酸ソーダー性を示し、繰り返し使用が可能である。

図9 「ベクトラン」の耐次亜塩素酸性

4. 最近の開発トピックス

最近検討している開発課題に関して2例紹介する。

〈繊維表面処理剤の開発〉

海洋で使用するウインチロープなどでは、重量物の巻上げなど、高い引っ張り張力と同時に、繊維同士もしくは繊維と金属との大きな摩擦力が長時間継続する用途が中心となる。よって製品の耐久性を向上させるためには適切な繊維表面処理材の添加が不可欠である。

図10 簡易モデルテスト

図11 簡易モデルテスト結果

実地試験に匹敵する耐摩擦磨耗試験として、CBOSテストが挙げられる。しかしこのテストは大量のサンプルと大規模な試験装置が必要となり、様々な種類の処理剤のスクリーニングには向かない。そこで弊社ではモデルテストを考案し、処理剤のスクリーニングに使用した(図10)。その結果、特定の分子量を持つシリコン系化合物が好適であることがわかった(図11)。

〈太単繊維バリエーション〉

昨今では、ナノテクノロジーによる極細繊維が注目の的である。しかし、太単繊維にも様々な利点がある。例えば磨耗性においては、繊維の表面が損傷を受けても内部に達しにくいために構造体の強度が保たれやすいといえる。また、耐光性においても、内部まで劣化が浸透しにくく、同じく構造体の強度が保ちやすいといえる。このように特に産業用資材において、用途によっては太単繊維が好まれる場合もある。

「ベクトラン」の特徴として、熔融紡糸であることから単繊維のバリエーションが広いことが挙げられる。その中でも特に湿式系では困難とされる太単繊維の繊維が比較的容易に製造可能であることから、太単繊維の検討を進めている。

図12 単繊維と「ベクトラン」繊維断面写真

図13 単繊維強度と耐摩擦性の関係

図13に示すように、46dpf(dpf:1フィラメントあたりの繊維)と5dpfを比較した場合、先述のモデルテストにおけるヤーン切断までの回数は、46dpfの方が大幅に多いことが分かった。今後は、高い耐摩擦性を要求される産業用ロープや防護用具関連への用途展開を期待している。

5. 終わりに

有機高強度繊維の利用は、安全防護分野、軽量化による省エネルギー分野、極限環境領域分野などでの活用など、

更に拡大し高範囲化して行くであろう。

その中で高強力ポリアリレート繊維「ベクトラン」においては、原料ポリマーへの添加剤利用による機能性付与、溶融紡糸製法が可能にする形態的な差別化が可能である。これにより潜在的には、特徴的な素材銘柄が多数製品化できると思われる。これらの差別化製品の上市を実現し、魅

力的な多数の商品を市場に提案することを目標としている。

参考文献

- 1) 中川潤洋；繊維機械学誌、繊維工学、Vol.56, No.5, P210 (2003).