「合成繊維の進化—捲縮—」特集

空気噴射加工(エアジェット加工)

長 井 宏 行

1. はじめに

1951年、エアジェットの乱流効果を用いてフィラメント糸にループ状のかさ高を付与する糸加工技術がUSP-2,783,609 (Du Pont)で提案されて以来、幾多の注目すべき有用技術が開発され、一つのかさ高加工技術として発展し一分野を形成している。この基本技術は、マルチフィラメントを高速空気流と共に噴射管より噴射して、噴射出口端で噴射方向に対して、垂直方向にかつ噴射糸速よりも遅く引き出すと、先に噴射された糸に後から噴射された糸が順次突き刺さるようにして絡まり、無数のループ、渦巻コイル、結び目などを発生させ、かさ高性を与えるものであり¹⁾、はじめてDu Pontが“Taslan”という商標で工業化に成功させた。この糸の特徴は、ふくらんで嵩ばっている事と、その表面に沿って多数のループが不規則な間隔で存在する事により、“かさ高性”を呈

している事である。そのため、薄地から厚地迄の織編物が可能で軽さ：保温性：紡績糸ライクな外観などの特長を付与出来る(図1)⁶⁾。この技術は、またその後有用な流体技術を開発する手がかりとなり、カーペット用潜在捲縮糸T-501(BCF ナイロンDu Pont)も一連の流体技術によるものとされている¹³⁾。

2. かさ高加工糸と空気噴射加工(エアジェット加工)

合成繊維ナイロン、ポリエステルが登場して早や50年を経とうとしているが、この間仮撚加工を中心としたかさ高加工技術は、目覚ましく伸長して来た。特に糸の性能、品質、技術の安定性、経済性など総合的に検討され、現在このかさ高加工方法は、主として仮撚加工方法、エアジェット加工方法およびスタッフィング加工方法に集約される。それらの加工糸を分類すると表1に示す通りである¹²⁾。

3. 空気噴射加工技術(エアジェット加工技術)

空気噴射加工技術は米国特許USP 2,783,609号¹⁾、同2,852,906号、同3,017,737号および本特許に対応する日本特許特公昭34-8969号¹⁾、同35-1673号、同35-6684号¹⁾、同36-8122号¹⁾広報に開示されている。図2⁶⁾は空気噴射加工機の一般的な工程図を示している。装置はオーバーフィード部分が必要でフィードロール(FR1,2)は、送り出しロール(DR)より速く認定し、オーバーフィードされたフィラメントはノズルに入り、超音速の乱流エアジェットでテクスチャード加工されながら、出口端より吹き出される。さらにテークアップロール(TR)で+2~+4%程

図1 綿糸とエアジェット テクスチャード ヤーンの
外観比較

(a)綿糸、(b) Air Textured Yarn

Air Jet Texturing

著者紹介 HIROYUKI NAGAI

Teijin Modern Yarn Co., Ltd.

帝人加工糸(糸)加工糸事業部 取締役開発部長

著者は、ポリエステル製糸技術および複合加工糸技術を専門とされている。趣味は、ゴルフ、ドライブ、囲碁、旅行とのこと。

本稿では、空気噴射加工技術について総括していただき、21世紀に向けての省エネ高効率ノズル開発および生産性向上加工技術の開発の重要性をアピールしていただいた。

表1 加工系の分類

図2 エアジェット テクスチャード工程骨格図

度延伸し、糸の安定性を良くする。一般的にはテクスチャード加工効果を上げるため、供給糸に水を付与する。空気噴射ノズルは、引用文献および特許情報にある通り数多く提案されているが、主として次の2タイプに集約

ラバールノズル (Du Pont XIV)

円筒形ノズル (Hemajet)

図3 タスランノズル

図4 圧空圧と出口流速³⁾

出来る²⁾。1つはラバールノズル (Convergent-divergent nozzle) で Du Pont 社 T-14 ノズルが代表でありもう1つは、円筒状ノズル (Cylindrical nozzle) でヘバライン社 Hemajet が代表的なノズルであり、それぞれ市販されている (図3)⁸⁾。

ラバールノズルでは、ノズル室内へ噴出された圧縮空気はスロート部を通して拡大管へと進む。空気噴射加工で使われる圧縮空気は、亜音速以上の空気流であり、スロート部で音速に達し、拡大管域で超音速流に増速される。特に上記ノズルを使用した場合の圧力とノズル出口流速との関係を図4³⁾に示す通りである。この超音速流が

大気中に噴射される時、急激な圧力変化、密度変化を起こし衝撃波が発生する。ノズルに供給されたマルチフィラメントはノズルの拡大部で開繊され、ノズル出口で糸導が曲げられ、個々の構成フィラメントの位相がずれ、続いて強固に絡みループが固定される (図5)¹⁾。

4. 加工条件とエアジェット加工効果⁶⁾

空気噴射加工系の性能は、一般的にかき高性の尺度としての加工糸繊維度増加率、ループの数、大きさ、またループの安定性の尺度として一定荷重下での加工糸伸度、加工糸強度低下率をみて適正条件を決める。特にオーバーフィード量、加工速度、固定化張力 (テークアップロール速度/送り出しロール速度比)、給湿条件、ノズル種類、空気圧力および原糸 (De, DPF) などの条件が加工糸品質を決定する。それぞれの条件と加工糸性能との関係は以下の通りである。

●オーバーフィード量 (OF)

OFを増加すると余分のフィラメントがループを形成し易くなり、それが糸表面を覆って繊維度増加率も大きくなる。余り大きすぎると糸の表面は大きく弛んだループで覆われループ安定性、加工糸の取扱い性が悪くなり、適正なOFを設定する必要がある。

●加工速度

エアジェット加工においては、フィラメントにかかる力とトルクは主にフィラメントと周りの空気流の相対速度に関係し、加工速度が低い程個々のフィラメントに高い力とトルクが発生する。その力が大きい程絡み具合が良くループ形成もしっかりしたものとなる。

●固定化張力

固定化張力は、エアジェット加工ゾーンにつづくゾーンで、糸のコアに確実に固定されていないルーズなループを引っ張り出すため、2~4%程度のストレッチを加える。

図5 “タスラン”糸のループとバルキー構造の形成¹⁾

(a) 未処理糸 (原糸) (b) ノズル出口の工程途中の形態
(c) 加工糸 (d) 織物断面構造

●給湿効果

ノズルに入る前に糸を給湿する役割について、M.Acarらは、水がノズル内でのフィラメント間同士の摩擦とフィラメントとノズル間の摩擦とを減らす潤滑油として働き、各フィラメントの長さ方向のずれを助長する事を示

した⁵⁾、そのためフィラメントが絡みやすくなりループが糸のコアにしっかりと固定される。

●空気圧依存性

ヘバライン社T-100、S-core、T-341およびDu Pont社T-14ノズルを評価した結果、いずれのノズルも高压条件

図6-1 エアジェット テクスチャード ヤーンの品質におよぼすオーバーフィード量の効果

図6-2 エアジェット テクスチャード ヤーンの品質への加工速度の影響

図6-3 エアジェット テクスチャード ヤーンの品質におよぼすフィラメントの密度の効果 (DPF)

図6-4 エアジェット テクスチャード ヤーンの性質とノズルタイプの関係

図6 エアジェット テクスチャード ヤーン品質と条件との関係

下でループ数が増加し繊維増加率が高く、良好なテキスチャード加工を得る。一方ノズル種類、空気圧力の選定は加工安定性、圧空消費量をみて総合的に判断する必要がある。

●DPF依存性(単糸De依存性)

テクスチャード加工はDPF依存性が大きくDPFが小の場合ほど、表面積が増え、曲げと振りの剛性が小さくなりテクスチャード加工は容易となる。

以上の抜粋データを図6⁶⁾に示す。

5. エアジェット複合加工糸

エアジェット技術では、供給糸の本数の組合せにより以下の複合加工糸が可能である(図7)¹⁴⁾。

A; 1本のフィラメントから1本の加工糸製造プロセス。

B; 数本のフィラメントから1本の加工糸製造プロセスで同一の供給速度での加工(パラレル加工)。

C; 数本のフィラメントからコア/イフェクト構造の1本加工糸製造のプロセス。供給速度(V)はイフェクト>コアとする。

Bにおいては供給糸の本数に合せた太デニールかさ高加工糸多数本の原着糸を組合せたカラーミックスにも使われる。

Cにおいては複数の供給糸のOF条件を変え、複雑なル

ープを形成させるのみならず、異収縮糸、異捲縮糸の効果を狙って各種の供給糸を組合せた多層、多重構造の複合加工糸も可能である。

糸使いとしては仮撚加工糸と違って熱を使わずにかさ高構造を作ることが可能で、熱可塑性高分子のみならず、レーヨン、アセテートおよびガラス繊維迄適用できる。

また、用途(マーケット)も細デニール糸は一般衣料、スポーツ衣料などに使われ太デニール糸は自動車用内装材、家庭用内装材、カバン地およびロープなどの工業材料に使われその範囲は広い。

6. 日本特許からみた空気噴射加工技術動向

米国特許USP 2,783,609号に対応する日本特許; 特公昭34-8969号, 同35-1673号など広報に開示されて以来、現在迄幾多の特許出願がなされている。主要な空気噴射加工技術特許(抜粋)を表2、3に示した。大きく分類す

表2 空気噴射加工基本特許(USP特許)

特許No	発明者	名称
USP 2783609	デュボン	バルキヤーの製造方法
USP 2852906	デュボン	バルキヤーの製造方法及び装置
USP 3017737	デュボン	バルキヤーの製造方法及び装置
USP 3545057	デュボン	バルキヤーの製造装置

図7 エアジェット複合加工糸の手法と加工糸の構造

表3 空気噴射加工主要特許一覧(日本特許)

特許No	発明者	名称	特徴
特公昭34- 8969	デュボン	バルキヤーン製造方法	タスラン系方法
特公昭35- 1673	デュボン	バルキヤーン製造ジェット	ノズル構造
特公昭35- 6684	デュボン	バルキヤーン	差別化糸
特公昭36- 8122	デュボン	ヤーンの処理方法	2フィードタスラン系
特公昭36- 13120	デュボン	合成ヤーンの処理方法	水付けタスラン
特公昭47- 42068	帝人加工系	タスラン系製造用ノズル	ノズル構造
特開昭52- 1151	東レ	ポリエステルスパンライク糸とその製造方法	差別化糸
特開昭53- 31848	帝人	流体噴射加工方法	ノズル構造
特開昭53-106852	東レ	繊維糸条の空気処理装置の汚れ除去方法	スカム対策
特開昭53-119351	東レ	糸を嵩高化する装置	ノズル構造
特開昭54- 68436	クラレ	絡合ノズル	ノズル構造
特開昭55- 76128	帝人／帝加	紡績系様複合巻付糸	差別化糸
特開昭56- 68129	東レ	糸状の流体処理方法及び装置	ノズル構造
特開昭56-128329	帝人加工系	特殊加工系及びその製造方法	差別化糸
特開昭56-128337	帝人	飾り糸の製造法	差別化糸
特開昭58-214540	ユニチカ	嵩高加工系の製造法	スカム対策
特開昭59- 92971	日本タングステン	圧空ノズル用材料	ノズル構造
特開昭59-192743	東洋紡	シルク調スラブ糸の製造法	差別化糸
特開昭60- 2736	帝人	嵩高弾性糸の製造方法	ノズル構造
特開昭60- 2737	三菱レイヨン	特殊スラブ糸の製法	差別化糸
特開昭60- 94641	デュボン	糸のテクスチャー加工用ジェット	ノズル構造
特開昭62- 28421	三菱レイヨン	複合嵩高加工系の製法	差別化糸
特開昭62- 53435	三菱レイヨン	斑糸の製造法	差別化糸
特開昭62-133140	帝人	嵩高糸の製造方法	スカム対策
特開昭62-177249	クラレ	絡合ノズル	ノズル構造
特開昭62-177250	クラレ	空気絡合ノズル	ノズル構造
特開昭63- 12733	東レ	糸状加工ノズル	ノズル構造
特開昭63- 42935	東レ	マルチフィラメント糸の流体加工装置	スカム対策
特開昭63-288222	村田機械	糸処理用ノズル	ノズル構造
特開平 2-191738	ヘバライン	糸をテクスチャード加工するための渦動ノズル	ノズル構造
特開平 3-104950	旭化成	エア加工方法	スカム対策
特開平 3-180536	ユニチカ	ナイロン嵩高加工系の製造方法	ノズル構造
特開平 5-186927	ユニチカ	糸処理装置	スカム対策
特開平 5-263332	東レ	ポリエステル嵩高交絡糸の製造方法	スカム対策
特開平 5-321059	東レテキスタイル	流体加工系の製造方法及び流体加工装置	スカム対策
特開平 9-296333	小野田セメント	テクスチャード加工用ノズル	スカム対策
特開平 9-310261	ヘバライン	テクスチャードノズルの利用及び空気力学的にテクスチャード加工する方法	ノズル構造

ると高品質高生産性を狙ったノズル構造特許、ハイパフォーマンス加工を狙った空気噴射加工技術特許および空気噴射技術を応用活用した付加価値糸(スペシャルティヤーン)特許に集約出来る。ノズル構造特許については、従来のラバール型、円筒型ノズルの改良他、糸導孔形状を円型から長円型、三角断面型にしたものなどの提案、さらに'97OTEMAS、'97ATME⁽¹⁰⁾ではヘバライン社より生産性向上可能な新規ノズル(特開昭9-310261)が提案されている。ハイパフォーマンス加工技術としては、スカ

ム発生防止技術、スカム除去技術に関する特許出願が多い。一般に、空気噴射加工では給湿条件下で加工されるため、ノズル周辺にスカム成分(油剤成分、ポリマー中のオリゴマー、ポリマー粉など)が付着し、時間経過と共に蓄積し、工程トラブル(品質不良、工程断糸など発生)を誘起する。そのための対応特許出願が多い。次に空気噴射加工技術を応用した複合加工付加価値糸(前項で記述)の特許出願も多い。

表4 主要空気噴射加工機一覧

メーカー	AIKI	MURATA	STÄHLE (ELTEX)	Barmag	RIETER Scragg	←	備考
機種	AT-501GP II Air texturing machine	No.35A/35B Airjet crimper	RMT-D	AM-24	Jetex2000	JetexHD	
錠数	12 ~ 84	16 ~ 144	—	12 ~ 60	108	18	
最高速度 m/分	~ 1000 (~ 800)	~ 900 (—)	~ 800 (—)	~ 1000 (—)	~ 1200 (~ 900)	~ 1000 (~ 650)	機械スピード (加工スピード)
ジェット機タイプ	ヘバーライン	ヘバーライン	ヘバーライン	ヘバーライン	ヘバーライン	ヘバーライン	DuPontも可
ホットピン	有	有	有	有	有	オプション	
ヒーター		チューブヒーター		高温ヒーター	1.5mヒーター	1.5~2m ツイントラック	
AD	個別AD (シングルワインダー)	個別AD (シングルワインダー)	マニュアル	マニュアル	マニュアル	オートトランスファ (ワインワインダー)	
特記事項	ノズル自己洗浄 システム	糸品質オンライン モニター	スラブ装置 Fancy yarn attachments	スラブマスター			

7. 空気噴射加工機の動向

'95ITMA, '97OTEMASの各社のカタログより主要な加工機メーカーを表4に集約した。日本メーカーでは愛機製作所、村田機械が主で、海外メーカーは、STÄHLE (ELTEX)社、BARMAG社、RIETER社、RPR社が代表される。その特徴は、いずれも仮撚加工機と違って多品種少ロットを狙った12, 16および18錠を最小単位とする空気噴射加工機で、機械スピードも仮撚加工機に比べ小さい。また最近注目すべき事項としては、手動ワインダーからオートワインダー化(AIKI, MURATA, RIETER)ノズルスカム対策のセルフクリーニングシステム化(AIKI)、糸品質オンラインモニターリングシステム化(MURATA)およびファンシーヤーンも狙ったスラブ装置(STÄHLE (ELTEX))などをあげる事が出来る。

8. 今後の空気噴射加工の課題

空気噴射加工の今後の課題を要約すると以下の通り集約され、今後ますますの技術開発が望まれる。

- 1) 高圧空気を使用するため、圧空(エネルギー)消費量が高く空気噴射加工速度の高速化、圧空消費量の低減が課題で高効率空気噴射加工技術開発が必要。
- 2) 生産効率を向上するため、ハイパフォーマンスの空気噴射加工技術が必要であり、スカム発生防止ノズル開発の他、空気噴射加工用最適原糸の開発も重要課題である。
- 3) 空気噴射加工の特長を生かした新規な複合糸素材開

発および新規用途への開拓も重要である。

引用文献

- 1) Du Pont, USP 2,783,609号明細書, 特公昭34-8969号, 同35-6684号, 同36-8122号広報。
- 2) M. ACAR, G. WRAY, *J. TEXT. INST.* **77**, 19 (1986).
- 3) M. ACAR, G. WRAY et, al. *J. TEXT. INST.* **77**, 28 (1986).
- 4) M. ACAR, G. WRAY et, al. *J. TEXT. INST.* **77**, 235 (1986).
- 5) M. ACAR, G. WRAY et, al. *J. TEXT. INST.* **77**, 359 (1986).
- 6) A. DEMIR, M. ACAR et, al. *TEXT. RES. J.* **58**, 318 (1988).
- 7) H. KVERSTEEG, M. ACAR et, al. *TEXT. RES. J.* **64**, 240 (1994).
- 8) G. BOCK, J. LVMENSCHLOB, CHEMIEFASERN/TEXT., MARCH (1993).
- 9) E. SCHWARZ, A. REBSAMEN, CHEMIEFASERN/TEXT., 43/95 244 (1993).
- 10) D. T. WARD, I. T. B YARN AND FABRIC FORM **3** (1997).
- 11) 谷 正幸, 繊維工学, **VOL. 49** No11 (1996).
- 12) 繊維学会, 繊維便覧(第2版).
- 13) 安塚勝三他, FY加工技術マニュアル(日本繊維機械学会編).
- 14) 繊維社(KK), 新複合素材の企画と加工.