

高性能糸冷却装置の開発

TMTマシナリー株式会社

代表取締役社長 高本 隆二

TMTマシナリー(株) TMTグループR&Dセンター 橋本 欣三
 TMTマシナリー(株) 技術本部 技術部 開発グループ 川本 和弘
 TMTマシナリー(株) 技術本部 技術部 開発グループ 鈴木 淳平

はじめに

世界の人口増加、生活水準の向上に伴い、衣料品の需要は年々増加している。衣料品の素材は天然繊維と合成繊維が用いられるが、ポリエステルやナイロンなどの合成繊維は、低コストで大量生産が可能で保温・発熱、接触冷感、消臭機能などの特殊機能の付与も可能なため、近年その需要はますます高まっている。

開発のねらい

合成繊維は他の工業製品と同様、中国が世界の生産量の多くを占めているが、合成繊維メーカー同士の過当競争による糸値低下や経済成長による労働賃金の高騰などにより事業収益は悪化傾向である。合成繊維メーカーは収益を向上するため、より付加価値の高い糸を安定生産でき、生産性向上、省スペース、省エネを実現できる新しい紡糸巻取り設備への期待を高めていた。

当社は上記市場ニーズに応えシェア、売上の拡大をはかるべく、単糸繊度が小さく(0.4～0.6dtex(単糸径:6～7 μ m))付加価値の高い糸を生産でき、従来設備と比較し①糸品質向上、②生産性向上、③省エネ実現、④省スペース実現を開発コンセプトとした新しい高性能糸冷却装置 iQC を開発した。

装置の概要

合成繊維の製造設備は上流の紡糸装置と下流の巻取装置で構成されている(図1)。

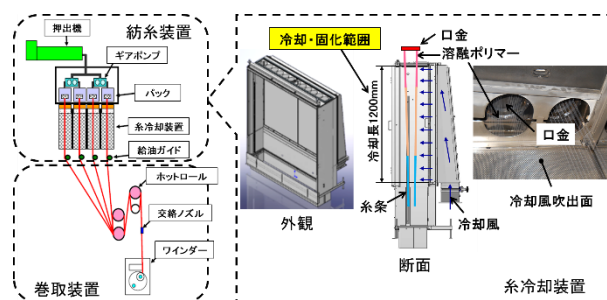


図1 従来の糸冷却装置

紡糸装置の重要な機能に糸冷却機能がある。糸冷却装置は、口金から紡出される高温のポリエステルやナイロンの溶融ポリマーをガラス転移温度以下に冷却固化し糸にする装置部分となる。糸冷却装置によるポリマー冷却作用は、糸の分子配向などの内部構造、形状的な糸形態を決定づける大変重要な機能要件となる。この冷却装置で糸に付与される空気流が少しでも乱れると糸の冷却が不均一となり糸品質が低下するだけでなく、糸に不安定な揺れが発生し最悪は糸切れとなってしまう。このように糸冷却装置の性能は糸品質・生産性を左右し、合成繊維の製造設備の要となる装置要素である。

糸冷却装置としては、伝統的な横吹き冷却方式と近年開発された環状冷却方式がある。図2にそれらの外観と冷却方式を示す。

横吹き冷却方式は、口金下の奥に設置された

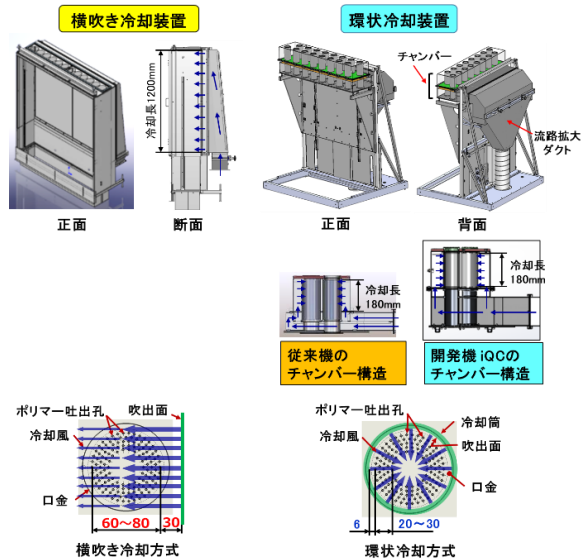


図2 外観と冷却方式

垂直面から水平方向に冷却風を吹き出し、口金から紡出されたポリマーを片側から冷却・固化させる方式である。この冷却装置はシンプルな構造だが生産可能な糸銘柄が限定される。一方、環状冷却方式は、各口金の下に口金毎に設置された円筒面から内側に冷却風を吹き出し、少量の冷却風でポリマーを周囲から均等に冷却・固化させる方式である。この冷却装置により単糸繊度が比較的小さな糸銘柄の生産が可能となった。しかし冷却風の変動が存在し、高品質な糸を安定生産することは依然困難であった。

表1に今回開発した新型冷却装置 iQC の仕様を、従来の横吹き冷却装置、環状冷却装置と比較して示す。新型冷却装置 iQC は従来の環状冷却装置を基本構造から見直している。その結果、生産可能な糸条数は 24 本から 32 本に増加し生産性が 33% 向上し、生産糸銘柄も単糸繊度 0.4 ~ 3.5dtex の広い範囲が可能となった。環状冷却方式のため、冷却長は従来の横吹き冷却装置の

表1 開発機の仕様

冷却方式	横吹き冷却装置	環状冷却装置 (従来機)	環状冷却装置 (開発機:iQC)
仕様・性能			
糸条数/錘	24	24	32
生産可能単糸繊度	1.0~5.0dtex	1.0~2.5dtex	0.4~3.5dtex
生産可能単糸数	144未満	最大144	最大576
冷却長	1200mm	180mm	180mm
冷却風量比	1	0.25	0.25
口金配列	直列	千鳥	千鳥
機台間隔比	1	0.6	0.6

注: dtexとは合成繊維の繊度を表し繊維10000m当たりの質量(g)を示す

1,200mm から 180mm まで短縮され、冷却風量は大幅に削減された。また、口金の千鳥配置が可能となり紡糸装置幅は大幅に圧縮され、設置スペースの大幅な削減を実現した。

技術上の特徴

新型冷却装置の開発においては、従来の横吹き冷却装置や環状冷却装置が抱えていた欠点・性能問題の解決を最優先課題とした。その従来装置の欠点・性能問題について説明する。

1. 横吹き冷却装置の問題点

- ① 冷却風が水平方向から吹き出すため、吹き出し面に近い単糸と遠い単糸の間に冷却作用差が生じやすい。特に単糸数が多く144本以上となる銘柄では、吹き出し面に近い単糸で冷却風が遮られ、吹き出し面から遠い単糸への冷却作用が不十分となり、単糸間に品質ばらつきが生じる。その結果、単糸繊度 0.4 ~ 0.6dtex の糸銘柄では糸品質基準を満足できない。
- ② 装置構成上、冷却風吹き出し面と口金から吐出されるポリマーの距離は大きく、吹き出し面から遠い単糸を所定温度（ガラス転移温度以下）まで確り冷却するためには、長い冷却長と大量の冷却風が必要となる。
- ③ 冷却風が垂直面から水平に吹出すため、各口金は吹き出し面から同一距離とする必要があり、口金の配列は一行の直列配置に限定される。

2. 従来型環状冷却装置の問題点

環状冷却方式とすることで冷却風吹き出し面から各単糸までの距離は最少とでき、冷却風が単糸間を通過することが容易となった。その結果冷却長は短縮でき冷却風の消費量は削減された。また、口金は千鳥配置が可能となり省スペース化も実現された。しかし以下の構造的な問題により冷却風には乱れが生じ、0.4~0.6dtexの糸銘柄で糸品質は低下し生産も不安定であった。

① チャンバー室手前で冷却風を分流しチャンバー室の前後から冷却風を流入させ冷却筒からの吹出しを均等にすることを狙った構造であったが、実際にはチャンバー内各部に多くの渦流が発生してしまい流速変動を生じていた（図3）。

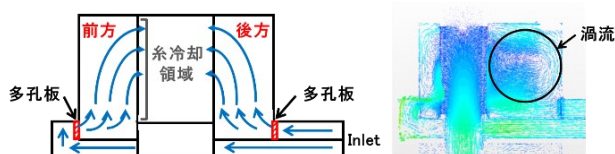


図3 チャンバー室内の流れ

② チャンバー室の上流に位置する流路拡大ダクトには、内部流速を一定にする狙いで三角形の仕切板を設置していたが、三角形仕切板の下流側で非常に大きな渦が生成されてしまい、内部の流速は均等とならず、肝心のダクト出口の流速には大きな変動が生じていた（図4）。

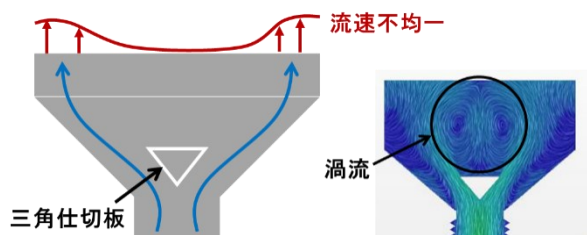


図4 ダクト内の流れ

3. 開発機の新技術・特徴

次に、従来機の課題を解決した新型冷却装置iQCの新技術・特徴について説明する。

1) 冷却風の整流による糸品質向上

チャンバー室やダクト内の冷却風変動抑制のために2つの新しい整流技術を導入した。

① チャンバー室の整流

チャンバー室内にバッファ空間を設け、その内部に機能が異なる2種類の多孔板を設置した。上流側の第1多孔板は冷却風を乱れなく水平方向から垂直方向に変える機能、下流側の第2多孔板は冷却風の速度分布を均一にする機能を担う。機能が異なる2種の多孔板は、開孔径と板厚の比(厚比)を変えることで必要な整流特性を付与した（図5）。

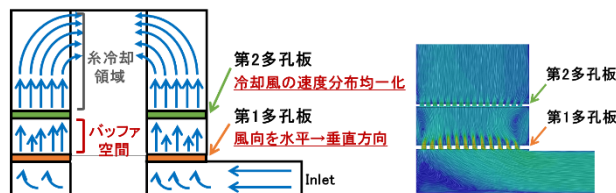


図5 チャンバー室の整流

② 流路拡大ダクト内の整流

流路が拡大する部分に放射状に複数の整流板を設置した。また、この整流板の上流側端部には円柱状の膨らみを設けた。この整流板の設置角度(θ)、先端の円柱状膨らみの直径(ΦD)、その間隔(W)を最適化することで渦流の生成とダクト出口の流速ばらつきを抑制した（図6）。

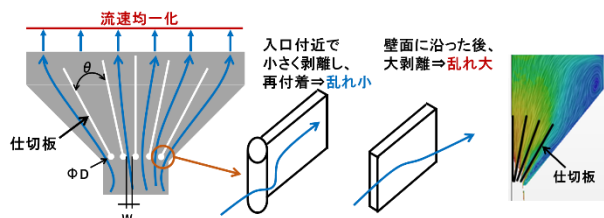


図6 ダクト内整流

環状冷却方式の従来装置と新型装置iQCのチャンバー室圧力変動を図7に、糸冷却領域の風速変動を図8に示す。どちらも新型装置iQCが良好な結果となった。

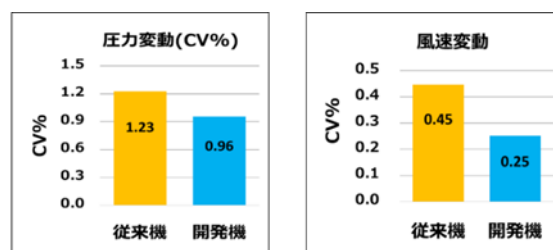


図7 チャンバー室圧力変動 図8 糸冷却領域風速変動

また、従来装置と新型装置iQCでの糸品質のばらつき(CV%)を表2に示す。新型装置iQCで糸品質ばらつきは20~30%改善された。

2) 冷却風消費量の削減

横吹き冷却装置と新型冷却装置iQCの冷却風消費量の実測値を表3に示す。新型冷却装置iQCの消費量は70~80%と大幅に削減された。

表2 糸品質ばらつき評価結果

(糸銘柄: 167dtex/288f (0.6dtex))

項目	CV%	
	従来機	開発機:iQC
強度	3.12	2.18
伸度	3.16	2.31
60%応力	1.73	1.42
Evenness U% (糸太さむら)	0.41	0.25
Draw Force	1.72	1.23

表3 冷却風消費量

系種	条件			横吹き冷却	開発機:iQC	削減率
	銘柄 (dtex/fil)	単糸織度 (dtex)	糸条数 (本)	冷却風消費量 (m ³ /min)		(%)
PET	140/72	2.0	10	42	12	72%
ナイロン	33/34	1.0	12	47	9	80%

3) 省スペース化

従来の横吹き冷却装置は一方からの冷却のため口金は直列配置に限定されるが、新型冷却装置iQCは口金毎に円筒吹出し面が配置されるため、口金は千鳥配置が可能となった。これにより紡糸装置の幅は大幅に圧縮され、設備の最小据付ピッチは40%短縮された(図9)。

結果、必要となる設備設置スペースは大幅に削減でき、お客様の工場建屋の建築コスト削減に貢献した。

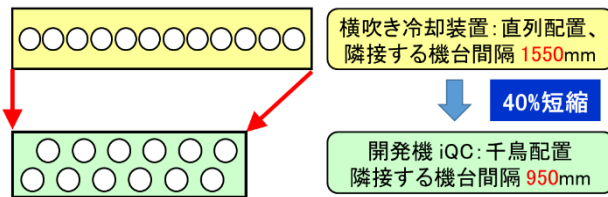


図9 開発機の省スペース化

実用上の効果

本高性能糸冷却装置 iQC により得られるパフォーマンスを従来機との比較で示す。

① 糸品質

品質ばらつき20~30%低減。0.4~0.6dtexの高付加価値糸の安定生産を実現した。

② 生産量

安定生産できる糸条数が24から32に増加

し、生産量が33%向上した。

③ 省エネ

冷却効率の高い環状冷却で冷却長短縮。冷却風量を70~80%削減した。

④ 省スペース

口金千鳥配置で隣接する機台間隔を40%削減した。

新型冷却装置iQCは空気流の整流に新しい技術を導入することで、従来冷却装置に対して大幅な性能向上を実現した。この新型冷却装置iQCは現在当社が販売する全ての衣料用合成繊維製造設備に採用され、その優れた性能は中国をはじめ世界中の合成繊維メーカーでご満足を戴いている。

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第 6522452 号

名称：糸条冷却装置

概要：チャンバー室内のバッファ空間に設置した第1、第2多孔板の厚比の関係

② 日本国特開 2019-31756

名称：糸条冷却装置

概要：上流側端部に円柱状の膨らみ部を設けた仕切板を流路拡大部に放射状に配置

むすび

本開発では、空気流の整流について原理原則から見直し、最適な整流技術を選択導入し、実験・解析によりその特性の最適化を行った。

その結果、市場ニーズを満足させる高性能な糸冷却装置が開発でき市場投入できただけでなく、空気流の整流に関する様々な貴重なノウハウを社内に蓄積することができた。

今後も技術開発を継続し、市場ニーズにマッチした新技術・新製品を提供し続けたい。