

技術紹介

Applied  
Technologies

# 中間転写ベルト製造のための押出成形加工技術

金型形状と材料フォーミュレーション

Extrusion Technology for Producing Intermediate Transfer Belt

宮本 賢人\*  
Miyamoto, Takahito

栗山 博之\*  
Kuriyama, Hiroyuki

## 要旨

中間転写ベルト製造技術において、押出加工は非常に生産性の高い手段であるが、ベルト要求性能である膜厚均一性あるいは抵抗均一性が得られにくいという欠点を有している。そしてこうした課題を解決する極めて重要な要素として金型形状が挙げられる。また、一方ベルトに要求される種々の耐久性確保においては、ベルトを構成する材料が重要な役割を果たしている。

検討の結果、加工技術のハード面から、コートハンガータイプの金型を用いた押出成形加工において、ベルト膜厚均一性及び抵抗均一性確保のために内マンドレル<sup>注-1</sup>に溝形状、具体的には異なる容積の8個の溝を導入した新規な金型を開発した。更に、材料面においては特定範囲分子量（120000≒Mw）の高分子シリコンが、感光体汚染もなく又、ブレードクリーニング耐久性向上効果を有する事を見出し、新規な中間転写ベルト用材料フォーミュレーションを開発した。

## Abstract

In the method of producing an intermediate transfer belt, an extrusion process has proven to be high productive. But, by the extrusion process it is difficult to obtain uniformity of electrical resistance and uniformity of thickness, which are required characteristics to the belt. The configuration of the mold is one of the most important factors to solve those problems. In addition, in order to attain durability of various properties, belt component materials play important roles.

We obtained the uniform electrical resistance and a uniform thickness of the transfer belts by extrusion process using a mold with a coat hanger die having specially designed gutters in the inner mandrel. Further, we found that high-molecular silicone with special molecular weight range improves the durability of a blade cleaning, and developed a new formulation of materials for the intermediate transfer belt.

\* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株) 生産本部  
生産技術開発センター 先行デバイス技術部

注-1：マンドレル：金型内で樹脂流路を形成する金型基体

## 1 はじめに

複写機、プリンター等に使用される無端状ベルトの製造方法としては、主に次の3方法が挙げられる。

1. 回転する円筒状型内面上に樹脂溶液を供給して製造する遠心成形法。 Fig. 1 上
2. 樹脂溶液中に円筒状型を浸漬、型外面に塗膜を形成するディッピング法。 Fig. 1 中
3. ダイスから溶融樹脂を押し出し、チューブ状ベルトを得る押出成形法。 Fig. 1 下

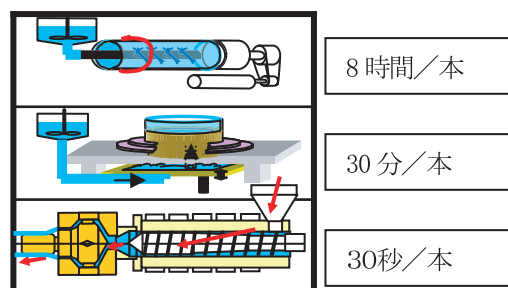


Fig.1 Producing method of transfer belt

上記3方法を生産面から比較すると、Fig. 1 に示した様に押出成形法が最も有利である。

一方、押出成形法は、画像形成部材としての中間転写ベルトに要求される、高い真円度、ベルトの厚み精度、電気抵抗の均一性の確保の点においては、遠心成形法、あるいはディッピング法に比して劣っており、改良のためには金型形状の検討が必要である。また、これに用いる材料においても熱可塑性樹脂の制限を受け、ベルト要求性能を満足するためにはその組成についても十分な検討が必要である。本稿においては、従来の押出成形金型では得られない、ベルト膜厚均一性、抵抗均一性が得られる金型形状、及びベルト耐久性における耐クリーニング性向上を実現する新規なフォーミュレーションについての検討結果を紹介する。

## 2 押出金型形状の検討

無端ベルト押出成形加工用金型として代表的なものはスパイラルダイである。このダイは樹脂がスパイラル式分配システムとなっているため、抵抗均一性及び膜厚均

一性に優れたベルトが得られる。しかし、中間転写ベルト用熱可塑樹脂の成形温度は、一般に300℃前後を必要とし、連続成形において、流路長の長いスパイラルダイでは、金型内において樹脂の劣化が発生しやすい等の欠点を有する。そこで劣化を防止する目的で、流路長の短いコートハンガータイプに検討を加え、欠点である膜厚均一性及び抵抗均一性の向上を試みた。Fig. 2 及びFig. 3 にコートハンガーダイとスパイラルダイの流路を模式的に示した。又、Table 1 にコートハンガーダイとスパイラルダイの特徴を示した。本稿で述べるコートハンガーはTダイのコートハンガーダイを円筒状にしたタイプであり、樹脂は流入部で左右に分かれたコートハンガー部に沿って流れ、途中逐次コートハンガー部から落下して行き、最後に左右のコートハンガーの接点（樹脂流入部の対向側）で合流部を形成する。

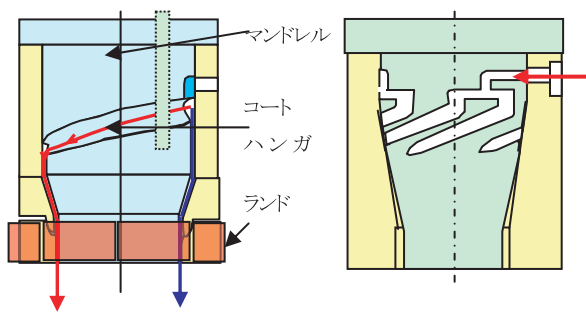


Fig.2 Coathunger-die

Fig.3 Spiral-die

Table 1 Feature of Coathunger-die and Spiral-die

金型構成	コートハンガーダイ	スパイラルダイ
抵抗均一性	△	○
耐樹脂劣化性	○	×
膜厚均一性	△	○
サイジングの自由度	○	○
ウエルドマーク	△	△

## 2. 1 コートハンガーダイの検討

### ① コートハンガー内流動解析 1

金型構成としてのコートハンガーダイの妥当性を判断するために、保存方程式と純粘性構成方程式からなる支配方程式をFEMを利用して解析し、流動現象を定量化し

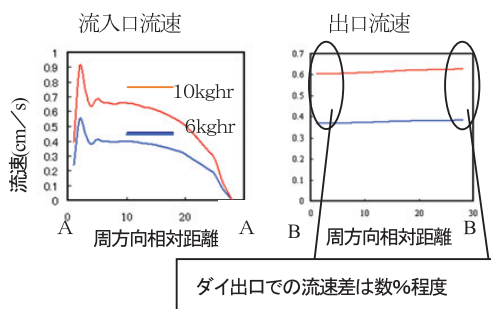


Fig.4 Distribution of velocity

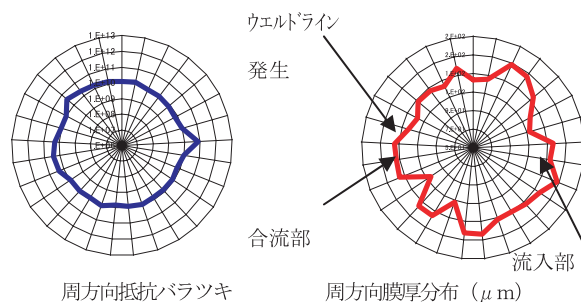
た。流量条件 6 kg/hrならびに10kg/hrの2ケースの解析を実施した。経路長の最適後の解析結果をFig. 4 に記載する。

Fig. 4 に示す様に、流路長を最適化すればダイ出口での流速差は数%以内に制御でき、膜厚精度はベルト要求仕様（10%以内）を十分満足し、吐出均一性は十分有りと判断した。

### ② 実際の金型による評価

そこで実際に150mmφのコートハンガーダイを用いて無端ベルトを作成し、周方向における膜厚及び表面抵抗バラツキを評価した。結果をFig. 5 に示した。

Fig. 5 に示したように、周方向の抵抗均一性は比較的良好な結果が得られたものの、膜厚均一性においては、樹脂合流部でウエルドラインが発生した。これは層流の樹脂合流部の界面が線状痕として残ったためと考えられる。このウエルドラインを制御するためには、樹脂合流部での層流界面を攪拌均一化し、消去する必要がある。



周方向抵抗バラツキ

周方向膜厚分布 (μm)

レンジ:1桁  
抵抗 1E+10 (Ω/□)

レンジ:43 μm  
膜厚:130 μm

Fig.5 Uniformity of electrical resistance and thickness

## 2. 2 内マンドレルへの溝構造の導入

### ① 容積均等溝の導入

膜厚均一性の向上策としてスパイラルダイの形状を参考に、Fig. 6 に示した同一容積のスパイラル多条溝を設け

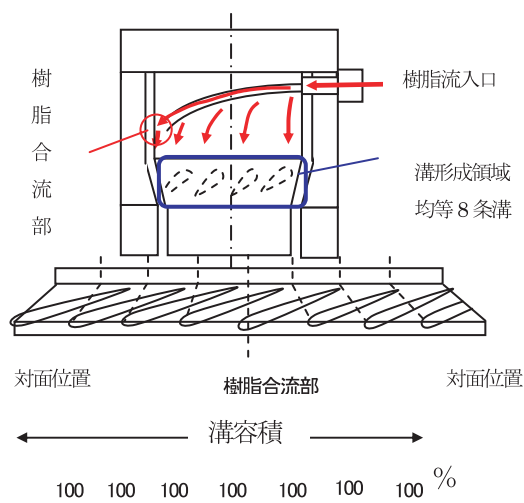


Fig.6 Coathunger-die having even gutters

ることで樹脂攪拌作用による樹脂流動の均一性向上を試みた。

結果はFig. 7に示した。

均等8条溝をランド部直前に設けることにより、膜厚均一性は向上し、ウエルドラインは消滅した。一方樹脂流入口近傍での抵抗バラツキが大きくなった。これは、後述するシミュレーション結果（コートハンガー内流動解析2）で示す様に、樹脂流入側の流速が大きいため、溝への流入時に更なる加速を受け、金型内滞留時間の変化に応じて樹脂の受ける熱量に違いが生じ、このことにより、導電剤であるCBの凝集状態に分布が生じたためと思われる。

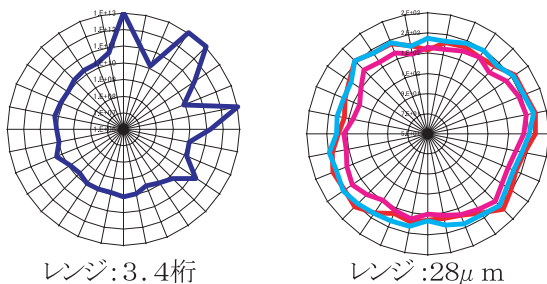


Fig.7 Uniformity of electrical resistance and thickness

## ② コートハンガー内流動解析 2

中間転写ベルト成形時に溝が及ぼす溶融樹脂流れへの影響をシミュレートした。使用したソフトはFLOW-3D計算モデル及び条件

- ・実際には円柱形状であるが、展開した直線モデルとし、更にY-Z面での対象モデルに近似した。
- ・コートハンガー部は2等辺三角形で近似した。
- ・溝なしモデル及び下部に5つの斜め溝を形成したモデルを計算。溝大きさ大・中・小（容積比10：6：1）。位置は一定。

結果はFig. 8に示した。

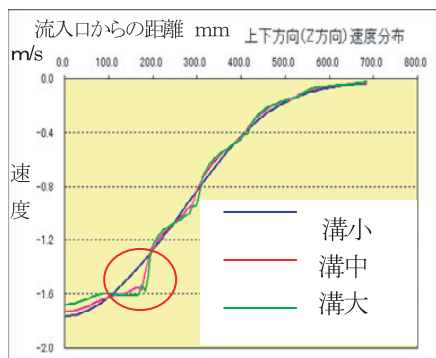


Fig.8 Effect of gutter on velocity

## ③ 溝形状及び位置の検討

上記結果が示す様に、溝の影響は樹脂の流速に依存

し、流速の大きい樹脂流入部は溝を小さく、流速の小さい合流部は溝を大きくする不均等溝にすることにより、ウエルドライン制御と樹脂流動の均一化を試みた。溝構造はFig. 9に示した。結果はFig.10に示した。

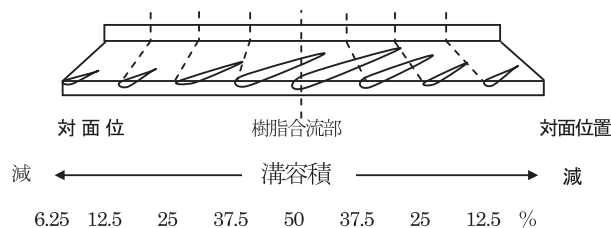


Fig.9 Coathunger-die having uneven gutters

Fig.10に示した様に、内マンドレルに不均等の溝を導入することにより、抵抗均一性は大幅に改善され、膜厚均一性においてもウエルドラインのない実用性を有するベルトが得られた。

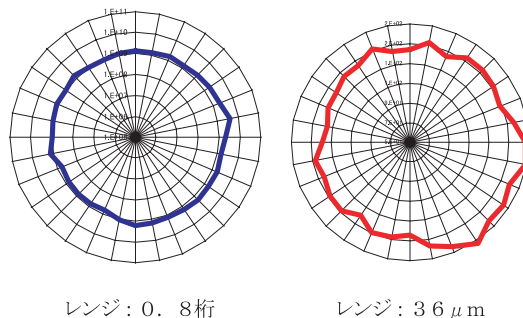


Fig.10 Uniformity of electrical velocity and thickness

## 3 押出成形用中間転写ベルト材料の開発

—押出加工を利用したシリコーンの分子量制御—

実用性のあるベルトを得るためには、前述したハード面に加えて、押出成形に適して材料設計が必要である。本稿においてはブレードクリーニングの耐久性向上に関し押出加工を利用した材料面における技術を紹介する。

### 3. 1 ベルト耐久性（拭き残し）に関するベルト摩擦係数の影響

中間転写ベルトに要求される性能の1つにクリーニング性があり、その1方法であるブレードによるベルトクリーニング性を向上するためには、スティックスリップ振動を抑制する必要がある、具体的には、ブレードとベルト表面の摩擦係数を小さくする必要がある。従来こうした目的にはフッ素系樹脂が用いられるが、300℃前後の加熱温度を必要とする押出成形においては、熱分解によってフッ化水素の発生があり好ましくなく、またコーティングによる場合は剥がれのため耐久性が得られないのが実情である。

本稿においては、新規な材料として超高分子量シリコンの効果について報告する。

### 3. 2 超高分子量シリコンの分子量と表面への分布

ベルト表面の摩擦抵抗を下げるには潤滑剤が表面に存在する必要がある。一般的に使用される潤滑剤は低分子量であり、樹脂中にブレンドされても表面にマイグレートし、その機能を発揮する。しかし、こうした低分子量の潤滑剤を用いると感光体汚染等の弊害が生起する。そこで、超高分子量のシリコンを用いてその分布と分子量の関係を調べた。シリコンの分子量はGPCにより測定した。またシリコンの分布はTOFSIMSによって測定した。結果はFig.11に、ベルト断面のイメージ及びシリコン分布のプロファイルを示した。

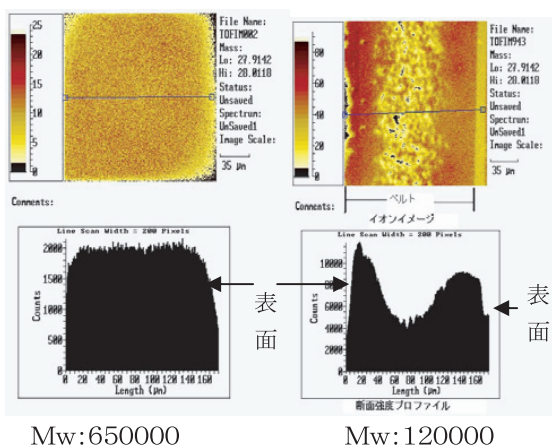


Fig.11 Silicone distribution in belt

プロファイルで示した様に、Mw：650000のシリコンは均一に分布し、一方Mw：120000のシリコンは表面に偏析し、膜厚方向の内側が少なくなっている。このように、シリコンの分子量Mw：650000と高すぎると表面への偏析は観察されず、摩擦抵抗の低下も認められない。こうした分子量のシリコンは押出加工時の加熱によりシリコンの分解を制御することにより得られる。

### 3. 3 シリコンによる感光耐汚染

シリコンは前記した表面摩擦を低減する効果は有する一方で、感光体汚染の問題を抱えている。この課題に対してシリコンの分子量の影響を検討した。

分子量の異なるシリコン含有ベルト（2種）を感光体に当接させ、一定条件下に放置後、画像にてメモリー発生の有無を確認した。結果はTable 2に示した。

Table 2 Effect of silicone on memory

シリコン分子量	放置環境	画像メモリー
75000	40°C:95%:100hrs	発生
118000	40°C:95%:100hrs	発生せず

Table 2に示した様に、一定の分子量を有するシリコンは感光体汚染を生起しないことを確認できた。

### 3. 4 クリーニング性

感光体汚染、表面偏析の結果から、分子量118000のシリコンを含有する転写ベルトについてブレードクリーニング性を評価した。

ブレードの磨耗度を顕微鏡にて観察し、磨耗量を測定した。結果はFig.12に示した。

磨耗量が15µmを超えると拭き残しが発生する。尚、シリコン未添加のベルトは20k枚で磨耗が15µmを超えた。

このように、特定の分子量を有するシリコンをベルトに含有させることにより、感光体汚染もなく、かつブレードクリーニングの耐久性を向上させることが可能になった。

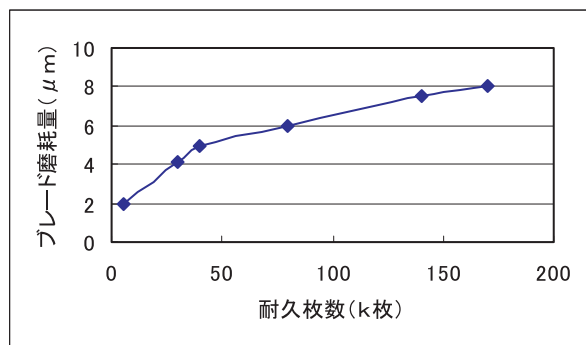


Fig.12 Effect of silicone on on abration of cleaning blade

## 4 まとめ

中間転写ベルト成形加工において、従来のコートハンガーダイの内マンドレルに樹脂流動を制御するための複数の不均等溝を導入することにより、従来押出加工成形では得られなかった電気抵抗均一性及び膜厚均一性を有する無端ベルトの成形が可能になった。また、超高分子量のシリコンを添加し、押出加工条件により所望の分子量に制御することにより、ブレードクリーニング性における耐久性が大幅に向上し実用レベルを示した。以上、金型形状、原材料面からの検討により、コスト/パフォーマンスにすぐれたベルト成形が可能になった。