
弾性中間転写ベルトと2次転写圧可変機構を搭載した 新規転写システム

New Transfer System with Elastic Intermediate Transfer Belt and Secondary Transfer Pressure Variable Unit

杉浦 健治*
Kenji SUGIURA

和田 雄二*
Yuuji WADA

久保 秀貴**
Hidetaka KUBO

青戸 淳**
Jun AOTO

要 旨

リコーでは、商業印刷分野で求められる多種多様な厚みや表面性を有する用紙に対応したデジタルオンデマンド印刷機を発売した。

このような多種多様な用紙対応性は、用紙の表面性に追従変形を可能とする弾性中間転写ベルトを採用し、かつ、紙種に適した転写圧に可変制御する転写圧可変機構を搭載した2次転写ベルトユニットを採用することにより実現した。本論文では、その用紙対応転写技術について報告する。

ABSTRACT

Ricoh has released a digital on-demand printing machine, that can use paper with the wide variety of thicknesses and surface properties required in the commercial printing field.

Such a wide variety of paper requires an elastic intermediate transfer belt that allows the following modifications to the surface of the sheet and is equipped with a transfer pressure variable mechanism that variably controls the transfer pressure so that it is suitable for the paper type. This was achieved by using a secondary transfer belt unit. In this paper, we report on the paper transfer system.

* 画像エンジン開発本部 モジュール開発センター
Module Development Center, Imaging Engine Development Division

** 画像エンジン開発本部 機能材料開発センター
Functional Material Development Center, Imaging Engine Development Division

1. はじめに

近年、商業印刷の分野において多品種・小ロット印刷が可能な電子写真プロセスによるオンデマンドプリンティングが普及してきている。当市場では、オフセット印刷同等の画質と多種多様な用紙対応性が要求されている。

オンデマンドプリンティング向けの電子写真プロセスでは、感光体上に現像されたYMCKの各トナー像により中間転写ベルト上に形成されたフルカラー像を、静電的に紙などの媒体に転写する方式が用いられる。この転写方式では、中間転写ベルトと媒体との転写ニップにおける密着性が重要であり、表面が荒れている用紙や凹凸模様が形成されたエンボス紙等においてはニップに空隙が生じてしまい転写むらとなり、ざらつき感のある画像（以下、「ぼそつき画像」と呼ぶ）となったり、一部が完全に欠損する画像抜けが発生したりする。

このような転写性の向上のために、中間転写ベルト上に予めクリアートナーを転写させておく技術¹⁾や、転写ニップにAC電界を印加して転写する技術が実用化されている²⁻⁴⁾。また、硬度の低い柔軟なベルトを用いることで密着性を高める技術⁵⁻⁷⁾などがある。

しかしながら、多様な表面性を有する用紙を混在して印刷する要求においては、紙種による凹凸の程度の差異が様々であり、各々に必要な適正転写圧が異なるため、幅広く柔軟に適正な転写状態を実現することは困難であった。

今回、我々は中間転写ベルトとして硬度の低い弾性ベルトとその弾性ベルトに対する当接圧力の制御機構（以下、「2次転写圧可変機構」と呼ぶ）を設けた2次転写ベルト方式を新規に開発することにより、多種多様な厚みや表面性の用紙に対しても良好な転写画像を提供する転写システムを実現した。

本報告では、中間転写ベルトとしての機能及びシステムとしての成立要件を明らかにし、上記性能を実現した転写技術について報告する。

2. 転写システム構成概要

2-1 転写システムの構成

Fig. 1に、今回開発した2次転写部の構成図を示す。用紙を2次転写部で定着部に向けて水平方向に搬送して2次転写を行う水平搬送方式を採用しており、中間転写ベルト（Intermediate transfer belt; 以下、「ITB」と呼ぶ）と2次転写ベルト（Paper transfer belt; 以下、「PTB」と呼ぶ）構成からなる。PTBは、4本のローラに掛け回されており、2次転写ユニット自体を加圧する機構で転写圧を通常圧から高加圧状態に切り替えることができる。ITBには、転写圧によって変形可能な弾性層を有する弾性ベルトを採用している。用紙の表面性に応じて転写圧を制御することで、弾性中間転写ベルトが用紙の表面に対して適正に変形追従し、用紙の表面性によらず安定した転写性能を実現する。

また、PTBは、表面抵抗率で $10^{13}\Omega/\square$ オーダーの高抵抗のポリイミドベルトを用い、分離ローラによる曲率分離を行うことで、ITB及びPTBからの薄紙分離性を確保している。

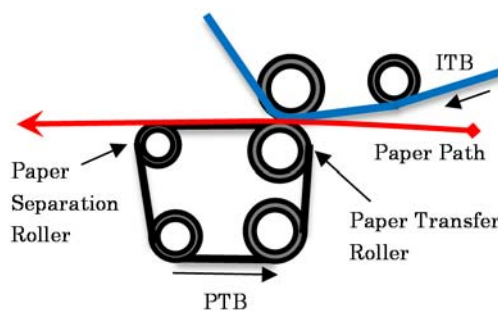


Fig. 1 The paper transfer system with the elastic intermediate transfer belt and the paper transfer belt.

3. 弾性中間転写ベルト

3-1 弾性中間転写ベルトの構成

今回、新規に開発した弾性中間転写ベルトの構成をFig. 2に示す。

剛性の樹脂基材の上に、ゴムからなる弾性層を形成している。基材には、商業印刷における高速/高印刷枚数にも耐える機械強度と難燃性を実現するものとして、ポリイミド樹脂を用いている。

弾性層は、多様な用紙に対しても確実に追従する柔軟性やオゾン耐性、耐熱性に優れるアクリルゴムを採用した。難燃性の要求に対しては、難燃剤として燐系化合物と金属水和物を適宜配合することで、環境に配慮した非ハロゲン構成により、UL94規格垂直燃焼試験におけるV-1相当の難燃性を実現した。また、その表面は、微細な突起を有する特殊構造を形成している。

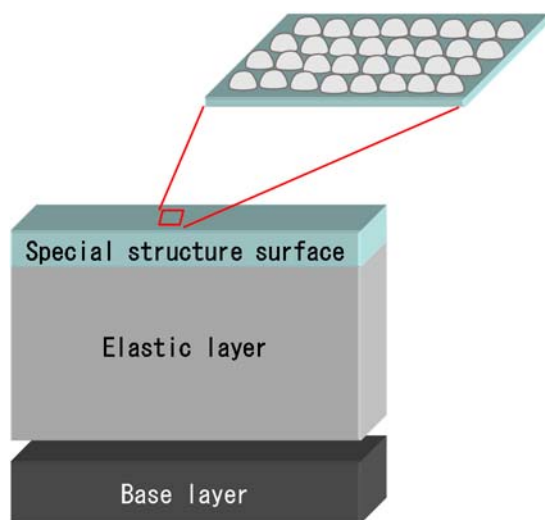


Fig. 2 The elastic intermediate transfer belt.

3-2 弾性中間転写ベルトの変形機能

次に、用紙の表面性に対する十分な追従性を実現するための、本弾性中間転写ベルトの変形性能について説明する。

弾性層の変形性能として、超微小硬度計 (HM2000; Fischer Instruments) による押し込み変形特性を計測した結果を、Fig. 3に示した。

このように、同一素材による表面の微小変位現象にも関わらず、膜厚の寄与が大きいことが分かる。同一押し込み力に対し、膜厚を厚くするほど大きい変形が得られることから、厚いほど弱い転写圧での成立性が示唆される。

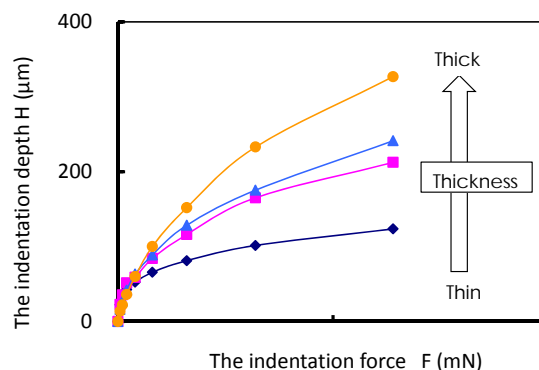


Fig. 3 Indentation measurement of the elastic intermediate transfer belt.

一方、様々な表面形状の用紙の中から、大きい凹凸の紙であるレザック66（特種東海製紙(株) 製、260 kg）の表面プロフィールを表面形状測定器（サーフコム1400D; (株)東京精密）にて計測した結果を、Fig. 4に示す。

このように、最も大きな凹凸部では、およそ150 μmの段差を有していることが分かる。この150 μmの凹凸に対して十分に追従できれば、他の表面粗さの用紙にも追従できると言える。

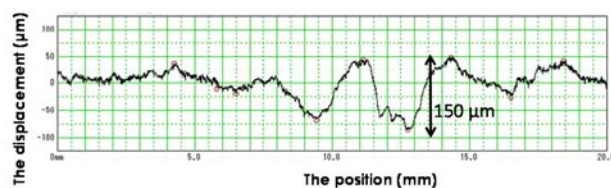


Fig. 4 Surface configuration of the LEATHAC 66 (260 kg).

Fig. 5には、Fig. 3を元に押し込み変位量がレザック66の最大凹凸に相当する150 μmにおける膜厚と押し込み力の関係を求めた図を示す。

これによると、ある膜厚から薄くなるほど急激に押し込み力が必要となることが分かる。実際のシステムにおいては、当知見に基づいて中間転写ベルトの弾性層膜厚と転写圧を適宜設定している。

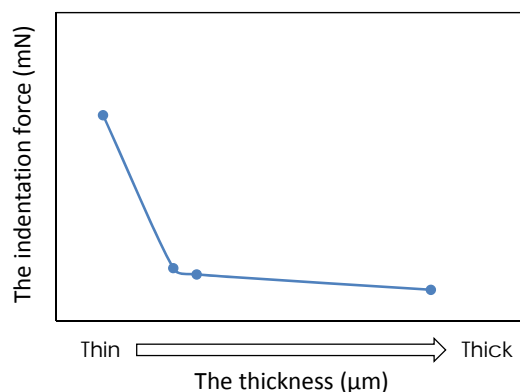


Fig. 5 Necessary stress for indentation depth.

3-3 弾性中間転写ベルトの表面構造

次に、弾性層の表面構造について説明する。

弾性層の表面は、トナーに対する優れた転写性を実現するための離型性が要求される。弾性層の柔軟性を損なわずにこの離型性を実現するため、弾性層表面は、Fig. 2にあるように微小な半球形の凸構造を形成している。この凸半球部は、硬度の高い材質をゴムと一体化させることにより構造を形成している。また、この凸半球部は各々が独立していることにより、弾性層の繰り返し変形においてもコーティング膜で見られるような塗膜割れなどの損傷を生じることのない高い耐久性を実現している。

凸半球部の大きさについては、その凸部間の隙間にトナーが入り込まない構成とすることが好ましい。

Fig. 6には、凸半球部の理想的な充填配置構造である六方最密充填と立方最密充填の、それぞれの構造において生じる隙間に入り込む球形粒子の平面模式図を示す。

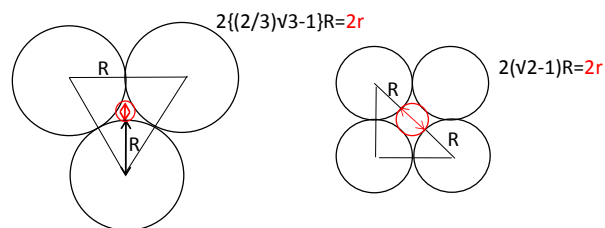


Fig. 6 Close-packing pattern (R; radius of convex part, r; radius of spherical particle).

Fig. 6から求められる両充填構造における隙間に入り込む球形粒子の径と凸半球部径の関係をFig. 7に示す。

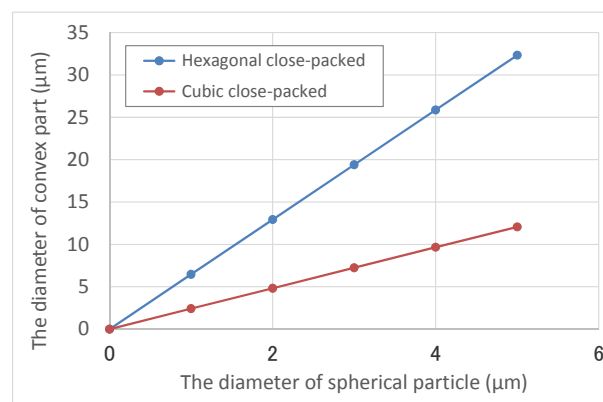


Fig. 7 Relation between the diameter of spherical particle and the diameter of convex part.

Fig. 7より、六方最密充填時の凸半球部の径による隙間は、例えば、隙間に入り込む球形粒子の粒径を2 μmと想定した場合に、凸半球部径として約13 μm未満まで許容でき、一方、立方最密充填の場合では、凸半球部径として約5 μm未満までが許容範囲となる。

これら理想的な充填構造による上記結果を元に、実際の中間転写ベルトにおいて許容できる隙間を想定した凸半球部の径の設定を行っている。

4. 転写性能

4-1 弾性中間転写ベルト

Fig. 8に、ぼそつき画像を主観評価したぼそつきランクを、弾性ベルトと従来のポリイミドベルトで比較した結果を示す。横軸は、JIS P8119に準拠したベック平滑度試験方法による用紙表面の粗さを、縦軸は、ぼそつきランクを5段階で評価したものである。

従来のポリイミドベルトでは、用紙の平滑度が低くなるのにしたがってぼそつきランクが低下し、平滑度が20 sでぼそつきランク3程度になる。これに対し今回搭載した弾性中間転写ベルトでは、平滑度が20 sになってもぼそつきランク5を維持している。

弾性中間転写ベルトは変形しやすく、通常の転写圧においても用紙の表面に追従できるため、粗面紙においてもぼそつきの無い転写性を実現できていることが分かる。

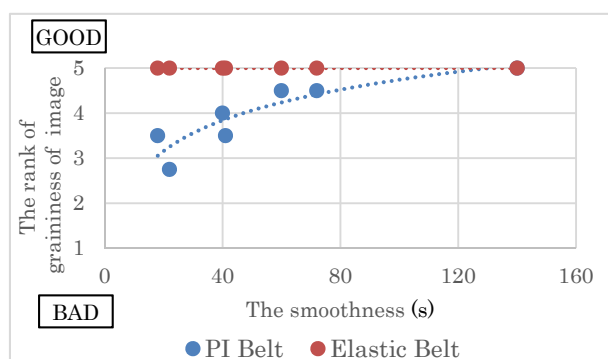


Fig. 8 Relation between the rank of graininess of image and the smoothness of paper.

4-2 2次転写圧可変機構

レザック66は、Fig. 4に示すように粗面紙よりも表面の段差が大きく、通常の転写圧では段差部の転写性が得られないことが分かっている。

そこで、レザック66の段差部も転写可能な転写圧を設定できるように2次転写の圧可変機構を採用している。普通紙やコート紙は従来機と同程度の2次転写圧で転写を行い（通常圧モード）、レザック66

などの凹凸紙では通常圧モードより高い2次転写圧で転写を行う（高加圧モード）。通常圧モードから高加圧モードは多段階的に可変できる。高加圧モードは、Fig. 5におけるレザック66の凹凸部に追従する変形量を実現するための力である。

Fig. 9に、レザック66の転写性を通常の転写圧と高加圧モードで比較した結果を示す。横軸はレザック66の連量で、縦軸は段差部の転写性を主観評価により5段階で評価したものである。

通常転写圧モードでは、最も連量が小さいレザック66（130 kg紙）でも凹凸紙ランクが3までしか上がらず、連量が大きくなるにつれてランクが低下する。これに対し、高加圧モードでは、連量215 kgのレザック66で凹凸転写性ランク4を維持していることが分かる。

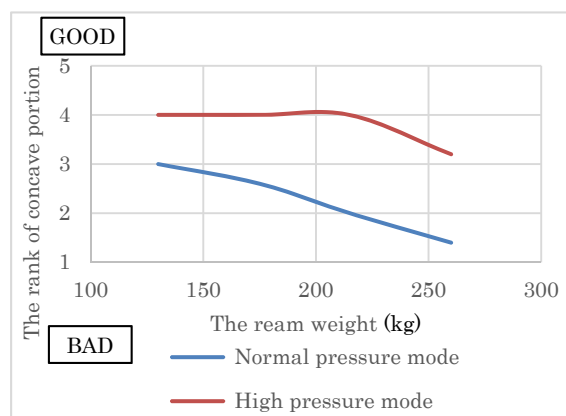


Fig. 9 The rank of concave portion on the LEATHAC 66.

Fig. 10は、実際の画像を通常圧モードと高加圧モードで出力したレザック66（連量215 kg）の画像である。通常圧モードでは段差部が白く転写不良となっているが、高加圧モードでは段差部も転写されていることが分かる。



Fig. 10 Image samples printed out on the LEATHAC 66 (215 kg) with the elastic intermediate transfer belt.

一方、転写圧を必要以上に高く設定すると、異常画像の原因となる場合がある。

例えば、コート紙のように平滑度が非常に高い用紙に転写させる場合に高加圧モードで転写を行うと、ドットの転写性が悪くなる場合がある。

Fig. 11は、コート紙のPODグロスコート128（王子製紙(株) 製、128 gsm）に同じパターンのドットを転写させた場合の拡大図である。(a)が通常圧モード、(b)が高加圧モードで、(b)の高加圧モードの方は1個1個のドットが細り、ドットの一部が欠けていることが分かる。

このように、凹凸紙の段差部への転写性を確保しつつ様々な用紙への転写性を高品質で確保するためには、使用する用紙に応じて転写圧を可変する圧可変機構が重要であることが分かる。

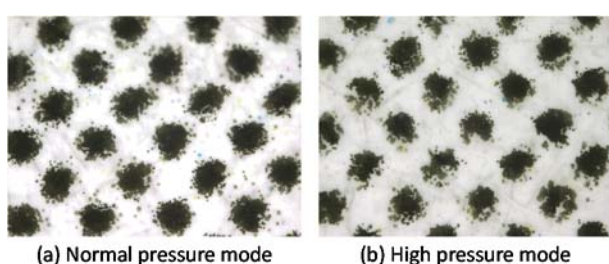


Fig. 11 The dots images by microscope.

4-3 2次転写ベルト

転写部を抜けた用紙は、転写バイアスの影響を受けてチャージアップしている場合がある。このため、従来の2次転写ローラ方式では、抵抗の高い薄紙の分離性と転写性を両立できない場合があった。

我々が開発した新規転写システムでは、2次転写プロセスにおいてポリイミドベルトを用いた2次転写ベルトシステムを採用している。

ポリイミドベルトは $10^{13} \Omega/\square$ の高抵抗ベルトを用い、用紙を吸着搬送させITBからの分離性を確保している。分離は小径のローラにより曲率分離を行っており、高抵抗の薄紙においても分離を確実に行えるようにしている。

Fig. 12は、分離性の評価を行った結果である。なお、用紙の分離性は転写バイアスが大きくなるほど低下することが分かっているため、ここでは、分離可能な転写バイアスの限界値の、通常転写バイアスに対する割合を分離性の評価指標としている。def.は、実際に使用する通常転写バイアスを示している。普通紙のカテゴリーのOKプリンス上質（王子製紙(株) 製、52.3 gsm）は、低温低湿環境（以下、「LL」と呼ぶ）と高温高湿環境（以下、「HH」と呼ぶ）のどちらの環境においても300%以上の余裕度があり、コート紙のカテゴリーのオーロラL（日本製紙(株) 製、64.0 gsm）もHHで300%以上の余裕度で、LLにおいても150%以上の余裕度があることが分かる。

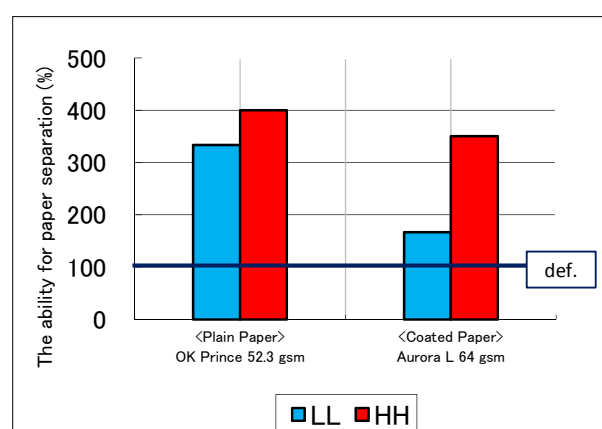


Fig. 12 The ability for separation of thin paper.

5. まとめ

弾性中間転写ベルト及びそれに対する2次転写圧可変機構を有する2次転写ベルトシステムにより、紙厚や表面性の異なる幅広い用紙種類に対して、高品質な画像を印刷できる転写システム技術を開発した。

当転写システムは、柔軟性のある素材と膜厚・表面構造の最適設計を行った弾性中間転写ベルトと、その弾性ベルトの変形特性に応じた2次転写圧の設定を用紙に対して最適に可変することにより、用紙対応力向上を実現した。

参考文献

- 1) H. Mori: High-Speed Color Publishing System Color1000 Press/Color800 Press, *J. Imaging Soc. Japan*, Vol. 50, pp. 21-28 (2011).
- 2) 青木信次ほか: Image Conference JAPAN 2013論文集, pp. 229-232, 日本画像学会 (2013).
- 3) 中村圭吾ほか: AC転写技術, *Ricoh Technical Report*, No. 39, pp. 146-153 (2013).
- 4) 田中真也ほか: 新規AC転写と弾性定着ベルト技術を用いたエンボス紙印刷品質向上システム, *Ricoh Technical Report*, No. 40, pp. 103-110 (2014).
- 5) 太田光弘: 多種媒体への高速・カラー高画質化技術への挑戦, 日本画像学会誌, 第47巻, 第2号, pp. 97-103 (2008).
- 6) Canon: *CANON TECHNOLOGY HIGHLIGHTS 2009*, p. 42 (2009).
- 7) 大庭忠志ほか: 世界最小カラータンデムプリンターFS-C5016Nの開発, 日本画像学会誌, 第43巻, 第453号 (2004).