
オフセットコート紙への高品質印刷に対応したインクジェット プリンティングシステム

Inkjet Printing System for High Print Quality on Offset Coated Paper

鈴木 能成*
Yoshinari SUZUKI

守屋 真太*
Shinta MORIYA

沼田 洋典*
Hironori NUMATA

南場 通彦**
Michihiko NAMBA

要 旨

近年、インクジェットプリンターは小ロット多品種の印刷物を容易に扱うことができるようになり、徐々にオフセット印刷分野へと進出してきている。

当社は、普通紙だけでなくオフセットコート紙への小ロット多品種のアプリケーションという顧客要求にも対応できるRICOH Pro VC60000を市場投入している。アンダーコーティング、印刷、プロテクターコーティング、乾燥の4つに機能分離したサブシステムからなるプリンティングシステムを開発することで、水性インクの吸収性が乏しいオフセット印刷用コート紙においても高品質印刷を達成することができた。

ABSTRACT

Recently, inkjet printing has been gradually replacing some application fields of the offset printing since it can easily handle a small quantity and large variety of printing. We are offering the RICOH Pro VC60000 to satisfy customers' requirements because it can print on not only plain paper but also offset coated paper. To achieve high print quality even on offset coated paper which is hard to absorb water-based ink, we developed printing system which consists of four functionally-separated subsystems, under coating, printing, protector coating, and dryer sub-system.

* 画像エンジン開発本部 IIエンジン開発センター
Inkjet Engine 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. 背景と目的

商用印刷市場の印刷量は現在世界中で年間およそ34兆ページとされており、オフセット印刷は長年この市場において高いシェアを占めている。しかしながら、近年この分野において、デジタル印刷が徐々に拡大しつつあり、電子写真やインクジェット製品への置き換えが進んできている。デジタル印刷はバリエーション印刷や小ロット多品種印刷での利用に適しており、全世界で現在の年間約200億ページから4年後には約700億ページへの拡大が期待されている。

リコーは、2014年9月にRICOH Pro VC60000を発表した。2007年から販売しているRICOH InfoPrint 5000シリーズへの新機種追加となる。RICOH Pro VC60000は、1200×1200 dpiの高品質印刷だけでなく、600×600 dpiで150 mpmの高速印刷が可能で、最大用紙幅20.5インチロール紙対応のインクジェットプリンターである。

RICOH InfoPrint 5000は、主にトランザクション用途に焦点をあてていたが、トランザクション用途を含む商用印刷市場全体が、小ロット多品種用紙へのショートラン印刷へとシフトしており、顧客要求への対応が必要になってきた。

多くの紙種に対応するためには、広く一般的に使用されているオフセットコート紙への対応が重要である。各社様々な方法でアプローチをしており、例えば溶剤インク方式やUVインクを利用した方式があげられる。しかしながら双方のインクともに臭気や安全性また環境影響などの問題がある。加えてUVインクの場合は画像の質感や印刷コストが高いなどの問題がある。一方、水性インクによる直接描画方式においては、用紙表面のコート層にインクが浸透しにくく画質不良となり易い。また乾燥後、用紙の表面に色材が定着しにくく画像剥がれが発生し易いなどの課題がある。

我々は、様々な方式の中で画像の質感、コスト、安全性、環境問題の観点から水性インクが優位であると考え、水性インク方式の課題を解決することで、インクジェットコート紙、普通紙だけでなく、オフ

セットコート紙を含む多くの紙種に印刷できる機能をRICOH Pro VC60000に搭載することができた。

本稿ではそれらインクジェットプリンティングシステムについて報告する¹⁾。

2. VC60000のシステム全体

Fig. 1にRICOH Pro VC60000の全体を示す。これはオフセットコート紙に対応するためのオプションを含めた最大構成である。用紙はアンワインダー、アンダーコート装置、本体第1エンジンと続き、ターンバーで用紙の表裏反転が行われ、用紙冷却ローラー、本体第2エンジン、外部乾燥装置、リワインダーで巻き取られる流れである。本システムは、第1エンジンにて用紙の表面印刷、第2エンジンにて用紙の裏面印刷を実施し、両面印刷が可能となっている。

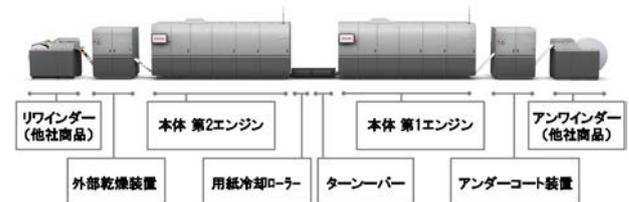


Fig. 1 External view of RICOH Pro VC60000 system.

Fig. 2にVC60000のシステム内部を示す。図はターンバーから第2エンジンについては省略している。

基本的にオフセットコート紙に印刷する際は、まず用紙はアンダーコート装置で前処理され、プリンター本体に送り込まれて4色カラー印刷され、そしてプロテクターコート、乾燥、出口ユニットのCISスキャナーにて画質検査が実行される。

この構成は顧客の要求に応じてカスタマイズすることができ、例えば、普通紙、インクジェットコート紙だけの場合は、アンダーコート装置とプロテクターコート及び外部乾燥装置をシステムから外すことが可能である。後述する拡張エアードライヤーも

顧客の要求に応じて選択して設置できる。顧客の要求に合わせて自由にシステムの構成を変更することが可能である。

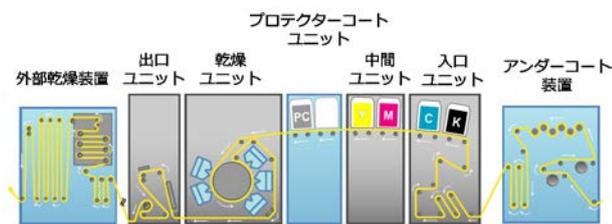


Fig. 2 Internal view of RICOH Pro VC60000 system.

3. プリンティングシステム

この章では、VC60000のプリンティングシステムについて説明する。

VC60000の最大の特徴は、オフセットコート紙をはじめとする多くの紙種に対して印刷適性がある点である。水性インクの吸収性に乏しいオフセットコート紙に対応するためには、ビーディング（紙面における隣接ドット間でのインク滴の合一）、色境界におけるにじみ、乾燥不良によるインクの転写汚れや剥がれ、また紙間のインクが貼り付くブロッキングなどが発生しないようなシステムを構築する必要があった。

このようなオフセットコート紙に対しても高速、高画質の印刷を可能にするために、アンダーコーティング、印刷、プロテクターコーティング、乾燥の4つに機能分離したサブシステムからなるプリンティングシステムを開発した。

1つ目の「アンダーコーティングサブシステム」は、水性インクの吸収性に乏しいオフセットコート紙に対し、アンダーコート液（UCL）を塗布することで、この後に続く印刷サブシステムでの高画質印刷を可能にする。

2つ目の「印刷サブシステム」は、インクジェットヘッドによって速乾性インク（QDI）を用紙に吐出し画像を形成する。

3つ目の「プロテクターコーティングサブシステム」は、出力された画像の耐擦性を確保するために、

プロテクターコート液（PCL）をインクジェットヘッドによって塗布する。

4つ目の「乾燥サブシステム」は、前工程で付与されたインク等のサプライを乾燥定着させる。

なお、このシステムに採用しているUCL、QDI、PCLについては既報^{2,3)}を参照のこと。

Fig. 3に、VC60000のオフセットコート紙における全体プロセスを示す。



Fig. 3 Process of imaging on VC60000.

3-1 アンダーコーティングサブシステム

1つ目のアンダーコーティングサブシステムは、オフセットコート紙にUCLを塗布することで用紙表面を改質することを目的としている。UCLを付与されたオフセットコート紙表面では、水性インクの受容性が高まるとともに、着弾インクの顔料凝集が促進され、その結果コート紙上でのビーディング低減、色境界にじみの抑制が可能となる。Fig. 4に、インク着弾後、紙面上で顔料が凝集し、色境界にじみが抑制される様子を示す。

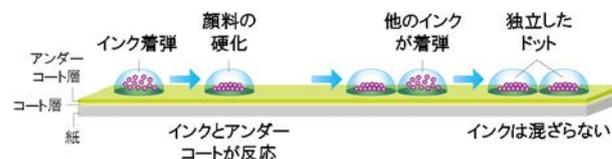


Fig. 4 Schematic diagram of pigment aggregation on coated paper.

以下にアンダーコート装置について説明する。

3-1-1 アンダーコート液(UCL)の薄膜塗布技術

オフセットコート紙上でUCLとインクの顔料凝集作用を発生させるためには、UCLの用紙への均一かつ適正量の付与が必要である。塗布量が少ない場合は高画質が得られず、逆に多すぎる場合においては乾燥不良や無駄なコストがかかってしまうなどの不具合が発生する。そのため、塗布量の制御技術が重要である。

UCLを用紙に塗布する方法として、ローラー塗布装置を採用した。ローラー塗布装置は、比較的 low コストにすることができ、UCLの成分による影響を受けにくい利点がある。

一般的なローラー塗布装置での塗布量は、UCLの粘度、ローラーの周速（印刷速度）、ローラーのヤング率、ニップ荷重、ローラー径に依存する。

VC60000は、複数の印刷速度のモードを有している。そのため、アンダーコート装置においては、各々の速度で適切な塗布量を実現することが大きな課題であった。アンダーコート装置の開発にあたりこの課題解決とともに装置のコンパクト化、低コスト化を図ることを目的とした。

この塗布量可変手段として、前述の塗布量依存因子の中のニップ荷重可変手段を採用した。これにより、ローラーや液の種類を増やすことなくシンプルな構成とすることができた。

ローラー塗布装置で均一な塗布を実現するためには、各々のローラーを撓みなく均一にニップさせることが重要となる。

ニップ荷重を可変した場合においても、撓み防止構成を採用することで、均一なニップを小径ローラーで形成することが可能となり、装置のコンパクト化を実現できた。この構成をFig. 5及びFig. 6に示す。

スクイーズローラーは、UCLに浸される位置に配備され、回転することによりUCLを汲み上げる。このスクイーズローラーは、高剛性ローラーであり、上方に配備された塗布ローラーとの組み合わせでニップを形成する。このニップ部で塗布量を制御する。

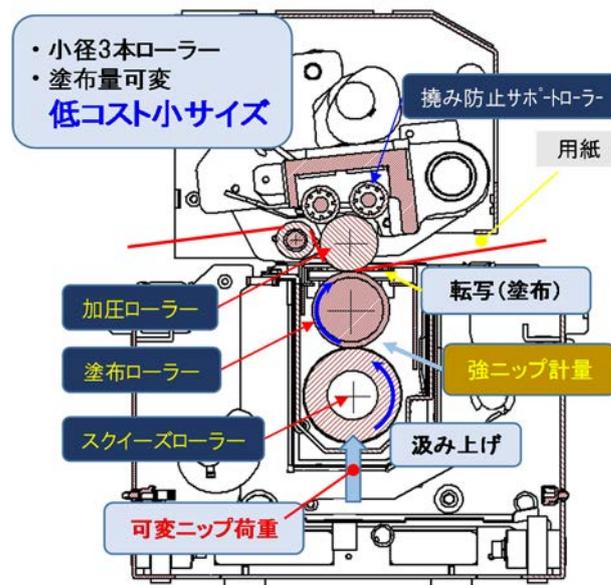


Fig. 5 Schematic front view of coating equipment.

スクイーズローラーは、塗布ローラーに対して、荷重付与可能（荷重は可変）な構成となっている。対する塗布ローラーは、両端をニップ荷重方向に無支持（両端フローティング構成）としているため、これにより撓みの発生を抑制することができる。

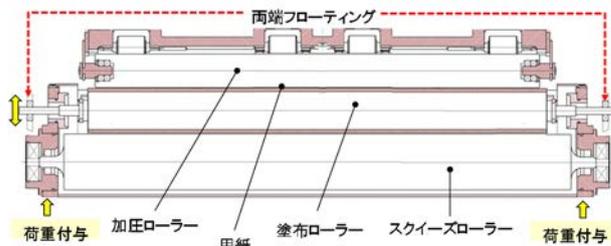


Fig. 6 Schematic side view of coating equipment.

塗布ローラーの上方には、塗布ローラーとの間に紙を挟み、ニップを形成し塗布ローラー上のUCLを用紙に転写させる加圧ローラーが配備される。

加圧ローラーは、小径ローラーであり、撓み防止のためのサポートローラーが配備される。

Fig. 7に用紙幅方向に対する塗布量の変動状況を示す。

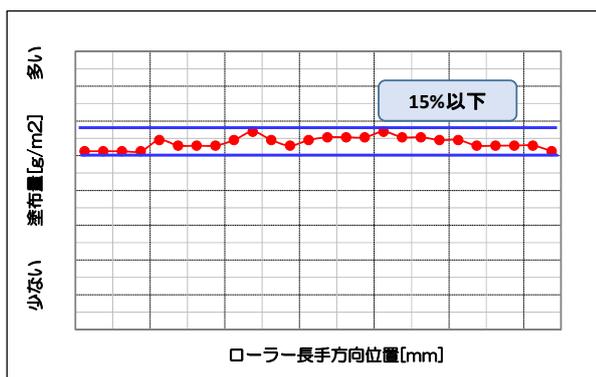


Fig. 7 Relationship of between longer direction position of roller and coating amount.

Fig. 8にニップ荷重設定を変更した場合の速度に対する塗布量の状況を示す。実線は実測値、破線は、以下の考察によるシミュレーション結果を示す。

ローラー間を通過する液膜の厚みは、ニップ荷重の-0.34乗、速度の0.6乗に比例すると報告されている⁴⁾。Fig. 8に示す実測値とシミュレーション結果を比較すると、ニップ荷重のべき指数の値はほぼ一致する。一方、速度のべき指数は60%程度となる。速度のべき指数に差異が生じる要因としては、UCLのオフセットコート紙への転写及び浸透の時間の影響と推定する。つまり、速度が速くなる程、転写及び浸透の時間が短くなるため、速度依存性が小さく観測されることが考えられる。

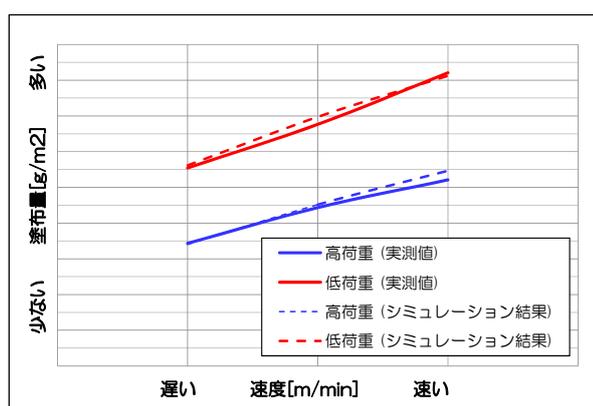


Fig. 8 Relationship of between print speed and coating amount.

これらの構成をとることにより、最大20.5インチ幅の用紙に対して、均一かつ印刷速度に応じた適切な量を塗布することが可能となった。

3-2 印刷サブシステム

2つ目の印刷サブシステムは、インクジェットプリントヘッドによって用紙上にインクを吐出し画像を形成する役割を担っている。

3-2-1 速乾性インク(QDI)

前述のとおり、VC60000は多様な紙への高速印刷が特徴である。これを支える技術の1つが、QDIである。一般的に、高い乾燥性を示す水性インクは、ヘッドのノズル内部での水分蒸発に伴い、安定吐出を確保することが困難である。VC60000搭載インクは、インク保湿剤として蒸気圧が高くかつ顔料分散性が低下しないアルコールを選定することにより、ノズル近傍でインクが乾燥したときでもノズル詰まりの原因となる顔料の凝集が抑えられ、その結果、速乾性と高い吐出安定性とを両立している。

3-2-2 ステンレス(SUS)製2インチ幅プリントヘッド

VC60000は、高速印刷から高画質印刷まで幅広い印刷に対応している。高速印刷時には大きな滴を、高画質印刷時には小さい滴を吐出する吐出技術がこれを可能にしている。さらに、ノズルを用紙幅方向に高密度配置したラインヘッドが必須であり、ノズルの整列方向に2インチ幅のプリントヘッドを千鳥に配置することで、20.5インチの用紙幅までの印刷に対応できる。ラインヘッド化のときの高精度位置合わせと1ヘッドあたりのノズル数増加に伴うヘッド生産歩留まりとから、2インチを選択している。

SUS製2インチ幅プリントヘッドは、当社独自の技術を用いて2インチ幅×600 dpiの解像度で開発されたプリントヘッドである^{5,6)}。

Fig. 9に示すように、2つのプリントヘッドを1ヘッドで形成する隣接ドット間の半分をシフトさせて1つのハウジングに組み込み、ワンパスで1200 dpiの印

刷が実現可能なヘッドモジュールとし、これを並べてラインヘッド化している。



Fig. 9 Dual print head.

このプリントヘッドは、高剛性ピエゾアクチュエーターを搭載し、広範囲のインク粘度に対応することが可能である^{7,8)}。

Fig. 10に、プリントヘッド内のPZT素子とインク液室のバイピッチ構造を示す。

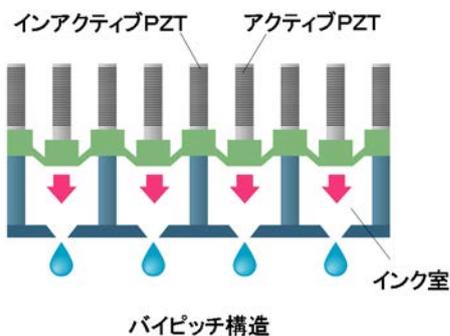


Fig. 10 Scheme of a piezoelectric actuator having a bi-pitch configuration.

アクティブPZTとインアクティブPZTは、インク液室及びインク室との仕切りをしっかりと押さえ、交互に配置することによりアクティブPZTがインク液室に効率よく力を加えることができるため、粘度の高いインクを吐出することが可能である。

その上、高速印刷から高画質印刷までを網羅するために、インク液室の固有周期を利用してFig. 11のような駆動波形制御を採用し、1印刷周期内に複数滴を連続吐出させ空間で滴を合一させて滴サイズを2~15 plまでの間で自由にコントロールするM-dot技

術⁹⁾により、高速印刷時には大きな滴を、高画質印刷時には小さい滴を吐出する (Fig. 12)。これにより、両方の目標印刷品質に対して1つのヘッドで対応が可能となる。

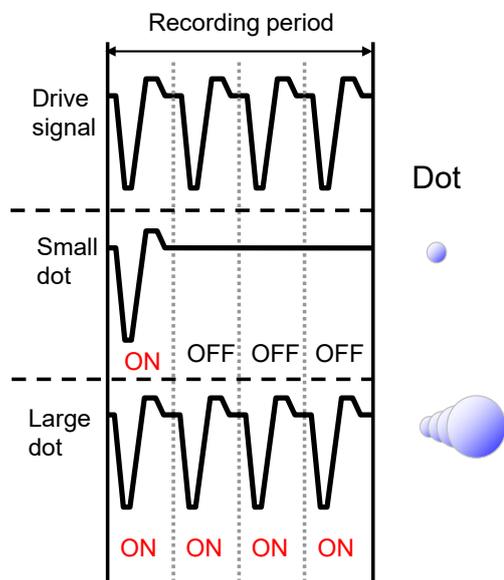


Fig. 11 Drive waveform signal.

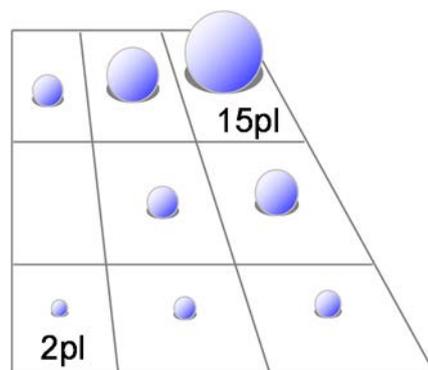


Fig. 12 Image of M-dot technology.

3-3 プロテクターコーティングサブシステム

3つ目のプロテクターコーティングサブシステムは、印刷された画像の耐擦性を向上することができる。ここで画像の耐擦性に対する顧客要求レベルは必ずしも一様ではなく、印刷物の用途や目的に応じて複数の水準が存在するため、それらの要求に対して柔軟に対応できるシステムが求められる。

耐擦性向上メカニズムを以下に述べる。PCLを付与することにより、インク皮膜の強度を確保するとともに、画像の表面摩擦係数を下げて摺動性を高めることができ、その結果、画像の耐擦性が向上する。

PCLを付与する本サブシステム構築にあたっては、求められる耐擦性を発現するために必要な量は確保しつつ、過剰な量にならないように制御することが課題であった。具体的には、塗布量が少なすぎる場合は画像剥がれが発生し、一方、塗布量が多すぎる場合は乾燥を強くする必要が生じるとともに、無駄な印刷コストの増加につながる。

我々の開発したPCLは、非常に微少な塗布量でも耐擦性向上の機能を発現することが可能であり、薄膜塗布が可能なローラー塗布方式でさえ過剰な塗布量になってしまう。さらには、多様な顧客要求に応えるため微少塗布でありながら複数水準の塗布量を実現するシステムでなければならない。そのため、プロテクターコーティングサブシステムでは、微少な塗布量を正確にコントロール可能なSUS製2インチ幅プリントヘッドによる塗布方式を採用した。

Fig. 13に示すように、プロテクターコーティングを実施することで画像の耐擦性向上が確認できた。

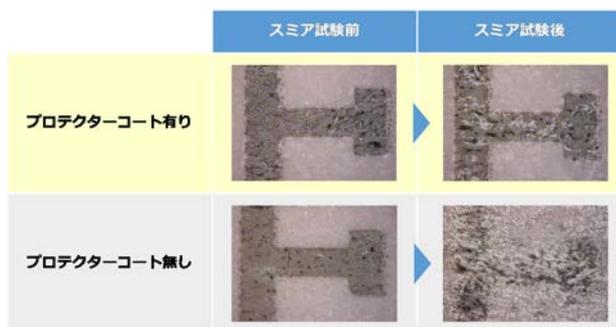


Fig. 13 Smear test results.

3-4 乾燥サブシステム

4つ目の乾燥サブシステムは、用紙表面に画像を定着させるための乾燥工程を担う重要な部分である。

VC60000は顧客ニーズに対応するため、多くの紙種への対応が必要であった。

一般的な普通紙はインクがしみこみ易いので弱い乾燥力で成立する。しかし、オフセットコート紙においてはインクの吸収が極端に少ないので強い乾燥力が必要となる。これらを両立させるため、強い乾燥力に合わせて設計をしてしまうと装置の大型化、さらには莫大な消費電力が必要なシステムになってしまう。

そこで、様々な顧客要求に対し適切なシステム構成を提供するために、本体エンジン内の乾燥ユニットとオプションとしての外部乾燥装置とからなる構成を採用した。

本体エンジン内の乾燥ユニットは、消費電力を抑えつつ用紙へ効率的に熱エネルギーを加える技術により、乾燥後の搬送ローラー等の接触によるインクの転写や剥がれを発生させない設計とした。

その上でオプションとして本体第1及び第2エンジン内の乾燥ユニットの後工程に更なる高温加熱が可能な外部乾燥装置を配置する設計とした。

普通紙やインクジェットコート紙では、本体エンジン内の乾燥ユニットのみで十分な乾燥状態が得られる。しかしながらオフセットコート紙の場合には十分とは言えず、例えばロール状に巻き取ったときに、重なり合った画像面のインクが貼り付くブロッキングが発生する場合があった。これにオプションの外部乾燥装置を配備することで、ブロッキングを防止することが可能となった。

3-4-1 乾燥ユニット(ヒートローラー+拡張エアードライヤー)

用紙上の未乾燥インクを乾燥定着させるために、本体エンジン内の乾燥ユニットは用紙との接触時間を長く確保できる大径ヒートローラーを採用し、加えてインクに温風を吹き付けるエアードライヤーを

配置した。Fig. 14に、乾燥ユニットの構成について示す。

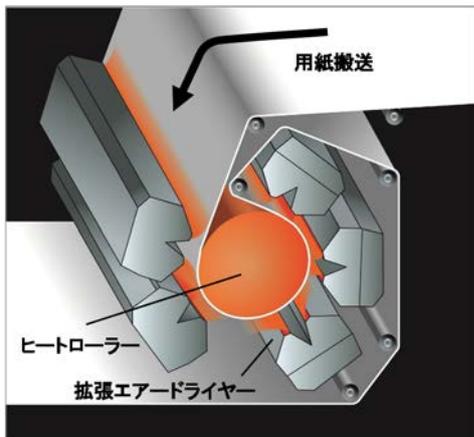


Fig. 14 Schematic diagram of dryer of VC60000.

100°Cまで加熱可能な大径ヒートローラーの周囲に拡張エアードライヤーを5モジュール配置した。エアードライヤー1モジュールにつき2つのエアークラスターがあり、それぞれから100°Cの温風を吹き付けることができる。また、消費電力を大幅に低減するために温風の循環システムを備えている。

拡張エアードライヤーは、主に普通紙を印刷する場合は使用しないあるいは装着しないなど印刷用途に応じて選択可能である。

3-4-2 外部乾燥装置

本体エンジン内の乾燥ユニットでは、100°Cの加熱乾燥によりインクの水成分は十分に乾燥することが可能であるが、保湿成分など水成分よりも高沸点な溶媒は残存している。VC60000においては、最大150°Cまで加熱可能なヒートローラー方式による外部乾燥装置をオプションで設置することで、オフセットコート紙上のインクの水成分まで乾燥することができ、ブロッキングの発生を防止できる。

この機能を分散した乾燥サブシステムを採用することにより顧客の要望に合わせて普通紙からオフセットコート紙までそれぞれ最適な構成の選択が可能となり、柔軟なシステム構成を提供することができる。

4. 成果と今後の展開

インクジェット連帳機において、様々な用紙に対して高速かつ高画質の印刷を可能にするために、アンダーコーティング、印刷、プロテクターコーティング、乾燥の4つに機能分離したサブシステムからなるプリンティングシステムを開発することで、普通紙やインクジェットコート紙はもちろんのこと、水性インクの吸収性が乏しいオフセット印刷用コート紙においても高画質印刷を達成することができた。

今後、更なる高速化や多様な印刷メディア対応性の市場要求が予想される。顧客ニーズに応えるべく将来製品のキーとなる技術革新を続けていく。

参考文献

- 1) S. Moriya et al.: Inkjet Printing System for High Print Quality on Offset coated Paper, *Proceedings of 31st International Conference on Digital Printing Technologies*, pp. 42-45, IS&T (2015).
- 2) 横濱祐樹ほか: オフセット印刷用コート紙に対応したインクジェットサプライ, *Ricoh Technical report*, No. 40, pp. 124-129 (2015).
- 3) Y. Yokohama et al.: Development of Inkjet Supply for Offset Paper, *NIP Proceedings of 31st International Conference on Digital Printing Technologies*, pp. 72-75, IS&T (2015).
- 4) 金井洋, 長瀬孫則: ロールコーター, 塗装講座 (第XIV講), *J. Jpn. Soc. Colour Mater.*, Vol. 73 (9), pp. 458-465 (2000).
- 5) 町田治, 外山栄一: 産業用途向けインクジェットヘッドGEN3E1の開発, *Ricoh Technical report*, No. 33, pp. 176-180 (2007).
- 6) 森尚子: 高速化と産業用途に向けたリコーのインクジェットヘッド技術, 日本画像学会 2015年度 第1回技術研究会, pp. 41-51 (2015).
- 7) 野田浩司ほか: GELJETワイドヘッドによる高速高画質化技術, *Japan Hardcopy 2004 論文集*, pp. 85-88, 日本画像学会 (2004).

- 8) S. Maekawa et al.: Wide Print-Head with High-Stiffness and Control Method of Drive, *Proceedings of 23rd International Conference on Digital Printing Technologies*, pp. 310-313, IS&T (2007).
- 9) 太田善久ほか: GELJET プリンター IPSiO G707/G505, *Ricoh Technical Report*, No. 30, pp. 145-150 (2004).