

新規UV硬化型IJインクによる高速高精細画像形成技術

Newly Developed UV-curable Inkjet Technology for Forming High Quality Image with High Productivity

飯島 裕隆*	高林 敏行*	前田 晃央*
Hirota IJIMA	Toshiyuki TAKABAYASHI	Akio MAEDA
池田 征史*	平野 肇志*	水谷 敏幸**
Masashi IKEDA	Tadashi HIRANO	Toshiyuki MIZUTANI

要旨

我々は、時間3000枚の高速でオフセット印刷同等の高精細画像形成を可能とする、枚葉デジタル印刷機「AccurioJet KM-1」を開発した。既に複数の顧客先で生産機として使用されており、「商業印刷分野で活用できる真のデジタル印刷機」として高い評価を得ている。

より高速高精細な画像形成を達成する為、我々は、新規UV硬化型インク技術を開発した。これは、紙面上でのドットの液寄りを瞬時に抑制し、かつ、ドットを適度にレベリングさせる技術で、具体的には、紙面上に着弾したインクの粘度を高度に制御し、かつ、画像表面の形状を制御することにより達成している。

本稿では、その新規開発したインク技術の一部を報告する。

Abstract

We have developed a sheet-fed digital press AccurioJet KM-1, which achieves off-set like high quality image with high productivity; 3,000 sheets per hour. A number of AccurioJet KM-1 have already run in the production lines of customers, and have gained reputation as “Real Digitalization Pioneer” for commercial printing industry.

For achieving the recording process, we have succeeded to develop a new and a unique UV-curable inkjet technology. To avoid the dots coalescing and the bumpy image-surface, we developed a new ink formulation and curing process which can control the ink viscosity precisely in the print head and on the recording media. We also improved the technology which can control the gloss value of the image.

* 材料・コンポーネント事業本部 IJコンポーネント事業部 開発部
** 情報機器開発本部 第1製品開発センター 第13製品開発部

1 背景

近年、印刷業界では、必要な部数を印刷するショートラン印刷の傾向が強くなり、印刷刷版を使用しないデジタル印刷方式へのニーズ、必要性が益々高まっている。

印刷機を中心とする国際展示会であるDrupa2012は「Inkjet Drupa」或いは「B2 Drupa」と呼ばれ、印刷本紙に高速／高画質で印刷可能な商業印刷用途のインクジェット印刷機が多数展示された。それから5年を経た現在では、インクジェット印刷機の稼働は全世界で100台を超え、さらに加速する勢いを見せている。

コニカミノルタはDrupa2012にて商業印刷用途にB2サイズ枚葉インクジェット印刷機「KM-1」（後の「AccurioJet KM-1」）を参考出展（Fig. 1）。現在は全世界で市場投入が進んでいる。また、Drupa2016では主として紙器パッケージ用途にB1サイズのインクジェット印刷機「KM-C」の参考出展を行った。

商業印刷、紙器パッケージ印刷では、各種印刷用紙に、オフセット印刷に匹敵する画質を、高い生産性で印刷することが求められる。このため、我々は独自のUV硬化型インクと記録システムを開発し「AccurioJet KM-1」「KM-C」に搭載した¹⁾²⁾³⁾。

本報では、高画質かつ高速に印刷する際の技術課題及び高速高画質UVインク「HS (High-quality Single-pass) インク」の技術について紹介する。

AccurioJet KM-1



Fig. 1 Front view of “AccurioJet KM-1”

2 高速、高画質印刷の課題と改善検討

2.1 商業印刷用途におけるインク種選択

一般的にインクジェットインクの種類は、用いる溶媒により、油性インク、水性インク、UV硬化型インク（以後、UVインクと略する）に大別される。各インクはそれぞれ長所と短所があり、プリンターが使用される用途に依って選択される。

油性インクは揮発性が低く、ヘッドのノズル部での乾燥が抑えられるため、射出信頼性が高く、ヘッドメンテナンスが簡便で済む。このため、シングルパス印刷に使用される。反面、単体では印刷されたインクの内紙に対する定着性が乏しく、インク吸収性の低いコート紙や

アート紙に印刷で使用することが困難である。このため、上質紙を中心とした、オフィス・学校向けの印刷機に用いられる。

一方、水性インクでは、溶媒の主成分である水が印刷後に乾燥し、固定化樹脂により薄い画像皮膜を形成する。それにより色材を用紙に定着することが可能となる。また、予め用紙にプレコート液を付けておくことで、プレコート液とインクの接触によりドットや色材を不動化する技術、所謂ピニング技術による高解像度の画像形成も可能になる。しかしながら、印刷用紙の殆どは紙を基材にしている。紙を構成するセルロースはインクの水分を吸収すると膨潤し変形し、さらに乾燥過程で変形したままに再固定化し、所謂カールやコックルを生じることから、上質紙、特に薄紙の記録に使用することが難しく、様々な用紙が使用される商業印刷用途では不便を生じることとなる⁴⁾。

UVインクは、紫外線で硬化するモノマーを溶媒にしたインクであり、紫外線を照射後に瞬時に用紙に固定化されるため、連続して裏面印刷を行うことが可能であり、更に待ち時間無しで折りや断裁などの後加工工程を行うことが可能である。商業印刷では印刷オーダーの殆どで後加工を行うため、待ち時間が要らないことは好都合である。また、紙媒体に浸透しても、セルロースは膨潤せず、カール、コックルが発生しない。さらにインク自体が紫外線硬化により定着性を有することから、商業印刷で使用される上質紙、コート紙、アート紙をはじめ一部フィルムを含む多種多様な印刷用紙に対して記録可能である。一方、シングルパス印刷のような高速記録時に必要なピニングについて、付加的な技術が必要となる。

我々は商業印刷を目的とした「AccurioJet KM-1」および「KM-C」では、様々な印刷用紙に記録が可能であること、速やかに裏面印刷、後加工が可能である点からUVインクを選択した。

2.2 高速印刷におけるピニングの必要性

インクジェット記録とは、ヘッドから射出された個々のインク液滴が印刷用紙に着弾して出来る、ドットの集合体として表現される点描画の一種と考えられる。点描画では所望の色／大きさのドットを、所望の場所に記録することが求められる。

ヘッドの高周波数駆動（1つのノズルから一定時間により多くの液滴を射出させること）や吐出力の関係から、インクジェットインクは低粘度の液体である。低粘度の液滴同士が接触すると、表面張力により液が混ざり合い、それぞれのドットの位置や形状、色が変わり、Fig. 2に示したように画像が乱れる。これがビーディングやブリーディングと呼ばれる現象で、画像劣化の原因となる。

スキャン方式のインクジェットプリンターでは、隣接する液滴を記録する時間間隔を空け、乾燥等により定着を促進する、所謂インターリーブ記録により、ビーディングやブリーディングを防止することが出来たが、シン

グルバス方式では隣接する液滴が着弾する迄の時間間隔が非常に短い。例えば、記録用紙の搬送速度を毎秒1,000mmとして、隣接する液滴を射出するノズルが千鳥状に配置され、搬送方向に30mm離れている場合、隣接する液滴が着弾する間隔は0.03秒となる。

このように、高速高画質記録では、極短時間でドットの固定化が可能なピニング技術が求められる。

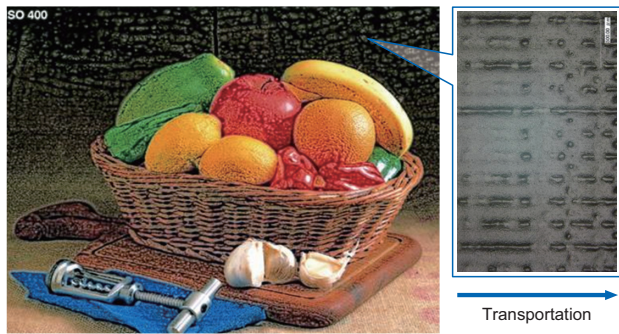


Fig. 2 Image deterioration by dots coalescing.

2.3 高速ピニングとゲル状UVインク記録技術

UVインクのピニング方法として、弱いUV光を照射し、インクを半硬化させる方法が従来から知られている。しかしながら、一般にラジカル光重合では、光照射から重合が進みインク粘度が上昇するまでには誘導期があり、この方法では、高速の印刷機ではピニングによる画質改善の効果は限定的である。

我々は、ヘッドから射出される時には水のような低粘度でありながら、用紙に着弾後、10ミリ秒以内にオフセット印刷インキのような高粘度に変化させることを技術コンセプトに掲げ、各種の高速反応や高速状態変化など様々な機構の探索、検証を行った。

その結果、相転移現象の高速性に着目し、UVインクにゲル化剤を添加することにより、常温ではゲル状の固体としたインクを、加熱により低粘度のゾル状態にして射出。着弾後は記録媒体に熱を奪われ速やかにゲル状となり、高速なピニングを可能とするゲル状UVインク技術を考えて (Fig. 3)。

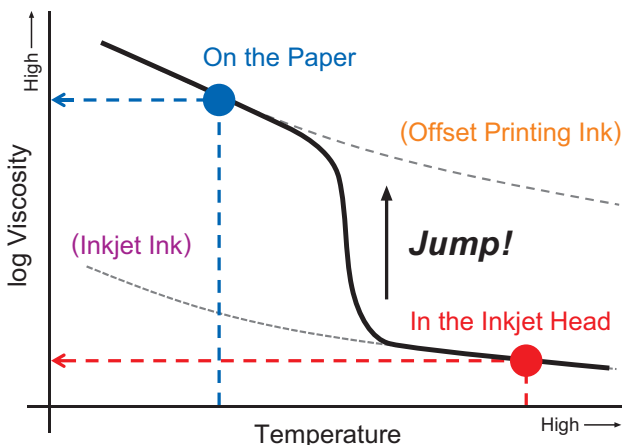


Fig. 3 Technical concept of gelled UV ink.

ゲル状UVインクでは、ゲル化剤はインク全体の数重量%の添加でインク全体をゲル化可能であり、UVインクとして求められる光硬化性や硬化皮膜の物性制御のために、光開始剤やモノマーの選定を自由に行うことが出来る。さらに、高粘度のゲル状態で紫外線硬化を行うことにより、ラジカル重合における酸素阻害の影響を軽減出来るため、少ない光量で硬化でき、省エネルギーであるというメリットを併せ持つ。

2.4 ゲル化剤について

ゲルは、用いるゲル化剤の種類によるゲル化機構により、(1) 高分子ゲル、(2) 水素接合性ゲル、(3) ワックスゲル (結晶性ゲル) の3種に分類される。

高分子ゲルは、水性ゲルではポリアクリル酸などが広く使用されるが、モノマーのような油性物質のゲル化を起こすものとしては、脂肪酸と糖のエステル化物が用いられる。分子量が大きく、ゾル状態の粘度が高くなり、インクジェットインクのゲルとしては使用が難しい。

水素結合性ゲルは、アミノ酸誘導体が油性ゲル化剤として用いられる。分子間水素結合によりナノサイズの繊維状ネットワークを形成し、少量でインク全体をゲル化することが可能であるが、ゾル-ゲル転移が遅いため、インクジェットインクのピニング機構での効果は限定的になる。

ワックスゲルは、オイルワックスゲルとも呼ばれ、パラフィンやマイクロクリスタリンといったワックス類が使用される。低温ではワックスは板状結晶として析出し、この結晶が立体的に自己組織化され、カードハウス構造を形成する。溶媒はカードハウスで出来た隙間に入るため、少量のゲル化剤により、インク全体をゲル化することが可能である。また、ゾル-ゲル転移が速く、インクジェットインクのピニングに好適である。

ワックスゲル化剤の添加有無によるドット径の違いについて Fig. 4 に示す。ゲル化剤を含むインクではゲル化により濡れによるドット拡大が抑えられており、短時間でゲル化が生じることが確認される。

以上の検討より、我々はワックスゲルを用いたゲル状UVインクにより高速高画質の画像形成技術を確立した。

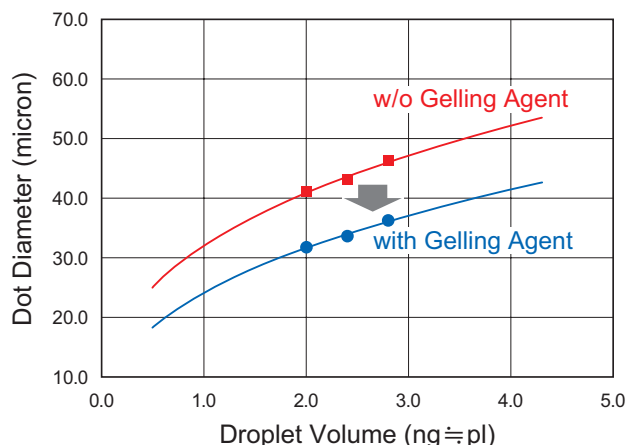


Fig. 4 Dot diameter on coated paper.

3 AccurioJet KM-1 について

次に、本報告のゲル化UVインク技術を搭載した製品例として「AccurioJet KM-1」について紹介する (Fig. 5, Table 1)。

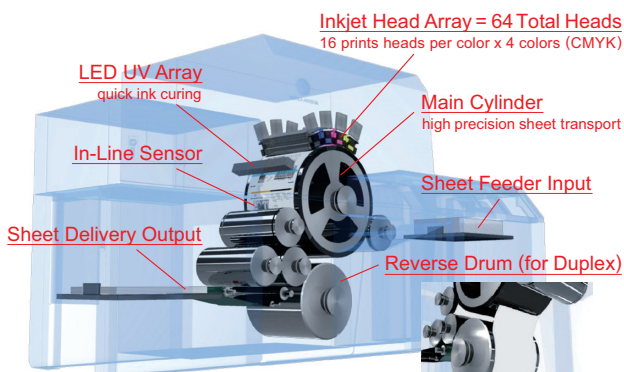


Fig. 5 Structural illustration of KM-1 system.

AccurioJet KM-1ではアレイ状に並べられたインクジェットヘッドから、メインシリンダに巻き付けられた用紙に、4色のインクを順次記録。同じシリンダ上に配置されたUV-LEDで光照射され硬化する。

UVインクは瞬時に硬化乾燥するため、両面印刷時にはドラム下部の反転ドラムを経て同様に裏面を印刷することが可能である。また、シリンダ上にはインラインで射出欠や曲がりを検知可能なセンサを搭載し、画像欠陥のある印刷物の分別や、自動での画像補正を行うことで、信頼性と生産性を高めている。

最後にAccurioJet KM-1の仕様をTable 1に示す。

Table 1 AccurioJet KM-1 specifications.

	Specifications
Printing type	Single pass inkjet printing
Transportation	Gripper transportation
Speed	Simplex: 3,000 sheets/hour Duplex: 1,500 sheets/hour
Number of colors	4 colors (Y, M, C, K)
Number of heads	2 Heads/module 8 Modules/color (Total 64 heads/color)
Resolutions	1,200 dpi x 1,200 dpi
Maximum print media size	585 x 750 mm
Media thickness	Simplex: 0.06 - 0.6 mm Duplex: 0.06 - 0.45 mm
Media type	Coated paper Non-coated paper Embossed paper etc.
Ink	UV-curable ink
RIP	Full variable

Table 1に示す通りAccurioJet KM-1はHSインクの採用によりB2+サイズ (585×750mm) の用紙に毎時3,000枚 (両面で1,500枚) の速度で印刷可能である。また、プレコート無しで上質紙、コート紙、アート紙、またエンボス状の紙にも印刷可能であり、本格的なインクジェット商業印刷機である。

4 結論

商業印刷用途で求められる、高速高精細な画像形成を目的として、我々はゲル状UVインク (HSインク) 技術を見出した。ゲル化剤の選択とインク処方最適化により、高速印刷に必要な高速ピニングを可能とした。また本報では触れなかったが、本インク技術により光沢の制御を可能とし、高精細な画像形成を可能とした。

我々はこの技術を商業印刷、パッケージ印刷に向けた基本技術として捉え、拡大発展に向け技術開発を継続している。

●参考文献

- 1) Development of the 23"×29.5" Sheet-fed Inkjet Press KM-1, Mitsuru Obata, Toyoaki Sugaya, Toshiyuki Mizutani, Hideo Watanabe, Toshiyuki Takabayashi, and Hirotaka Iijima, Proceedings of NIP 30 and Digital Fabrication 2014 (2014), pp. 372-374.
- 2) Newly developed UV-curable inkjet technology for Digital Inkjet Press "KM-1", Toshiyuki Takabayashi, Hirotaka Iijima, Katsunori Goi, Mitsuru Obata, Toshiyuki Mizutani, and Hideo Watanabe, Proceedings of NIP 31 and Digital Fabrication 2015 (2015), pp. 251-255.
- 3) Development of Image quality and reliability enhancing technology for 29×23 size digital inkjet press "KM-1", Toshiyuki Mizutani, Kenichiro Hiramoto, Mitsuru Obata, Toshiyuki Takabayashi, and Toyoaki Sugaya, Proceedings of NIP 32 and Digital Fabrication 2016 (2016), pp. 237-240.
- 4) A New Water-based Inkjet Ink for Plain Paper Printing, Hirotaka Iijima, Atsushi Tomotake, and Yasuhiko Kawashima, Proceedings of NIP 22 International Conference on Digital Printing Technologies (2006), pp. 201-203.

●出典

本稿は日本画像学会「Imaging Conference JAPAN 2017」の予稿を加筆修正して転載したものである。本稿の著作権は日本画像学会が有する。