
デジタル孔版印刷画像の紫外線硬化型定着技術開発

Development of UV-Curable Ink Printing Process for Mimeography

佐藤 光雄* 武田 布千雄* 浅田 啓介**

Mitsuo SATOH Fuchio TAKEDA Keisuke ASADA

要 旨

デジタル孔版印刷プロセスは用紙へのエマルジョンインキ浸透で擬似的乾燥を行うプロセスであり、定着工程を有していない。そのため印刷直後の用紙を触ると手にインキが付着し、またローラー機構により印刷後の用紙搬送を行うとインキが次の用紙に付着する。この未定着と言う大きな課題は、これまでデジタル孔版印刷装置の発展・展開・活用において大きな制約となっており、永遠の課題とさえ言われていた。そこで印刷産業用途では一般的に用いられている紫外線硬化型の定着技術を、安全性・信頼性を確保した上でデジタル孔版印刷機に活用することをめざして技術開発活動を実施した。同時にこれまで不可能と言われていた塗工紙へのデジタル孔版印刷についても、画像形成・完全定着・マスタ耐久等の技術的課題の明確化と対応策検討を実施し、開発を通して多くの知見を得ることができた。

ABSTRACT

The digital mimeographic machine has both of a plate-making unit and a printing unit. The mimeographic process is non-drying process. Printed ink remains undried on paper. It stains one's hand when he or she touches the fresh printed paper and also adheres to the following paper during the various post-press process.

Undried ink strictly limits the scope for print application of mimeography. It was even called "The Unending Problem". For resolving this limitation, we developed an UV-curable ink printing process for mimeography with fulfilling the safety standards and assuring the reliability. Although it was the accepted view that mimeography could not print on coated paper, we studied out the mechanism of mimeographic printing process for coated paper with UV-curable ink. Through the studies, we learned many things about image forming, instantaneous drying and master durability enhancement technology for mimeographic printing on coated paper with UV-curable ink..

* 東北リコー株式会社 画像システム事業本部
Imaging System Business Div., Tohoku Ricoh Co., LTD.

** 東北リコー株式会社 事業化推進センター
Business Promotion Center Div., Tohoku Ricoh Co., LTD.

1. 背景

当社はデジタル孔版プロセスによる製版・印刷一体機を開発し、1986年2月に世界初の製品ブリポートSS-880を発売した。孔版印刷プロセスは用紙に転移したインキの浸透と水分蒸発で擬似的な乾燥を行うプロセスであり、定着工程がない。そのために印刷直後の印刷画像部を触ると手指にインキが付着してしまう。

これは謄写印刷が簡易な印刷方式として広く長く市場で使われてきた中で、あきらめられていた欠点であった。画質や操作性等で大幅な技術革新がもたらされたデジタル孔版印刷機が登場しても、この「乾燥性/定着性」という課題は若干の改善はあったものの今でも解決されずに残っている。

この長年の課題を解決することをめざしていろいろな乾燥性/定着性向上の方法を検討してきたが、これといった決定的な方法は見つからなかった。そこで産業用途の印刷業界では一般的な、紫外線硬化型定着技術を応用することで、孔版印刷による印刷物の完全定着を実現すべく技術開発活動を実施することにした。同時に紫外線硬化型定着技術を活用して、これまでは不可能と言われていたコート紙へのデジタル孔版印刷にもチャレンジすることにした。

2. 技術

2-1 デジタル孔版印刷機の定着¹⁾

デジタル孔版印刷画像の定着性について最初に簡単に説明したい。

使われているインキはW/O型エマルジョンインキであり、水相を油相中に細かく分散させた形態になっている。空気中では決して乾燥固化することがない。これは、長期間不使用放置されても再使用時にトラブルなく使えるように考慮された結果である。

印刷によって所定量のインキが用紙上に画像として転移した場合、インキは用紙の繊維間に浸透していく。同時にエマルジョンの部分的破壊が起こり水相成分は空气中に蒸発して減量が起こる。その結果時間経過と

共に徐々に擬似的乾燥状態が形成され、軽く触れた程度では汚れないが強くこすれば手指が汚れるといった定着レベルになる。この様子をFig.1に示す。

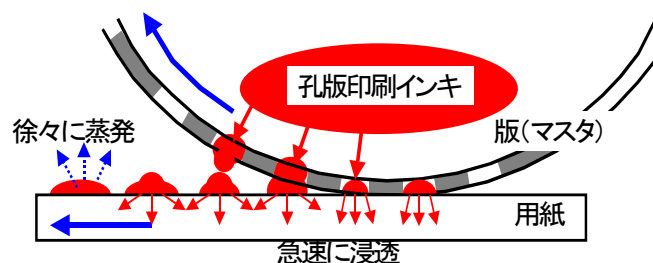


Fig.1 Movement and a change of ink at printing area.

2-2 紫外線硬化型インキ

上記に示したようなW/O型エマルジョンインキと比較して紫外線硬化型インキの場合には、色材と分散材は共通だがTable 1に示すような全く新しい材料を選定開発して処方設計をしなければならない。従来インキとはかなり構成が異なってしまうことになる。従来と共通の印刷部を用いたデジタル孔版印刷を可能にするためには、要求される粘弾性などの印刷所要特性を保つことが求められる。

Table 1 Comparison of emulsion ink and UV-curable ink.

従来ブリポートインキ (エマルジョンインキ)		紫外線硬化型インキ	
油相	色材(顔料)	開始剤 → UV光により重合反応を開始する	モノマー(オリゴマー) → 重合反応で硬化する
	分散剤		
	オイル(鉱物油等)		
水相	乳化剤	体質顔料 → インキの物性をコントロールする	
	樹脂		
	水		
	凍結防止剤		
	抗菌剤		
	添加剤		

ここで特に問題となるのはモノマーの安全性である。というのは多くのモノマーは感感性物質であることから、「皮膚感感性」といった人体への安全性をクリアできる材料を探索しなければいけない。これが最も重要な課題となった。

2-3 技術開発項目と目標設定

技術開発項目は主に下記の5項目とした。そしてそれぞれの開発目標を設定し、更に品質目標、コスト目標、日程目標を設定した。

- (1) 安全性の高い紫外線硬化型インキの開発
インキ材料の選定と処方開発及び硬化特性の把握と印刷適性評価等。
- (2) 紫外線ランプの選定と硬化効率化開発
安全で省エネの紫外線ランプ選定と硬化特性の評価及び効率的硬化条件探索。
- (3) 定着搬送装置の開発
安全で高信頼の紫外線照射装置兼印刷物搬送装置の開発。
- (4) 紫外線硬化型インキ対応印刷部開発
印刷ドラム部や排版部において、新しい紫外線硬化型インキを使用してもトラブルを起こさないようにする技術の開発。
- (5) コート紙印刷対応技術開発
コート紙上デジタル孔版印刷における最適ドット形成技術及び印刷物の排紙剥離技術の開発。

2-4 システム構想と定着装置構想

現行マシンを最大限に活用して完全定着技術を搭載できる商品のイメージとシステムの構想を行い、そこで用いられる定着装置（紫外線照射搬送装置）についても複数の構想案を作成した。Fig.2に全体システム構想案概略図を示す²⁾。

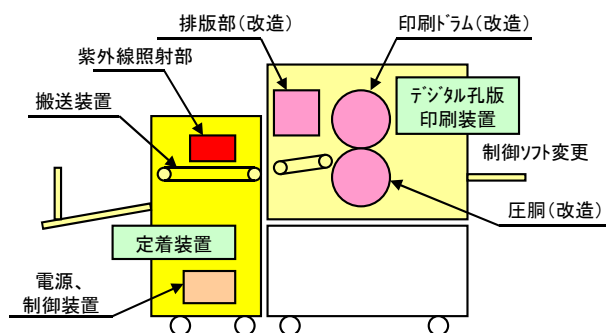


Fig.2 UV cure system for a digital mimeograph.

現行印刷機の部分的改良を行うとともに、それに接続する紫外線照射定着搬送装置を開発するという構想である。

2-5 紫外線照射ランプの選定

一般に印刷産業用として使われている紫外線照射ランプは、高圧水銀ランプやメタルハライドランプである。これらは主波長が365nmであるが広範なスペクトルを持ち、紫外発光効率が低く、過大発熱と過大消費電力、オゾン発生、短寿命、点灯立ち上がりが悪いといったような欠点を有する。発熱に対する安全性を考慮すれば採用できない。

一方低圧水銀ランプは、一般に殺菌用として使われる低出力のものであるが主波長254nmの線スペクトルを持ち、発光効率高く発熱や消費電力も少なくオゾンレスも可能である。我々は多種のランプを検討した結果、この低圧水銀ランプにアマルガム合金の封入で高出力化をはかったアマルガム水銀ランプを選定した。

2-6 紫外線照射実験装置と硬化特性

インキの開発と平行して、Fig.3に示すような紫外線照射実験装置を製作し、印刷物定着性能と最適条件の把握及び発生課題の抽出を行うこととした³⁾。初期評価確認の結果、印刷機の最高速度1100mm/secにおいて、紫外線出力20～30W程度のアマルガム水銀ランプにより所要の硬化品質を得ることは、非常に困難であることがわかった。

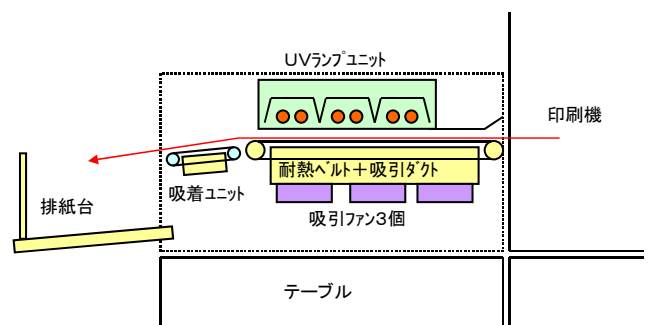


Fig.3 UV-exposure and paper transfer unit.

解析の結果、初期のインキでは硬化感が不十分であることと、紫外線の最大強度が不十分であることが主な原因であることが判明した。これらに対し、下記2つの方針で改善を図ることにした。

- (1) インキ処方に関するパラメータ設計の継続
- (2) シミュレーションを併用したランプリフレクタの形状最適化とランプ照射条件設計

2-7 硬化特性の改善

最適インキ処方の開発については詳細を省略させていただくが、評価特性として「インキの硬化感度」「インキの粘弾性特性」「インキの保存安定性」をとらえて、数回のパラメータ設計を実施することによって非常に大きな成果を得ることができた。

リフレクタの検討では反射効率の良い材料選定と積算光量に加えて、ピーク出力を大にできるリフレクタ形状の設計を主テーマにとらえた。Fig.4に各種反射材料の分光反射率測定結果のグラフを示す。ここから254nmで最も高い反射率を有する材料を選定した。

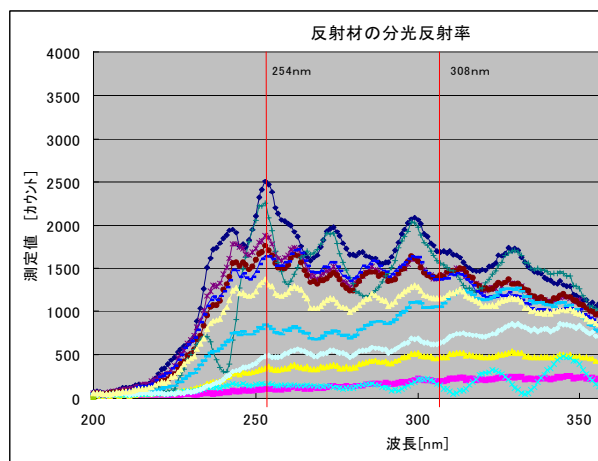


Fig.4 Reflection spectra of various materials.

リフレクタ形状は光学反射シミュレーションも活用して最適形状の検討を行った。Fig.5に数種のリフレクタ形状別光量分布の測定結果グラフを示す。実際にはこの他に最適ランプ配置も検討して照射部設計を行った。

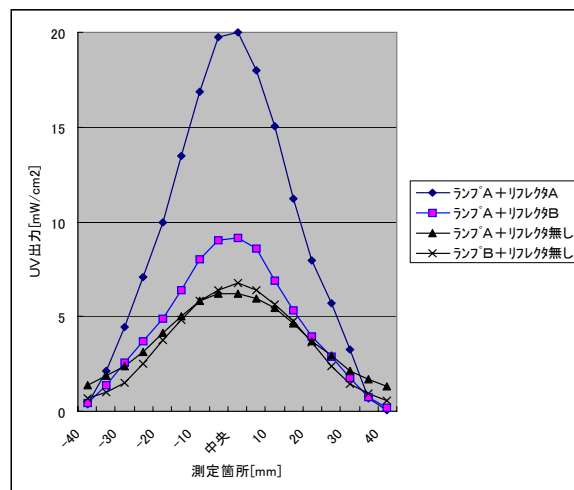


Fig.5 UV light distribution of various reflectors.

こうした改善活動を継続した結果、普通紙においては1100mm/secの高速搬送条件でも、数本のランプを用いることで要求硬化特性を得ることが可能というレベルまで到達することができた。なお硬化特性の評価方法としては、クロックメーターを用いたこすり汚れの段階見本比較評価を主として、ガラス板上硬化度の定量的評価法など複数の方法を用いた。

2-8 コート紙における硬化不良の検討

実験を通して明らかになった新たな課題として、普通紙で最適の紫外線硬化型インキ及び照射条件を求めたものの、塗工紙（コート紙）の場合にはそれが適用されず硬化に必要な紫外線光量が2倍ほど必要になってしまうという事実があった。詳細に検討した結果、印刷後紫外線照射までの経過時間を大にするほど硬化特性が低下することもわかった。

Fig.6左側に普通紙表面の、Fig.6右側に塗工紙（コート紙）の表面電子顕微鏡写真を示す。このように、コート紙表面には多数の微細な孔があり、印刷によってコート紙表面に転移した紫外線硬化型インキは、低粘度成分がこの多数の微細な孔に急速に浸透してしまうことが考えられた。その際に紫外線硬化とインキの用紙への密着に大きな影響を与える成分も内部に浸透してしまうことが想定され、確認実験からもそれが検証された。そこでインキ処方の見直しを行った結果、コート紙における硬化特性も改善することができたが、

厳密に言えば普通紙定着に最適な処方とコート紙定着に最適な処方とは異なるということがわかった。

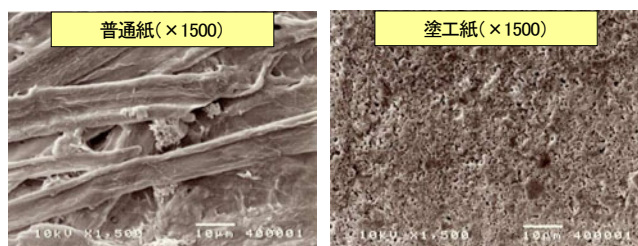


Fig.6 Textural difference of surface between plain paper and coated paper.

2-9 コート紙表面へのインキ転移

塗工紙（コート紙）へのデジタル孔版印刷においては他にもいくつかの大きな技術課題が明らかになった。その一つが「ドット状インキ転移が消えない」という課題であり、具体的には画像濃度が確保できず濃度ムラが大きいということである。もちろんインキ転移量も普通紙の場合に比べて少なくなる。

普通紙へのデジタル孔版印刷画像の場合には、Fig.7左側の顕微鏡写真に示すようにインキが用紙表面繊維へのにじみ浸透によって拡散が起こり、ベタ埋りと画像濃度確保を実現している。

しかし塗工紙（コート紙）への孔版印刷では、用紙表面繊維へのにじみ浸透が起らずにインキがドット状にそのまま残って、しかもそのドット状態にばらつきがあり、Fig.7右側の顕微鏡写真に示すようになってしまう。

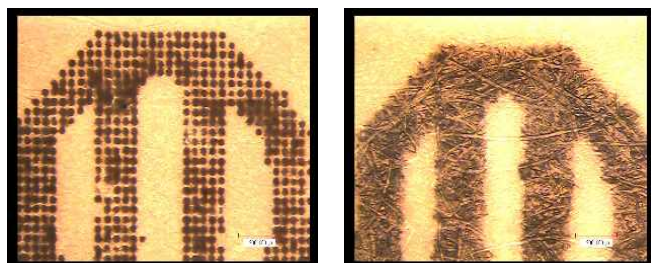


Fig.7 Mireographic image on plain paper and coated paper.

2-10 コート紙印刷画質の改善

上記課題すなわちコート紙へのデジタル孔版印刷画像品質の改善に向けて、下記3つの方向で開発活動を展開した。

- (1) インキ処方の調整
- (2) マスタ構造及び孔版製版方法の開発
- (3) 印刷ドラム及び印刷剥離方法の開発

それぞれの具体的な内容については詳細を省略するが、一例として新しい孔版製版方法の開発について簡単に説明する。

孔版製版は微細な発熱体が並んだサーマルヘッドによって、マスタを構成する熱可塑性樹脂フィルムに点状発熱を加えることで穿孔を行うが、これまでの孔の配置はFig.8左側の顕微鏡写真に示すように、マス目状になっていた。

我々はそれに対して、マスタフィルムの強度確保とインキ転移画像改善を目的として、孔の配置を変えた特殊製版技術を開発した。これをFig.8右側の顕微鏡写真に示す。こうすることで穿孔製版されたマスタの強度バランスが向上し、インキ転移ドットの均一性が改善された⁴⁾。

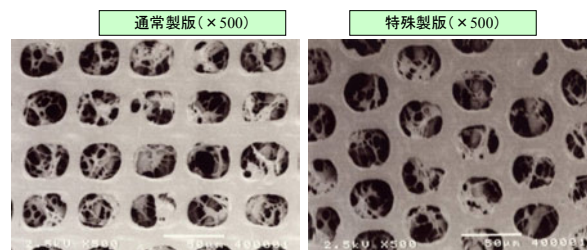


Fig.8 Difference between traditional plate-making method and improved one.

3. まとめ

紫外線硬化型定着の技術を、安全性・信頼性を確保した上でデジタル孔版印刷機に活用することをめざして、初期に設定した5つの開発項目に対しそれぞれ技術開発活動を実施した。その結果、紫外線硬化技術を用いたデジタル孔版印刷画像の完全定着技術について、商品化も考慮した実現可能性を明確にすることができ

た．さらにコート紙への孔版印刷における技術課題を抽出し，課題対策案を明らかにすることができた．こうした開発活動を通して，デジタル孔版印刷が持っている特質を改めて理解・認識することができたことは大きな成果である．

4. 今後の展開

今回我々は，孔版印刷画像の完全定着というテーマで紫外線硬化方式の実用化可能性を明らかにしたが，孔版印刷に限らずインクジェットプロセスなど他の画像形成方式においても，後処理の容易化や業務時間短縮のために即時完全定着の要望は強いものがある．

紫外線硬化方式を一般に適用するにあたっては，安全性，取扱い性，発熱と消費電力，オゾン発生など，まだ多くの課題を有しているが，即時完全定着方式として大きな可能性を有するものであり，今後とも継続した開発活動が望まれるところである．

謝辞

本開発を進めるにあたり，関係者の皆様から多くのご意見・ご助言ならびにご指導を賜りました．皆様に心より深く御礼申し上げます．

参考文献

- 1) 佐藤光雄，その他：デジタル孔版印刷方式で世界初の自動両面印刷装置の開発，Ricoh Technical Report,33,85（2007）
- 2) 佐藤光雄：公開特許 2006-281658 号
- 3) 渡辺達郎：公開特許 2008-44176 号
- 4) 椿健吾，加藤肇：公開特許 2009-940 号