
一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ3] インクジェット(3) システム Inkjet (3) Syetem

2018年6月20日(水) 10:40 ~ 11:40 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ3-01] レーザー乾燥技術のオフセットコート紙におけるしわ抑制効果の検証 Verification of Cockling Reduction Effect on Offset-Coated Paper by Drying Technology Using Laser Exposure

*前後 武志¹、長谷部 恵¹、坂本 朗¹、浜崎 聡信¹、上坂 友純¹、本杉 友佳里¹、石原 拓真¹ (1. 富士ゼロックス株式会社)

*TAKESHI ZENGO¹, SATOSHI HASEBE¹, AKIRA SAKAMOTO¹, TOSHINOBU HAMAZAKI¹, TOMOZUMI UESAKA¹, YUKARI MOTOSUGI¹, TAKUMA ISHIHARA¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

富士ゼロックスではレーザー乾燥技術の開発を行っており、印字直後のレーザー照射によるピンングで濡れ広がりや浸透が制御できるため、これまで浸透紙におけるにじみおよびしわ改善効果や単色の濃度むら改善効果があることを示してきた。高速IJ機のプロダクションビジネスへの拡張においては、オフセットコート紙への適用が必要であるが、インクの浸透性が低いため、インク滴同士の着弾干渉により粒状性が悪化することや、乾燥定着性としわとのトレードオフが課題となっている。今回、レーザー乾燥技術がオフセットコート紙においても、しわ低減効果が有ることをオフラインベンチとシミュレーションにより検証した結果を報告する。

レーザー乾燥技術のオフセットコート紙におけるしわ抑制効果の検証

前後武志, 長谷部恵, 坂本朗, 浜崎聡信, 上坂友純, 本杉友佳里, 石原拓真

富士ゼロックス株式会社 研究技術開発本部 マーキング技術研究所

Verification of Cockling Reduction Effect on Offset-Coated Paper by Drying Technology Using Laser Exposure

Takeshi Zengo, Satoshi Hasebe, Akira Sakamoto, Toshinobu Hamazaki, Tomozumi Uesaka,
Yukari Motosugi and Takuma Ishihara

Marking Technology Laboratory, Research and Technology Group, Fuji Xerox Co., Ltd.

High-speed inkjet printing system for offset-coated paper is growing in recent years. Laser-drying technology can heat only the ink without heating the paper faster than conventional dryer because of its high power density and near-infrared wavelength. Therefore, this technology has advantages applicable to various types of papers. In this article, we demonstrate that this technology can suppress cockles both thick and thin offset-coated papers. Furthermore, we verified that shorter interval time from after printing to laser exposure is more effective to suppress cockles.

1. はじめに

富士ゼロックスは、商業印刷市場をターゲットにした高速インクジェット連帳機を開発している。その次世代乾燥技術として、高密度エネルギーを照射できるレーザーダイオードを用いた方式を検討している。本方式は、紙や水が吸収し難い近赤外領域のレーザー光を照射するため、インクだけを短時間で高温まで加熱できる。これまで印字直後にレーザー照射することにより、普通紙においてはしみ、裏抜け、高濃度化およびしわに改善効果があること¹⁾、オフセットコート紙においては濃度ムラ抑制効果があることを示した²⁾。

商業印刷市場で利用されるオフセットコート紙は、水性インクの浸透性が低いため、特に乾燥性能向上が課題である。また、印字カバレッジが高いため用紙繊維の膨潤量増大によるしわも課題となる。

従来の乾燥方式としては、用紙裏面から加熱ドラムを接触させる方式や赤外線ヒータによる輻射熱で水分を加熱する方式が知られている。これらの乾燥方式では、乾燥エネルギーを上げるとインクがある画像部だけでなくインクのない白紙部まで余計に乾燥させてしまうため、白紙部と画像部の収縮差により画像部が座屈し、しわを悪化させる³⁾。特にコシの弱い薄紙ではしわが顕著となる。画像部のしわを抑制するためには、非画像部を乾燥させずに速やかに画像部の水分を蒸発させることが重要である。従来の方法で非画像部の乾燥を抑えるためには、蒸発時間を稼ぐ必要があり、装置を大型化するか印字速度を下げて対応することになる。

本報告では、レーザー乾燥技術が、オフセットコート紙の厚紙(127.9gsm)と薄紙(73.3gsm)に対してしわ抑制効果を有することを、オフラインベンチにより検証した結果を報告する。

2. 実験方法

図1に実験装置の概略を示す。用紙を載せた可動ステージを移動させて、印字、レーザー照射を行い、用紙変位(カックル高さ)を測定する。レーザーは富士ゼロックス内製面発光レーザー(VCSEL)で、発振波長820nm、照射光強度30W/cm²(1.5J/cm²)、照射面積(搬送方向40mm、紙幅方向20mm)、インクは富士ゼロックスPIGMENT INK BLACK(水性顔料インク)、用紙は、薄紙:王子製紙社 OK トップコート+ 73.3gsm、厚紙:王子製紙社 OK トップコート+ 127.9gsm、レーザー変位計はKeyence社 LJ-V7000/LJ-V7200を用いた。

ステージの移動速度とIJヘッドからレーザーまでの距離、レーザー出力は可変とし、印字からレーザー照射までの時間や照射エネルギーによるカックル成長および抑制の影響を把握できるようにした。

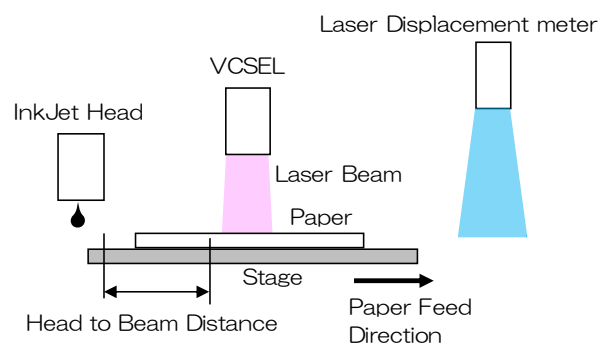


Fig.1 Experimental setup

〒243-0494 海老名市本郷 2274

2274 Hongo Ebina, 243-0494, Japan

E-mail: takeshi.zengo@fujixerox.co.jp

図2にステージ上への用紙設定とレーザー変位計によるしわ観察系の概略を示す。用紙は連帳機内で加わるテンション相当(1.5kgf)をステージ上で加え、テンション方向が用紙繊維方向(MD)となるように固定した。ステージ停止後、印字領域の用紙繊維と直行する方向(CD)のカックル高さ分布の時間変化をレーザー変位計で測定した。

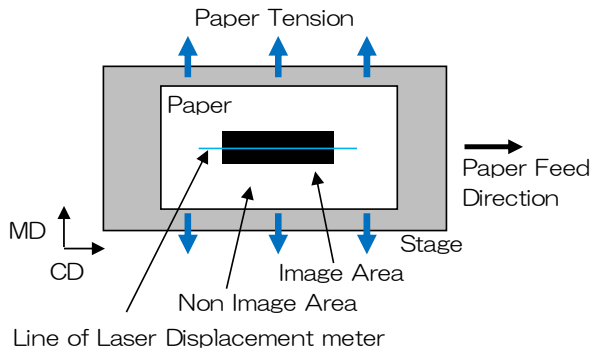


Fig.2 Experimental setup for observation of cockle using laser displacement meter

3. 実験結果

3.1 温度と水分蒸発量

図3にレーザー照射エネルギーに対する用紙白紙部および印字部温度と用紙白紙部とインクの蒸発量の測定結果を示す。画像サイズは幅10mm×長さ60mm、印字率100%で(1200dpi, 滴量2pl)である。インク温度は照射エネルギー $2\text{J}/\text{cm}^2$ 近傍で 100°C に到達し、その時のインク中の水分残量はほぼ0%まで減少する。一方、白紙部に温度変化および水分量の変化は無かった。レーザーは印字部のみを加熱し、水分蒸発させていることがわかる。

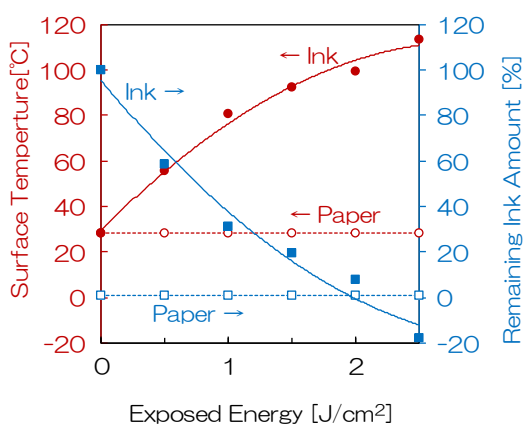
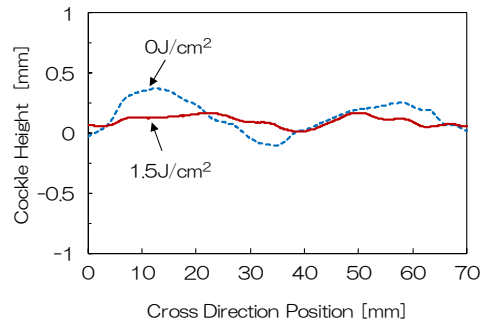


Fig.3 Ink and paper temperature and remaining water in Ink and paper after laser exposure

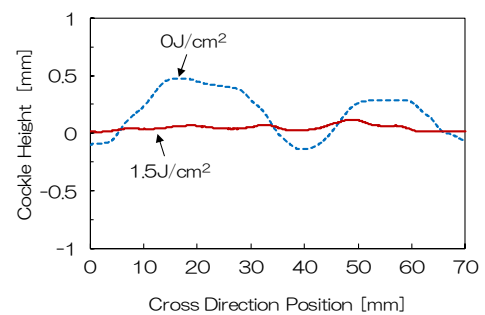
3.2 厚紙のしわ抑制効果

図4は、厚紙(127.9gsm)に印字率100%で印字したときのしわ形状分布の時間変化をレーザー照射なし($0\text{J}/\text{cm}^2$)、あり($1.5\text{J}/\text{cm}^2$)で比較したものである。レーザー照射タイミングは、印字後0.15secとした。

印字から3sec後のしわ形状(a)は、照射なしではしわが大きく発生しているが、照射ありではしわは若干確認できる程度に抑制されている。さらに時間が経過した20sec後のしわ形状(b)は、照射なしでは更にしわが大きく成長しているのに対し、照射ありでは全く成長していないことがわかる。



(a) After 3sec



(b) After 20sec

Fig.4 Effects of suppressing cockles in thick paper by laser exposure in the paper profile of view

図5は図4と同じ印字条件(照射タイミング0.15sec)で、レーザーエネルギーを変化させたときのカックル高さ(Peak-to-peakのMax値)の時間変化である。レーザー照射エネルギーが大きく水分蒸発量が多いと、カックル低減が速くなっている。また、水分蒸発に十分なエネルギーが与えられない場合は、カックル低減に限界があることがわかる。

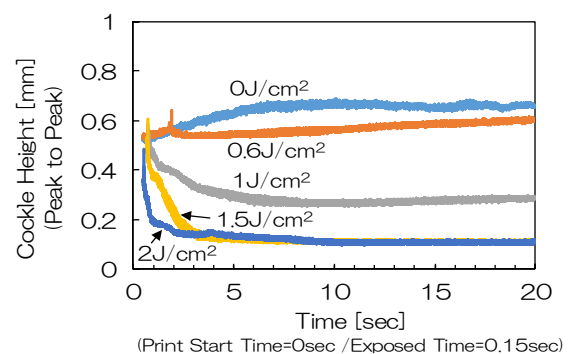
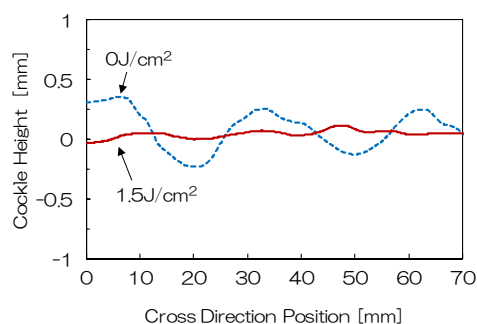


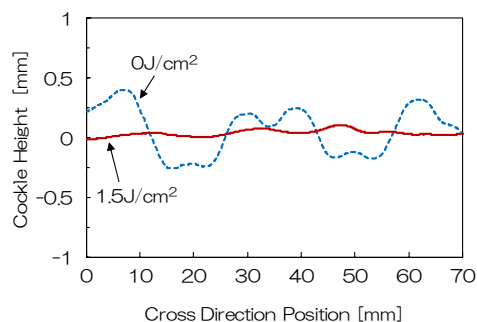
Fig.5 Cockles changes in thick paper by laser exposure

3.3 薄紙のしわ抑制効果

図 6 は、図 4 で示した実験と同じ内容を薄紙 (73.3gsm) で検証した結果を示す。印字開始から 3sec 後のしわ形状(a)は、照射なし (0J/cm²) では厚紙よりもしわの数が多く発生していることがわかる。一方、1.5J/cm² 照射ではしわはほとんどなく、薄紙でもしわ抑制効果があることを確認した。また印字開始から 20sec 後のしわ形状(b)は、照射なしでは高さ方向には成長せず、しわの数が更に増加している。しわ形状分布の時間経過を追跡したところ、しわが成長すると座屈が発生し、しわの数が増えることを確認している。



(a) After 3sec



(a) After 20sec

Fig.6 Effects of suppressing cackles in thin paper by laser exposure in the paper profile of view

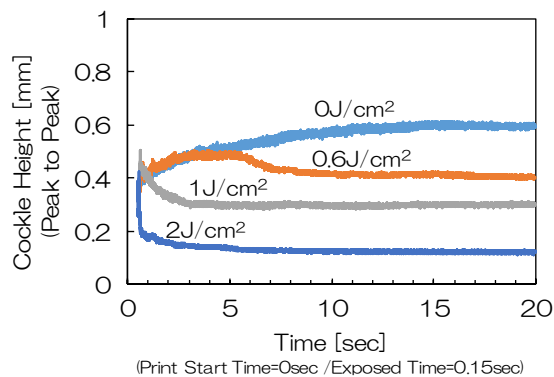


Fig.7 Cackles changes in thin paper by laser exposure

図 7 は、レーザーエネルギーを変化させたときの薄紙のカックル高さ (Peak-to-peak の Max 値) の時

間変化である。薄紙においても、厚紙同様レーザーエネルギーが大きく、インク水分の蒸発量が 100%に近いとしわ抑制効果が高くなることが示された。

3.4 レーザー照射タイミングの影響

Fig.8 にレーザー照射インターバルによるしわ低減挙動を示す。レーザー照射エネルギーは 1.5J/cm² とした。印字からレーザー照射までのインターバルが短い場合(0.15sec), しわが短時間で戻るが、インターバルが長い場合(1.5sec)はしわが戻る時間が長くなる。インクの浸透および用紙繊維の膨潤が進行する前に画像部の水分を除去すると速やかにしわを低減できることを示唆している。

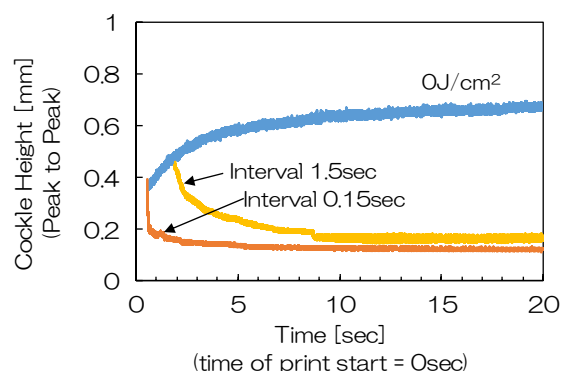


Fig.8 Effects of suppressing cackles on thin paper by the interval time from print to laser exposure

4. シミュレーションによる考察

4.1 解析モデル

実験で得られた紙厚や浸透・膨潤の進行およびレーザー照射有無によるしわ形成挙動について考察するため、Abaqus を用いてシンプルなモデルで用紙変形をシミュレーションした。用紙繊維の膨潤は熱膨張でモデル化し、用紙の水分率を温度に対応させた。用紙は線形弾性体モデルであると仮定し、インクが浸透している領域には一様に濡れた用紙のヤング率を設定した⁴⁾。

4.2 解析条件

用紙物性は一般的な値を用いた。表 1 に用紙の設定パラメータを示す。表中の x, y, z はそれぞれ用紙の MD 方向, CD 方向, 厚さ方向を表す。

Table 1 Simulation condition

| Physical property | Coordinate | Value | |
|-------------------|-------------|--------------|------------|
| Young's modulus | Non-printed | x | 6.670[Gpa] |
| | area | y, z | 2.615[Gpa] |
| | | Printed area | x |
| | | | y, z |
| Poisson ratio | | x, z | 0.3 |
| | | y | 0.163 |

紙厚は厚紙 100 μm , 薄紙 50 μm (用紙物性同じ), MD 方向にテンション 1.5kgf 印加, 計算領域は図 2 に示す範囲 (画像領域 60mm \times 10mm, 周囲に白紙領域), インク浸透深さおよび画像部の膨潤率をパラメータとした。

4.3 解析結果

図 9 に厚紙(100 μm), 図 10 に薄紙(50 μm)のカックル形状 (CD 方向) のシミュレーション結果を示す (実線: レーザー照射あり, 破線: レーザー照射なし). パラメータの組み合わせによりカックル分布形状がばらつくが, 厚紙では膨潤率 4% (照射時 1%), インク水分の浸透距離 37.5 μm , 薄紙では膨潤率 4%(照射時 0.5%), 浸透距離 25 μm のとき, カックル高さおよび分布形状が実験結果 (図 4, 図 6) を良好に再現した. カックルの分布形状は, 概して非画像部と画像部の剛性の分布 (紙厚と用紙内におけるヤング率分布に依存) と画像部の膨張力とのバランスに依存するといえる。

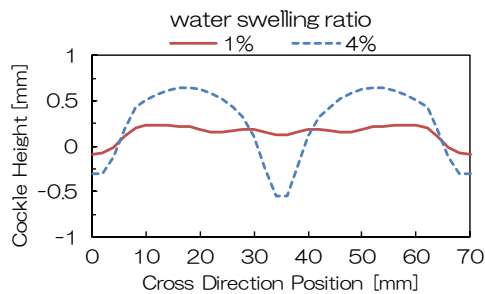


Fig.9 Simulated cockle profile of thick paper (100 μm) with/without laser exposure

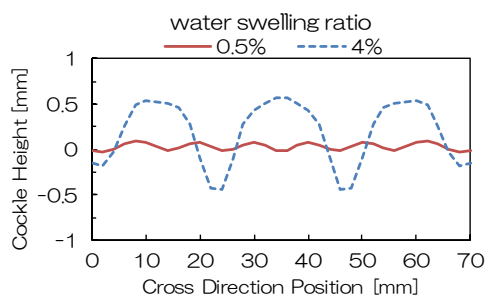


Fig.10 Simulated cockle profile of thin paper (50 μm) with/without laser exposure

次に, 浸透深さおよび膨潤率によるカックル形状への影響を調べた。

図 11 は, 膨潤率を固定したときのカックル高さに対する浸透深さの影響を示したものである (用紙厚 100 μm . 図 2 と異なる計算条件). インク水分の浸透が進むほどカックル高さが大きくなる傾向を示し, 膨潤率が大きいほど感度が高くなることがわかる。

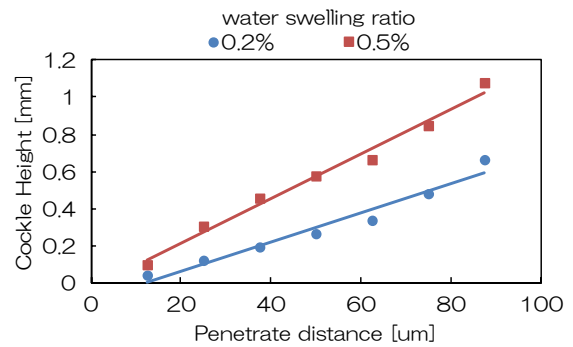


Fig.11 Dependence of penetrate distance and water swelling ratio for cockle height (100 μm)

5. まとめ

インクのみを短時間で加熱できるレーザー乾燥技術を用いて, オフセットコート紙のしわ抑制効果を検証し, 以下の知見を得た。

- ・レーザー照射により, 印字後速やかにインク水分を蒸発させることで, 厚紙・薄紙ともにしわを抑制できる。
- ・印字後のレーザー照射タイミングが速いほど, より速くしわを抑制できる。

参考文献

- 1) Akira Sakamoto, Manabu Numata, Yasuhiro Ogasawara, Mami Hatanaka, Yukari Motosugi, and Naoki Morita, Laser Exposure of Dry Aqueous Ink for Continuous-Feed High-Speed Inkjet Printing, J. Imaging Sci. Technol. 59(2): 020501-1020501-7(2015).
- 2) Takuma Ishihara, Akira Sakamoto, Satoshi Hasebe, Mamoru Fujita, Takeshi Zengo and Toshinobu Hamazaki, Application of Drying Technology using Laser Exposure to High-speed Inkjet Printing System and Verification of Inhibiting Effect on Image-density Inhomogeneity, ICJ2016, 101-104(2016).
- 3) Tetsuya Hirabayashi et al, Development of the Coated Graphic Paper "OK Non-wrinkle", SEN'I GAKKAISHI, Vol.59, No.11, 363-367(2003).
- 4) Motoharu Nakao, Satoshi Hasebe, Ryosuke Takahashi, Takashi Ogino, Study of Paper Deformation Mechanism in Color Inkjet Printing Process with IR Heater, ICJ2016, 105-108(2016).