バインダーマイグレーション改善のための 新しい高エネルギー赤外線利用法

インパクトシステム社 エリック・W・ステファンセン

New Applications of High Intensity Infrared to Reduce Binder Migration on Coating

Erik W. Stephansen

Impact Systems, Inc.

Infrared radiation has been used for some time in coating applications to prevent picking, improve quality, and increase drying capacity.

A new high intensity, high frequency infrared system has been developed, now in use on paper machines and coaters. In some recent investigations with this high intensity, high frequency infrared source, we have found a region of operation where this system produces dramatic improvements in printability of the paper due to control of binder migration and associated mottling.

This paper will discuss the general subject of infrared radiation and coating, and then give detailed results of the application of this high intensity infrared radiation in reducing binder migration.

Keywords: Coating, Printability, Binder migration, Mottling, HIHF IR heater, Impact systems

序 言

通常のガスインフラでも、バインダーマイグレーションを押えて印刷適性を向上できる事が知られている。

本来は水分プロファイル是正の目的で 375 kw/m^2 の高エネルギー、高周波数帯赤外線を開発して試用したところ、通常の赤外線よりも遙かにバインダーマイグレーションとモトリングが改善された。最近の高速コーターでバインダーマイグレーションを減らすためには、コーティングブレードの直後に、きわめて高エネルギーの赤外線を照射する必要がある。この理由、メカニズムを主として述べてみたい。

赤外線の特徴

図1は各種赤外線のエネルギー分布図である。縦軸

は正味の赤外線の出力であって、ヒーターへの入力ではない。カーブAは低温パネルヒーター、カーブCは中エネルギー、中周波数赤外線(MIMF=medium intensity medium frequency)、カーブEは高エネルギー、高周波数赤外線(HIHF)である。

高エネルギー、高周波数赤外線(HIHF)の総出力は中エネルギー、中周波数赤外線(MIMF)にくらべて約4倍であり、低エネルギー、低周波数赤外線にくらべては10倍~20倍にもなる。MIMFは普通ガスヒーターであるがエネルギーの半分が赤外線に変換され、半分はガスの熱である。

HIHFは電気ヒーターによるが、約80%のエネルギーが有効な赤外線に変換される。

放射エネルギーが最大になる時の波長はWienの変異法則(訳註:波長×温度=一定)によって温度と関

Fig. 1 Infrared energy distribution from low temperature panel heaters (A, B), medium temperature gas heaters (C, D), and High Intensity, High Frequency electric heaters (E).

係がある。460°C で作動しているパネルヒーターでは、赤外線エネルギーが最大になるのは波長が3.5ミクロンの時であり、1,080°C で作動しているガスヒーターでは2.1ミクロン、2,130°C の電熱ヒーターでは1.2ミクロンである。赤外線出力は、温度の外に放射率（記註：黒体からの放射量に対する、その物体からの放射量の比）、表面積の函数でもあるので、すべてを考慮すると HIHF は2.1ミクロンの赤外線放射量がガス MIMF の3倍にもなる。

次に、紙や水の赤外線吸収特性を図2と図3に示す。横軸が波長、縦軸が吸収率%で、カーブは幾つかの異なった坪量、水膜の厚みについて示されている。図から分るように、赤外線の吸収率は、紙の坪量が大きく、また水膜の厚みが大きい程良好である。紙については、3ミクロン以下の短波長（高周波）赤外線の吸収は良くない。しかし、短波長赤外線は紙層の深部に到達できるので紙の温度分布は均一になる。これがコートの乾燥に HIHF を利用した時に得られる利点の主要原因と考えられる。

1,080°C またはそれ以下で放射される赤外線は、大部分が紙の表面で捕捉されてしまう。紙層の深部へは熱伝導によって表面から熱が伝わるが、この過程は時間がかかる。実際に一方向から赤外線を照射し、この

Fig. 2 IR absorption of water.

Fig. 3 IR absorption of paper fiber.

中に紙を通して、紙表裏の温度差を測定してみると、HIHF にくらべてガスインフラでは温度差が遙かに大きい。

図4は、何種類かの坪量の紙を 1,080°C と 2,130°C の赤外線中を通した時の紙厚方向の温度分布を示した図である。縦軸には紙厚を坪量単位で表し、横軸には温度をとっている。

破線は 1,080°C 赤外線を当てた時の測定結果で、照射面と裏面との間に非常に大きい温度差がある。

実線は 2,130°C 赤外線を当てた時の測定結果で、紙厚方向の温度分布はかなり均一である。

点線は 2,130°C 赤外線を4種の異なった坪量の紙に照射し、紙の下に反射板を置いた場合の測定結果で、

Fig. 4 Temperature profiles through paper sheets of various basis weights as a result of IR heating, with and without reflector.

坪量 65 g/m^2 の紙では、反射板のために紙全面の温度が上昇すると共に表裏の温度差も少くなる。

坪量が大きくなると、紙を貫通する赤外線の量は少なくなるので、反射板の効果も少くなる。 325 g/m^2 にもなれば、ほとんど全部の赤外線は紙に吸収されてしまっ反射板は、ほぼ何の効果も示さない。 800 g/m^2 またそれ以上の板紙では、紙面の上下に照射するとよい。

いずれにせよ、高周波数、高エネルギー赤外線の作用は、マイクロ・ウェーブエネルギーと似て、物体の表面をこがすことなしに内部を加熱し、内部の水分を均一に表面へ押し出してくれる。このため他の乾燥方法にあり勝ちな、内部応力に関連した問題や、バインダーマイグレーションの問題が解決できるのである。

コートのバインダーマイグレーション

バインダーマイグレーションは塗料が紙面と接触した瞬間に始まる。塗料中の水分が繊維をぬらすとバインダーは、原紙の中に進入して行く。ブレードでは塗料に対して大きな水圧がかかって、塗料は原紙の中に圧入され、そこでしっかりと根を下すことになる。乾燥される迄の時間が長い程、塗料中の水分とバインダーは紙の中深く進んで行く。紙中におけるバインダーの最終的な分布状態は多くの要因、例えば、乾燥、ホットエアーの強さ²⁾、ブレードエアナイフの型式³⁾、コート層が1度塗りか2度塗りか等によって左右される。

原紙表面が不均一で、コート層の厚みが顕微鏡的に

変化していると、バインダーの流れも不均一になり、従って、バインダーの紙面における濃度も不均一になる。乾燥が進んで塗料がゲル化すると、バインダー/水の流れは遅くなりバインダー/固体の関係になる。バインダー/固体の関係が紙面で不均一であることが、モトリングの主原因であり、印刷適性上の問題をひき起す。

一般的には、ゲル化前の塗料の移動時間が長ければ長い程、塗料はブレードで形成された均質な状態を失って、顕微鏡的に不均質な原紙の表面状態に近くなる。理想的にはブレードを出た直後の状態にコート面を凍結することが望ましく、そうすればバインダーマイグレーションをとめて、モトリングのないコート面を得ることができる筈である。HIHF ヒーターには、この作用があることが実験的にわかった。

高周波数、高エネルギーヒーターのコーターへの応用

高周波数、高エネルギーヒーターは、もともと抄紙機で水分プロファイルを改善するために使われ始めた方法で⁶⁾⁷⁾、75 件ほどの使用例がある。しかし、小型で設置も簡単なのでオンマシンコーター、オフマシンコーターにも使われるようになり、使ってみると原紙水分やコート後スーパ前の水分は正の他に、バインダーマイグレーションの防止や、コート工程中でのピッキングの防止にも効果のあることがわかった。

何分、コート紙業界は夫々独自の秘密が多くて、実機についての情報は公開されないが、当社のパイロットコーターでマイグレーションについて行った実験では次のような結果が出ている。

コーターヘッドの前に設置した場合

- (1) コーター前で原紙水分プロファイルを均一にする
とコート紙の品質が均一となる。
- (2) コート前に原紙を 50°C 程度に予熱してやると
コート紙の品質が向上し、モトリングが減少する。

ドライヤーの後に設置した場合

- (1) スーパーを通す前に水分プロファイルを是正すれば
コート紙の品質が向上し、スーパ掛けによる損紙、品質低下が防げる。
- (2) 温風乾燥によって発生したモトリングが修正できる。

コーターブレードから若干離れた位置で、ドライヤー前に設置した場合

- (1) 塗料の定着と第1ドライヤーへのピッキング防止
- (2) 増産

バインダーマイグレーションについての実験結果

赤外線ヒーターをコーターヘッドに近接して設置できれば、普通に赤外線ヒーターによって得られる利点以外にコート品質の向上に役立つことがわかった。

コーターヘッドとしては3種類を使ったが、そのうち Wärtsilä のショート・ドゥエルコーターヘッドについての結果を紹介する。

実験品種は印刷用紙と板紙である。HIHF ヒーターは3基あって、いずれも流れ方向の長さは305 mm である。第1ヒーターはプレヒーターで、コーターヘッ

ドの前に置かれ、他のヒーターはコーターヘッドの後で乾燥に使用された。はじめの乾燥用ヒーターをコーターヘッドから375 mm 2番目の乾燥用ヒーターを同じく875 mm の位置に取付けた。

コート量、コート速度、ドライヤー条件をいろいろに変えてモトリングの状態を調べた。コート速度はコート紙の最終水分が5~6%となるように調節した。K&Nと同様な測定方法であるが、フランスのN&Tテスト (Ink Noir & Porometrique, Lorilleux 社) によってモトリングを評価した。塗料には、ラテックス/スターチバインダーを使い、濃度は約60%とした。結果は以下の通りである。

1) エア・ドライヤーの前に HIHF ヒーターを置くことによって図5に示すようなモトリングの減少が達成された。

この実験を行った時の紙温度の変化を図6に示す。

Fig. 5 High Intensity, High Frequency heater on a high speed pilot coater.

Conditions:

Basis Weight42 gsm
 StockPublishing Grade
 Coating Weight10 gsm
 BinderLatex/Starch
 Speed800 meters/minute
 % Solids60%
 Final Moisture6%

IR	COAT WEIGHT GSM	SPEED M/MIN	COMMENT
— — —	10	800	IR + Air
....	10	800	Air Only

Fig. 6 Shows the temperature profile of the web through the hot air dryer with and without HIHF IR heaters

赤外線ヒーターを並用した場合は、温風ドライヤーの操作温度は約110°Cであったが、温風ドライヤーだけの場合には、これを190°Cに上昇させなければならなかった。紙の最終水分はいずれの場合も6%であった。

赤外線ヒーターを並用した場合は、温風ドライヤー内の紙温度は、ほぼ一定であったが、温風ドライヤーだけの場合には、最初のドライヤーで紙温を急上昇させなければならなかった。いずれの場合も温風ドライヤー出口の紙温度はほぼ同じであった。

2) 図7は同様の実験で、コート速度を400m/分

HIHF Heater Off

HIHF Heater On

400 m/min

800 m/min

Fig. 7 Effect on mottle of hot air versus hot air plus two infrared heaters.

Conditions :

Basis Weight42 gsm

Base Sheet	100% Kraft
------------------	------------

Coating Weight11 gsm

Binder	Latex/Starch
---------------------	---------------------

% Solids	59%
----------------	-----

Fig. 8 Effect of infrared only on mottle. →

Conditions :

Basis Weight38 gsm (base stock)

Base Stock	58%	Groundwood,
	42%	Kraft & ash

Final Moisture5.3%

% Solids	60%
----------------	-----

BinderDow Latex 883

	Coating Weight gsm	Web Speed m/min	Infrared Heater Arrangement
1)	10	140	One heater after coater.
2)	10	300	Two heaters after coater.
3)	10	350	Two heaters after coater. One preheating web.
4)	14	270	Two heaters after coater. One preheating web.
5)	6	520	Two heaters after coater. One preheating web.

と 800m/分の2水準に変えた場合のモトリングを比較して示した図である。400m/分の時はそれ程大きな差は見られないが、800m/分の時には、赤外線ヒーターの有無がモトリングに大きな影響を与えていることが分る。他の一連の実験とも照らし合わせて総合的に言える事は、温風ドライヤーだけで、単位面積当りの熱エネルギーを高くするとモトリングが悪化するという事である。

温風ドライヤーの前に赤外線ヒーターを置くとモトリングは大幅に改善される。これを温風ドライヤーの後に置いても若干の効果は得られる。

3) 図8は HIHF ヒーターだけで最終水分の6%まで乾燥させた時のモトリングを示す。

この実験の本来の目的は HIHF 赤外線ヒーターの蒸発率を研究するため、コート量が大きいほど有効であることがわかり、また、全乾燥を HIHF 赤外線ヒーターだけでも行えることが確認された。しかし、同時に品質面でも大きな効果が得られ、特にコート量が大きい程、温風乾燥だけの時に比べて品質が向上することがわかった。(写真5が荒れて見えるのはコート量が 6g/m^2 と低くて原紙が透けて見えるためである。)

4) コート速度を大幅に下げてコート紙水分を2%まで過乾燥した場合の品質をチェックしてみたところ、

Fig. 9 Effect of overdrying on mottle — hot air and infrared.

Conditions:

Basis Weight	42 gsm
Base Stock	Publishing
Coating Weight	11 gsm
Speed	200 m/min
% Solids	60%
Final Moisture	2%
Binder	Latex/Starch

図9のようにきわめて悪い結果となった。恐らく紙表面が煮沸された形になったものと思われる。

以上のように HIHF 赤外線ヒーターの効果は実験的に確かめられたが、厳密な効果のよって来る所は目下糾明中である。推論では、次のように考えられる。

- (1) 波長の短い赤外線は、物体の内部まで透過できるから、コート層と、原紙を均一に加熱する。
- (2) 赤外線は物体を均一に加熱するので、コート表面だけが密な組織になることがなく、水分が高速で脱出するだけの開放された表面が残る。
- (3) 赤外線は急速乾燥するので、バインダーが原紙内部深く進入するのを防ぐ。

この他、実機から得られた知見と合わせて次のような事がわかった。

- (1) 赤外線ヒーターをブレードに近接させなければ効果が遙かに少くなる。ヒーター1基を使用した時で、コート速度が 300m/分~500m/分になると品質の向上がはっきり現われる。
- (2) ヒーター1基につき、コート量によるが、100m/分から 150m/分の増速が可能である。
- (3) ヒーター1基を使用した場合、コート速度が 200m/分以下になると過乾燥のためか、効果がなくなる。
- (4) 原紙に GP が入っているか否かは、この実験でのコート品質にほとんど影響しなかった。
- (5) ラテックス濃度や塗料組成を変えてもほとんど同様の結果となった。
- (6) 塗料定着のため赤外線を使用した場合、原紙がサイズされているか否かはコート品質にほとんど影響がなかった。

結 論

高エネルギー、高周波数赤外線 (HIHF) ヒーターをコーターブレードの直後に設置した場合、通常の赤外線応用例を遙かにこえたまさに劇的なバインダーマイグレーションの防止効果が得られた。基本的な新しい知見は次の通りである。

- (1) HIHF により、短距離の間に、湿潤状態から水分6%までコート紙を乾燥させ、バインダーマイグレーションを防止し、モトルを解消し良好な印刷適性を得ることができる。
- (2) HIHF だけを使った乾燥方式により、 10g/m^2 ~ 14g/m^2 (片面) のコート量に対して良好なコート品質が得られる。
- (3) コート速度が高速になった時、温風ドライヤーの負荷を増して対処するとバインダーマイグレー

ションは悪化する。

- (4) HIHF と温風ドライヤーを並用すれば、コート速度 800m/分でモトリングを抑制できる。コート品質を維持しながら、生産能力を倍増した実例がある。
- (5) 温風ドライヤーと HIHF を並用しても、コート水分を 2%まで過乾燥させた場合にはコート紙表面が破壊された。

参考文献

- 1) Thomin, W. H., Bergh, N. and Kogler, W. L., "High Speed Air Knife Coater-Controlled Performance of Binder Migration, TAPPI Vol. 56, No. 1, Jan. 1973, pp. 66-69.
- 2) Engstrum, G. et al. "How Drying Conditions Influence Ink-Mottling in Offset Printing", TAPPI Journal, Nov. 1982, pp. 81-84.
- 3) Krishnagopalan, A. and Simand, G. L., "An Improved Technique for Studying Binder Migration in Coated paper", TAPPI, Vol. 59, No. 12, Dec. 1976, pp. 96-99.
- 4) Bargh, N. O., Thomin, W. H., Kegler, W. L., "Controlled Binder Migration", *Coating Symposium*, Munich, 1972.
- 5) Bristow, J. A. and Bergenblad, H., "Interpretations of Ink-Stain Tests on Coated paper", *16th International Research Conference of Printing Research Institutes*, Florida, June 14-20, 1981.
- 6) Higham, J. D., "New Techniques for Cross-Direction Moisture Control on Paper Machines Using High Intensity Infrared Radiation", *Proceedings of the SPCI Conference*, Sweden, April 10-13, 1984, pp. 422-426.
- 7) Higham, J. D., "Energy Use in Cross-Direction Moisture Control on Paper Machines Using High Intensity Infrared Radiation", *Proceedings of the TAPPI Engineering Conference*, Boston, September 17-20, 1984, pp. 649-654.
- 8) Hattkila T. & Aschan P. J., "Z-Distribution Analysis of Binder in Board Coating", *Paper OCH TRA*, No. 60, (1978) : 11, pp. 665-668 ; 671-677.
- 9) Aschan, P. J., The Analysis of Binder Distribution in Pigmented Double Coatings, TAPPI 63 (1980) : 5, pp. 59-63.

本報は1985年5月 TAPPI 主催による Coating Conference "Productivity and Quality for Tomorrow" において発表されたものである。

本報についてのお問い合わせはインパクト・システムズ・アジア株式会社をお願いします。

(編集部)