最新のスプレーコーティング技術*

—オプティスプレー—

メッツォペーパー, Inc. ビルホ・ニシネン
メッツォペーパー株式会社 ○山崎 秀彦

Advanced Spray Coating Technology

—OptiSpray—

Vilho Nissinen

Metso Paper, Inc., Finland

Hidehiko Yamazaki

Metso Paper KK

山崎 秀彦

Over time we have seen a decrease in the trend of paper product prices. In recessionary times, low value products lose their profit margin quite easily. To achieve good profitability, the value of the product must increase while at the same time production costs decrease. The dream of every paper-maker is to produce a high-value product with economic raw materials while maintaining good runnability at high speeds.

The demand for lower impact in the paper coating process is well known, as are the difficulties in blade coating. Film transfer technology has taken a big step in the right direction. The weaker base papers can be coated. Still there is heavy web contact with many dependencies and interactions between coater and paper in the film transfer nip. The coat weight variations caused by unevenness of the base paper and changes in the cross directional tensile profile over the coater are ready examples.

Thanks to film transfer technology, the coated and improved newspaper grades are already available. With the help of an improved print image, four-color newspaper printing will gradually attract the commercial advertising business. Even traditional newspapers will be four-color printed on light-weight coated news grade, making them as attractive for product advertising as the newspaper inserts are today. Every cold-set newspaper printing house is seeking business use for available day time hours.

Now, Metso Paper launched its new OptiSpray technology. The OptiSpray coating process is based on a controlled, high-pressure spray application of coating or surface size directly onto the surface of the paper or board, without any direct machine contact. The coating is simultaneously sprayed at high speed on both sides of the paper web. OptiSpray achieves excellent coverage of the base paper.

分類：N₃ 塗工機, Y₆ 物理化学

*平成 13 年度年次大会講演（講演 No. A 12）

1. はじめに

紙製品の価格が低迷するなかで高い収益を確保するには、製造コストを低減しつつ、一方で製品の付加価値を増さねばならない。前者の達成には経済的な原材料の使用、高速化と良好な走行性を図るなどがあり、後者の達成には従来とは異なる新しい製造技術の適用を図るといったことが求められる。

塗工に関してもオフコーターからオンマシンコーターへの要求が増しており、さらにはスーパーカレンダー処理もオンマシンで行うことが求められている。すでに、すべてがオンライン化された OptiConcept マシンの稼動実績も上がっている。

一方で、従来とはコンセプトの異なるコーター技術の要請がある。理想的コーターの1つは非接触で塗工できることである。コーターにおけるウェブとの機械的接触が問題点のポイントをなしているのは明らかである。たとえば、従来からあるブレードコーターについてみると、ウェブがコーティングカラーを塗布された後、ブレード個所で断紙トラブルを引き起こすことがあり、その低減は重要となる。もっとも高い平滑性を要求する塗工紙には依然としてブレード塗工が求められており、安定塗工を行う技術も進展している。

また、フィルムトランスファータイプの塗工方法は断紙の問題の1つの解決策であり、強度の弱い原紙への塗工も可能となっている。この場合はブレード塗工に比べると輪郭塗工の傾向を強く有している。まだウェブとコーター各所との接触は存在することから、原紙が不均一であるとかコーターでの張力プロファイルがCD方向で変動があれば塗工量にバラツキが生じるといったことも起こり得る。従って、コーターに入る以前の段階で均一な原紙の形成と安定したCD張力プロファイルをもつことが原紙に望まれる。実際のところ、フィルムトランスファー技術を用いて製造した塗工紙および改良新聞用紙はすでに使用されている。画質が向上したことから、新聞用紙の4色印刷が商業的広告ビジネスにとって徐々に魅力を増している。

前述したように製紙者にとって理想的な塗工方式は、紙とコーターヘッドとの間で機械的な接触がないような塗工方式である。その有力な方法としてスプレーによる方式が考えられる。バルメットは長年にわたってスプレー塗工の研究、開発を行い、技術を確立させた。本稿では、スプレー塗工方式によるコーターである OptiSpray について開発経緯を含めてその技術を紹介する。

2. OptiSpray の開発歴史

スプレーによる塗装は数十年にわたって普及してきた技術であり、自動車の車体の塗装はその1例である。同様な技術の紙塗工への適用も検討されてきた。

魅力的な OptiSpray の創造の第一段階は、ブレードコーティングカラーを2,3リットル用いて行った塗装実験室での実験である。スプレーした紙サンプルの品質を入念に調べたところ、当然のことではあったが紙の随所で液滴が検知された。クレーを含むコーティングカラーの固形分を徐々に希釈することにより、微粒子化が行え、紙表面で液滴が広がり受理できる条件が得られ、スプレー塗工は成功した。ただし、圧力レベルはかなり高くする必要のあることが分かった。さらに、この後の開発の過程で、従来技術とは異なる紙塗工に固有のスプレー技術の開発が必要となった。

ハンドシートでの試験結果は勇気付けられるものであったため、スプレーガンパイロットコーターに設置し、実際の塗工工程でのスプレー品質をテストするため、1994年初めに最初のパイロットトライアルを行った(図1)。

長い吸収時間と低速の自由シート乾燥に代えて、通常の赤外乾燥とエアフローテーション乾燥を用いた。オーバースプレーサクショチャンバーをスプレーノズルの回りに設置した後、フルスケールのパイロットトライアルが可能になった。1m幅の紙ロールを用いて、 5 g/m^2 、 7.5 g/m^2 および 10 g/m^2 の塗工を行い、フィルムトランスファー塗工とスプレー塗工での結果を比較した。塗工、カレンダーリング、そして印刷の結果も良好であった。スプレー塗工はフィルムトランスファー塗工に比べてサンプルの光沢は高くはなかったが、印刷画像と均一性は良好であった。印刷の専門家からも高い評価を得、これが突破口となり、カレンダーリングと印刷に適した紙にスプレー技術を使うことが可能となった。

1995年と1996年、ノズルの摩耗特性、スプレー処理が紙の境界層に及ぼす影響、スプレーパターンが紙

図1 最初のスプレートライアル原理

に与える衝撃力、そして各種スプレーガン調べるための研究を実施した。スプレー方式についてもエアスプレーとエアレススプレーを注意深くテストした。

その後、高速、フルスケールスプレー塗工用のパイロット研究設備を作ることと決定し、1997年9月、新コーターは稼動した。初期のテストでは、コーティングカラーの紙への転移が適切に行われなかったことから、アプリケーションを設計変更し、多数のノズル列を配列させ、各ノズル列には3つのノズルを装備するようにした。最初の案では、良好なプロフィールを得るためウェブからかなり離れた位置にたくさんのノズル列をもち、各列にはいくつかのノズルを配置したものであった。しかし、ウェブに良好なカラー転移を行い、とりわけウェブ上に良好な広がりを与えるためには、ウェブからの距離は十分に小さくすることが必要となった。最初のトライアルでは、2,500 m/min の速度を問題なく達成した（図2）。驚いたことに、速度を増しても転移効率が低下しなかった。紙塗工は、エアレス高圧スプレー技術によって可能となることが分かった。

板紙の塗工では、エアナイフを新しいスプレー技術で置き換えることがほぼ可能であると思われた。一方で、ブレードコーターの走行性は板紙の塗工では問題にならないため、エアナイフをブレードコーターに置き換える傾向があった。さらに、トリプル塗工では、スプレーで高被覆の中間層を塗工することは有益であると思われる。

また、新聞用紙のような強度の弱い原紙の塗工は非常に大きな注目を浴びた。スペースをセーブする観点から、紙両面の同時塗工の可否を知るのに興味があった。明らかに、スプレーノズルは、液滴落下の問題があるためウェブの上部には設置できないことから、垂

直の位置でテストを行った（図3）。この技術を用いて、スプレー塗工による改良新聞用紙を開発した。このコート構造はコールドセット印刷に対して非常に有利であることが判明した。

3. 開発へのチャレンジ

塗装産業ではしばしば少数のノズルを用いて同時にスプレー塗装を行っている。摩耗によるノズル交換は大きな問題ではない。ミスト発生は電場あるいはベンチレーションシステムによって制御しており、必要時にノズルのクリーニングは容易である。製紙工場の連続プロセスは意欲を掻き立てるところがある。何百のノズルがあり、交換とか洗浄のために生産を停止する時間的余裕はない。紙の両面は同時に塗工しなくてはならないし、いくらかのオーバースプレーは避けられない。カラーは多孔性で吸収性のある紙上に広がらなくてはならないし、液滴は十分に小さくないといけない。この高速で走るウェブは、ミストをマシンルーム内やさらには印刷機のブランケットまで運んで行く。

ウェットミストが装置に接触するところはどこでも、液体フィルムが形成され、そのフィルムは流下する。すべての鋭いエッジ部分では液滴が形成される。また、空気の流れがあるとカラーが乾燥し、堆積する。最終的に、すべてのスプレーのパターンは十分なCDプロ

図2 第2世代の高速パイロットスプレーコーター

図3 第3世代の垂直型スプレーコーター

ファイルを得るように互いにフィットしていなくてはならない。

4. 実機対応のパイロットマシン

スプレー関連の問題を克服するため試験機規模のテストを重ね、1999 年末にはフィンランドのヤルベンパーテクノロジーセンターに実機対応のパイロットマシンの製作を決定した (図 4, 図 5)。

集中的な研究の後、高圧エアレス技術が OptiSpray コーティングプロセスの基本として選ばれた。液体フィルムがノズルを出た後大気に衝突し、速度を落とし、小さな液滴を形成する (図 6)。

高速技術を用いれば、かなり高い粘度の使用、高いカラー転移効率の達成、十分高い衝撃力、そして紙表面に液滴を良好な状態で広げることが可能であり、またノズル先端でのカラーの堆積をなくすることができる。しかも、微粒子化のための大量の空気とか、その発生、取扱い関連の経費は必ずしも必要ではない。

ウェブは上から下の方向に走行させ、オーバースプレーによるミストと内壁を流下するカラーの両方を、OptiSpray コーターの低部にある同一のサククションチャンネルで集めることができる。内壁でのカラーの流下はまたスプレーゾーンとサククションチャンネルを清浄に保つのに役立つ。サククションチャンネル内では激しい攪乱により壁面のいたるところでカラーのフィルムが形成され、その領域でカラーの乾燥は起こらない。

スプレーゾーンは、機壁への水の凝縮によってカラーの堆積を避ける冷却壁を有している。さらに、ウェブと一緒に蒸気の導入を行い、これによって内部の湿度を高く保ち、冷却壁表面上で十分良好な凝縮を行うことになる。

OptiSpray ノズルのパイプは、スプレーファンでの液滴形成を防ぐため、わずかにしか出ていない。カラーミストはパイプ上でフィルムを形成し、これはスプレー先端近傍でのエジェクター現象によってウェブに容易に転移される。

数日、あるいは数週間の連続した OptiSpray の運転を保証するため、このコーターには 2 組のスプレーノズルビームがある。もしノズル交換とか洗浄が必要になれば、待機ビームが迅速に稼動し始める。こうして、OptiSpray は、断紙のないときの通常の洗浄の間も連続運転できるわけである。

信頼性のある運転を保証するためには、内部および外部洗浄シーケンスを用いることができる。機械停止またはビーム交換のたびに、シーケンスは自動的に作動する。より長期間の生産の後に、内部フィルター洗

浄法を作動させる。スクリーンからの汚れと異物粒子は別のチャンネルから出て行く。すべてのノズルの先端は、特殊なチップウオッシャーによって同時に容易

図 4 実機対応の OptiSpray (フィンランド、ヤルベンパーにあるメツォペーパーのパイロットマシン。片面側ユニットのみ設置)

図 5 パイロット OptiSpray コーターの内部構造

High speed fan

Optimized liquid pressure

図 6 微粒子化の原理

図 7 OptiSpray のコーティングカラー管理システム

図 8 OptiSpray 用のカラーポンプ

な洗浄が行える。スプレービームはスプレーゾーンから後方に引き出し、180°回転し、ウォッシングチャンバーのところに移動させることができる。また、ノズルの状態をチェックするための窓がウォッシングチャンバーに付いている。さらに、コーターの背後には透明な扉があり、オペレータはOptiSprayの運転中にすべての工程を観察することができる。高圧カラーシステムは密閉されたサービスチャンバー内の最良の場所に位置している。

実生産のマシンではカラー含有洗浄水はカラー調整プロセスに集められ、再使用される。通紙時および断紙の後では、コーターユニットはウェブの走行ラインから400 mm先に移動する。ユニット間には、必要ならばオペレーターが作業をするための800 mm幅の通

路がとれる。すべての動作は自動的にロックされ、作業中は機械的に安全が保証される。コーターは水スプレーによって自動洗浄され、使用済みの洗浄水は収集されてカラー調成に用いられる。

ウェブ境界層でのオーバースプレー現象は、走行するウェブに対してエアナイフを使用することによって防止される。ミスト含有サクションエアは電気エアクリナーで清浄処理され、清浄空気は外部に放出し、カラー成分を含むクリーナーリジェクトはカラー調成に使われる。コーティングカラーは、添加剤、バインダー、顔料、それに上述の洗浄水とクリーナーリジェクトをそれぞれパイプにより連続式カラー調成装置(OptiCon)に送り、調成される。カラー特性はオンライン計測し、カラー調成とカラー温度の制御が行われる。カラーはサプライタンク、スクリーンを経て、高圧ポンプで加圧されOptiSprayのノズルへと送られ、塗工が行われる(図7)。高圧ポンプにはハーマチックシールしたマルチピストンポンプを用いる(図8)。

5. スプレー塗工の基本原理

5.1 微粒子化の原理

スプレープロセスは微粒子化により生じる液体表面の増加によって定義される。分裂前の表面積はノズルから出てくるのと同じ液体シリンドラーの表面積である。微粒子化の後、最終の面積はすべての液滴の表面積の和である。表面張力、すなわち面積を増加させるに要する仕事は、それが新しい表面積を形成するのに必要な

エネルギーを表すために重要なファクターである。微粒子化に必要な最小のエネルギーは、表面張力に液体表面積の増加分を掛けることで得られる。

$$E_s = \sigma \Delta A$$

ここに、 E_s 微粒子化のエネルギー

σ 液体の表面張力

ΔA 液体表面積の増加

微粒子化プロセスでは、最小表面エネルギーをもつように表面張力が液体を引っ張り、液体を球状にする傾向がある。大多数の純粋な液体では、表面張力は温度の上昇とともに減少し、表面の時間経過には無関係である。微粒子化に対してプラスの効果をもつような、液体/空気界面で吸着する活性剤を加えることによって表面張力を減少させることが可能である。

粘度は、スプレー特性に関わる最も重要な液体の性質である。粘度の重要性はとくに、それがスプレーで液滴の大きさ分布に影響するばかりか、ノズルの流速とスプレーのパターンに影響するという事実に基づいている。粘度の増加はレイノルズ数を低下させ、乱流の形成をさらに困難にする。

$$Re = \frac{\rho w d_o}{\eta}$$

ここに、 Re レイノルズ数

ρ 液体の密度

w 液体の流動速度

d_o オリフィス径

η 粘度

粘度が高いと形成される液体ジェットあるいは液体シートの自然な不安定さの発現が妨げられる。この総合効果が分裂を遅らせ、スプレーの液滴の径を大きくする。高粘度の液体は粘性損失が大きく、微粒子化にはより少ないエネルギーしか用いられないため、液滴の大きさは増加する。これによりスプレーの結果はより粗いものとなる。

エネルギーを微粒子化のプロセスに運ぶ最も容易な方法は、液体圧力である。圧力エネルギーはノズル先端のオリフィスで運動エネルギーに変換される。オリフィスでの理論最高速度（圧力損失なし）は次式から計算される。

$$w_{theor} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

ここに、 w_{theor} 理論最高速度

ΔP 微粒子化のための圧力差

ρ 密度

ノズルを通る理論質量流量（圧力損失なし）は次式より計算される。

$$\dot{m}_{theor} = \frac{\pi}{4} d_o^2 \sqrt{2\rho\Delta P}$$

ここに、 $\dot{m}_{theor}$ ノズルからの理論質量流量

d_o ノズル穴の直径

ρ 密度

ΔP 微粒子化のための圧力差

5.2 微粒子化の機構

ノズル先端の幾何学構造は、液体が薄い被膜として出てきて、連続的に広がるようになっている。レーリーおよび波動理論によれば、こうして広がる高速の被膜が空気に衝突するとき、小滴に微粒子化する（図9および図10）。

図11に典型的な液滴の大きさ分布を示し、液滴の90%は20–60 μm の大きさの範囲にある。この場合、平均の径は約40 μm である。

6. カラーの広がり

カラーの液滴の直径は仮に40 μm とするとコート層の厚みよりも大きい。高速で発射された液滴は原紙表面に衝突して、図12のように広がることになり、これがスプレーコーティングで主要な役割を演じる。

液体が接触している他の相と平衡にあるとき、液体

図9 レーリーおよび波動理論による微粒子化

が作る接触角はこれらの相の単位面積当たりの界面自由エネルギーと関係がある。液体が気体（ふつう、空気）および固体基質と平衡に達したとき、図13に示すような接触角を描くことが可能である。

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{SA} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LA}}$$

ここに、 θ 接触角

γ_{SA} 固体/空気の界面エネルギー

γ_{SL} 固体/液体界面エネルギー

図10 実際のノズルでの微粒化

γ_{LA} 液体/空気界面エネルギー

一般に、ぬれは表面から1つの要素が別の要素に置き換わることである。通常、固体表面から空気が水または水溶液で置き換わることである。ぬれ現象の3つの型が受け入れられてきた。これらは付着、拡張および浸漬ぬれである。付着および拡張ぬれは塗工プロセスにおいて重要である。拡張ぬれはいわゆる拡張係数に依存する。

$$S = \gamma_{LA}(\cos \theta - 1)$$

ここに、 S 拡張係数

θ 接触角

γ_{LA} 液体/空気界面エネルギー

もし $\theta \neq 0$ ならば、 S は負であり、自発的な拡張は起こらない。

液滴の付着には、液体が多孔性の固体に浸透する能力が主たる影響を及ぼす。図14に示すように、基質にもともと接触していない液体が、基質に付着するようになる。

付着ぬれの原動力は付着の仕事として知られる。

$$W_a = \gamma_{LA}(\cos \theta + 1)$$

ここに、 W_a 付着の仕事

液体/空気界面のエネルギー（ γ_{LA} ）が大きく、接触角（ θ ）が小さいことが付着しやすい条件となる。液

図11 典型的な液滴の大きさ分布

図12 表面上での液滴の広がり

図13 滑らかな固体表面上での液滴の接触角

体の自己付着の仕事は、凝集の仕事として知られる。凝集の仕事はもともと1つの液体カラムから、2つのユニットの界面を生じるのに必要な仕事を意味する。

$$W_c = 2 \gamma_{LA}$$

ここに、 W_c 凝集の仕事

γ_{LA} 液体/空気界面のエネルギー

W_a と W_c の差は拡張エネルギーである。もし $W_a > W_c$ ならば、液体は自発的に薄いフィルムを形成するように基質上を自発的に広がる。 $W_a < W_c$ の状況下では、液体は有限の接触角をもって基質上に液滴を形成する。後者の場合で液滴が広がるためには、液滴は系の外からエネルギーを得なくてはならない。

拡張ぬれにおいては、液体は既に基質と接しており、液体は他の液体に置換しつつ広がっていく (図 15)。

このプロセス中には、固体と置き換わりつつある流体の間の界面は A_i だけ減少する。同時に、固体と液体間の面積は等しい量だけ増加し、2つの液体間の界面はこのプロセス中に増加する。全体的なシステムのエネルギーの減少は $W_a - W_c$ である。もし $W_a - W_c$ が正であれば、拡張は自発的に起こり得る。

$$-\Delta G = A_i (W_a - W_c)$$

図 14 付着ぬれの原理

図 15 拡張ぬれのプロセス

ここに ΔG システムのエネルギー変化

W_a 付着の仕事

W_c 凝集の仕事

もし微粒化と表面への広がり正しい条件で行われないならば、コーティングの結果はあちこちに液滴を残すことになる。

そのシステムは、液体を微粒化し、紙の境界層へと液滴を転移し、最後に紙表面に正しく液滴を広がせるだけの十分なエネルギーを持たねばならない。ゆえに、良好な被覆を達成するためには、十分に低いカラー粘度、十分に低い水相の表面張力、高い液滴速度、低い接触角および紙表面の高い表面エネルギーが要求される。

7. コート層の被覆

スプレー塗工した表面は伝統的なブレード塗工とかフィルムトランスファー塗工による塗工表面よりもはるかに紙表面の輪郭に沿った塗工となっている。このことは、レーザー誘導プラズマ分光法で測定した微小スケールでの塗工量分布においてははっきりと見ることができる。

スプレー塗工では、低塗工量および高塗工量のスポット発生は断然少ない。従来式の塗工法では、「丘」に

図 16 塗工方法の違いによる微小スケールでの塗工量分布の比較

図 17 塗工方法の違いによる被覆原理の比較

図 18 未漂白の非常に粗い板紙表面でのカラーの広がり与被覆

図 19 最適に調整されたファン

図 20 ファンコントロール

図 21 スプレー塗工中の OptiSpray ファン

あたる部分は塗工量が少なく、「谷」の部分は塗工量のはるかに多くなる。図 16 においてスプレー塗工では、塗工量分布は他よりもシャープである。これは、印刷画像を考慮すれば、白色度と不透明度に対して有益であると同様、繊維の毛羽立ちやインキモットリ

グを抑えるのに有益である（図 17, 図 18）。

8. プロファイル

最適なファンのプロファイルは、相互のプロファイルの重ね合わせが容易で均一な CD プロファイルが得られるような滑らかなエッジを持ったものである（図 19）。ウェブまでの距離、ファンの幅と角度は最適化されねばならない（図 20, 図 21）。

典型的なスプレー塗工のプロファイルにおける山と谷の差は塗工量レベルの $\pm 5\%$ であった。両面同時塗工する場合、裏面のノズルは、CD 方向でみると表面のノズル間距離の中間に配置することにより、全塗工量プロファイルを均一化する。

9. 紙の品質

印刷サンプルの目視評価では、スプレー塗工印刷シートは非常に良好な評価得点を得ている。既存の多くの市販の雑誌用紙に比較すると、繊維の毛羽立ちが少なく、目視評価と手触りがよく、モットリングが少ないことが注目されてきた。

従来式の塗工方法に比べるとある種の傾向が明らかである。OptiSpray では、こわさ、並びに白色度と不透明度をより高くすることができる。よりオープンな塗工構造であることから、プリスタリングのリスクを伴わずに、水分をより高くすることが可能である。多孔性構造であるためインキ消費量はわずかに高くなるが、同時に、コールドセットプロセスで特に有利となる良好なセットオフを与える。表面形状の構造的観点、すなわち光沢度と平滑度は従来法で塗工するときと必ずしも同じレベルにはならない。原紙、コーティングカラーおよびカレンダーリングプロセスを最適化することにより、そのギャップは確実に消えるであろう。

スプレープロセスに最適な原紙は、疎水性の内部構造、親水性の表面を有するものである。吸収性が高過

ぎると、原紙へのバインダーマイグレーションを引き起し、表面強度を低下させる。原紙を開発するときの最大のポイントは、低粘度液体の内部構造への浸透の制御であろう。

コーティングカラーのウィンドーは従来式の塗工方法よりも小さい。低粘度と表面張力並びにカラーの摩損性が丸い形状の液滴粒子を形成する。また、固形分含有量は低くしなくてはならないが、炭酸カルシウムと適切なラテックスを用いれば60%以上の固形分含有量も可能であろう。

10. OptiSpray の可能性

10.1 新聞用紙

OptiSpray の可能性をテストするためのさまざまな研究が行われた。前述したように、塗工層の多孔構造はコールドセット印刷に明らかなメリットを与えてくれる。各種のプロセスと印刷インキに対して紙製品が頑健であるように、一連の非常に重要な性質を調節することができる。この技術はコールドセット印刷を商業用の分野に拡張する絶好の機会を与えてくれる。新聞用紙の印刷所はこうして昼間の仕事をさらに増やすことができる。標準的な新聞用紙は、いたるところに高品質の広告を有し、完全な4色印刷となるかもしれない。

サイジングによって、新聞用紙のリテンションをなくすことができ、結果として、ヒートセットプロセスで印刷することができる。

10.2 雑誌用紙

多孔質の塗工層構造はヒートセットプロセスでの良好なブリスター抵抗を与えてくれる。さらに最終製品の水分レベルをより高くすることが可能であり、インキ乾燥過程でエア温度をさらに低くすることが求められるであろう。

被覆が良好であるということは、優れた白色度-不透明度比を与え、中質グレードに用いるとき繊維の毛羽立ちは従来の塗工方法より少なくなる。紙の「手触り」、外観ともに優れている。

多くのSC紙は、良好なオフセット印刷適性を得るため、紙表面上に填料を完全に結合させるような表面処理を必要とする。OptiSprayはこれに対する簡潔な解決策である。

10.3 板紙

スプレー法は、表面の被覆は十分であるが、平滑性については粗い表面を平滑にするほどではない。こうして、スプレーコート層はエアナイフの代替として高品質板紙塗工の中間層に極めてよく適合する。自動車

の塗装にみられるように、平滑な原紙表面は平滑な仕上げ表面を形成する。将来は、全プロセスを新しい方法で考えねばならない。たぶん、製品はプレカレンダー処理を行い、その後塗工すべきである。

塗工層が多孔性であるために、バリア製品はスプレー法ではそれほど容易には扱えないであろうが、薬品のさらなる開発によって将来これが可能になるかもしれない。

10.4 上質紙

上質紙の分野は検討を十分終えたわけではないが、スプレーサイジング、プレコーティング、およびプレコートのカレンダー処理直後のトップコーティングは今後研究すべき領域である。

11. スプレー塗工法の展望

製品の品質が十分でなければ市場へはアクセスできないし、また、経済性がなければ、市場での成功はない。こうしたルールによって、OptiSprayが他の塗工方法に比較して、指導的地位を確保するような開発が行われてきたのである。

長年、低インパクト塗工方法の出現が待たれていた。実際のところ、これは何を意味するのか？

伝統的塗工方法では、紙はブレードかフィルムトランスファーニップのどちらかとの接触があった。どちらの方法においても、塗工層の地合は原紙の多孔性、ラフネスおよび水分のような特性に強く関係している。これらの特性は紙の表面全体を通して均一ではないので、塗工量の変動が生じる。最良の原紙でさえも変動はある。紙は、コーターと紙が相互作用している間にコーティングカラーを、自由に“飲み込む”ことができる。原紙の性質は均一であらねばならないし、塗工が最適状態で成功するためには、すべてのプロファイルは高品質レベルにあらねばならない。OptiSprayのプロセスでは、こうした要求はそれほど大きくない。ノズルは、原紙の特性のバラツキとは無関係に紙上に一貫して同一量のコーティングカラーを吹き付ける。

低インパクトであるため、原紙の強度は、従来要求されていたよりも低くすることができる。より経済的な原料を多く使用することができ、原紙が持つ欠点にも寛容に対処できる。また、より高い原紙水分の使用が可能であり、これにより、もし抄紙機にコーターをオンライン設置するようになると、さらに大きな柔軟性が与えられる。

オプティスプレーの特徴的デザインに由来するその他の利点としては次のものがある。

・スプレーコーターそのものには回転するロールは

ない

- ・振動による騒音はない
- ・ロール交換は不要（よってそのための時間もかける必要なし）
- ・ロールの巻き替えは不要
- ・ロールの研磨設備や人員は不要
- ・ブレードまたはロッド交換の時間は不要

ダブルのスプレービームを有するソリューションにより、運転中に OptiSpray のノズルを交換するといった作業が可能となる。結局、抄紙機の定期的な洗浄のインターバルの間、通常 1,2 週間、コーターは連続し

て運転することができる。ブレードコーターに比べると、生産効率は 5,6% 高くできる。フィルムトランスファーコーターに比べると、2% 高い生産効率が可能である。

さらに、非接触プロセスは高速のソリューションでも有利である。既存のコーターの場合、高速になるとカラーウィンドーは狭くなり、これにより将来、部分的にはコーティングカラーフォーミュレーションの差を小さくするであろう。

フルオートの洗浄シーケンスにより操作は簡単になり、従来のコーターよりも人力の必要性は減り、結果として、フルオートの OptiSpray プロセスが現れることになる。

ブレードやロッドでストリークが発生するといった問題はもはやなくなる。より低品質の安い顔料を使用することができる。スプレー自身の機能の基準は数百ミクロンの径のノズル穴から出るカラーにある。

図 22 パイロットマシンにおける紙の水分と伸びの関係

図 23 パイロットマシンにおける紙の水分と引張強さの関係

図 24 乾燥前の原紙への水の吸収

図 25 マシンのフロアーレベルに設置した OptiSpray

The Price Structure of Some Paper Making Processes

図 26 いくつかの抄紙プロセスの価格構造

備考：操業利益は固定費と出費を含む。スプレー、サイザーおよびブレードプロセスは代表的な雑誌グレードを代表している。

表 1 抄紙機のプレデータ

	Unit	OptiSpray	Blade coating	Film Transfer	SC machine	News machine
Production	T/8, 400 h	158,000	158,000	158,000	158,000	158,000
Grammage	g/m ²	60	60	60	60	60
Web width	m	6	6	6	6	6
Speed	m/min	1,000	1,060	1,023	988	988
Press dryness	%	43	43	43	47	43
Coat weight	g/m ²	20	20	20		
Coating solids	%	55	65	65		
Moisture after dryer section	%	15	3	3	2	8
Moisture before calender	%	8	6	6	8	8
Product moisture	%	6	4.5	4.5	5	8
Efficiency	%	87	82	85	88	91
Personnel		20	30	25	15	15

表 2 紙料配合

Component	Price e/t	OptiSpray	Blade coating	Film Transfer	SC machine	News machine
Chemical pulp in base	505	16	40	25	25	4
GW in base	160	38	27	33	52	46
TMP in base	194	36	23	32	0	46
Filler in base	84	10	10	10	23	4
Pigment 1	177	41	89	89		
Pigment 2		45	0	0		
Latex	892	14	11	11		

スプレーコーターは、低速で最低量の塗工を行う場合は別として、塗工量の範囲に制限はない。ノズル穴は小さくし過ぎることはできない。最大塗工量が決まる制約ファクターは、紙のぬれと垂直の紙表面上を流下するコーティングカラーとである。

新しい OptiSpray コーターは既存のドライヤーセクションに設置することができる。原紙は、過剰な伸びと引張強さの減少を避けるため、水分 25% 以上までぬらすことは許容されない (図 22, 図 23)。

塗工前の最高水分は、塗工量と固形分含量に依存して 15 から 20% の範囲にある。強力な TurnDry 乾燥法は、原紙へのカラー吸収を抑える優れた働きをする。コーティングカラーは、塗工後 0.5 秒以内に完全に固定化するため、ぬれたコート層下にある原紙は時間的にみてぬれ過ぎることはない (図 24)。

2つの可能なレイアウトがある。OptiSpray をフローレベルに設置し TurnDry ドライヤをベースメン

トに設置する (図 25) か、または OptiSpray と TurnDry ドライヤの両方をベースメントに設置するかである。

OptiSpray の最も重要な点は製造コスト面での大幅な改善にある。次例では、いくつかのマシンコンセプトを比較しており、明らかに OptiSpray が有利であることを示している (表 1, 表 2, 図 26)。

製品の価格、原材料費および効率費用は収益性の主たるファクターであることは明らかである。乾燥費、サービス費および人件費はどのコンセプトでもほとんど同じである。より高い利益を出すような製紙に OptiSpray を使う鍵は、従来の新聞用紙や SC 紙に比べて付加価値の高い製品を、従来技術に比べて安い紙料、安い顔料を使用し、高い効率で生産することが挙げられる。

以上を要約すると、成功の秘訣とは、OptiSpray 塗工法！