

紙コータにおけるウェット-オン-ウェット塗工法の開発

Development of Wet-on-Wet Coating Method for Paper Coating

技術本部 江口 晃^{*1} 若年 弘人^{*2}
杉原 正浩^{*2}
三原製作所 山本 光雄^{*3} 小土井 康久^{*4}

高品質コート紙を製造する片面2回塗工法の設備・運転コストを低減する新塗工法として、未乾燥状態のアングコート層上に直接トップコートを実施するウェット-オン-ウェット塗工法を開発した。本開発では、アングコート時にコート液を紙に強く浸透させトップコート時には浸透を抑える塗工方式を採用することにより、塗工速度1200 m/minで各層個別に乾燥させる従来の2回塗工法と同等のコート紙が得られることを見だし、さらに両コートを実施する適正な時間間隔を把握した。これにより、乾燥設備長の10%短縮とオペレータ人員の削減が実現できることを確認した。

The Wet-on-Wet double coating method for paper coating, in which the top coating layer is coated on the wet undercoating layer, has been developed. In this development, coating devices for each layer and the interval between under- and top-coating have been optimized. These optimizations enable two coater heads on one backup roll. Wet-on-Wet coating paper, which has employed the results of this research in its coating, shows qualities equal to those of conventional Wet-on-Dry coating paper. It has also been verified that this Wet-on-Wet method has reduced not only coater machine size but also its running costs.

1. はじめに

紙コータは、製紙機械で造られた紙の外観及び印刷品質を改善する目的で、紙の表裏に顔料（白色粘土、炭酸カルシウム等）を主成分とする水系スラリーを塗布する設備である。

近年の印刷品質高級化指向に対応して、原紙の表面性改善及び塗工層の接着強度発現を受持つ下塗り層（以下アング層と称す）と、外観及び印刷適性改善を受け持つ上塗り層（以下トップ層と称す）の2層を、表裏計4回塗工するダブル塗工が定着しつつある⁽¹⁾。現状のダブル塗工は、アング層塗工後これをいったん乾燥させたのち、上塗り層を塗工するウェット-オン-ドライ方式で行われている⁽¹⁾⁽²⁾。この方式では、表裏計四つのコートステーションと乾燥設備が必要となり、設備費の増加と煩雑な運転操作が避けられず、生産性及び乾燥時のエネルギー効率が上げにくい。

上記のようなダブル塗工の問題点を改善する方法として、未乾燥状態のアング塗工層上に直接トップ塗工を実施し、両層を同時に乾燥させるウェット-オン-ウェット塗工法がある。従来、この方法は、アング層固形分濃度が浸透により上昇し完全に不動化した後でなければトップ層は塗工できず、上質系コート紙など高速塗工を行う場合には不向きとされていた⁽²⁾。

筆者らは、ウェット-オン-ウェット塗工法の重要な技術課題である2層の混合抑制が、アング・トップ両塗工層の形成手法と、両塗工層を形成する時間間隔の適正化により可能であることを、要素及びパイロット試験により見いだした⁽³⁾。さらに、ウェット-オン-ウェット法により、塗工速度1200 m/minにおいて従来のウェット-オン-ドライ法と同等の塗工紙品質が得られること、及び運転操作及び設備の簡素化が実現可能であることを確認した。

2. ウェット-オン-ウェット塗工法

図1に本研究で開発したウェット-オン-ウェット塗工法による片面塗工装置の概略を示す。塗工原紙を搬送する1基のバックキ

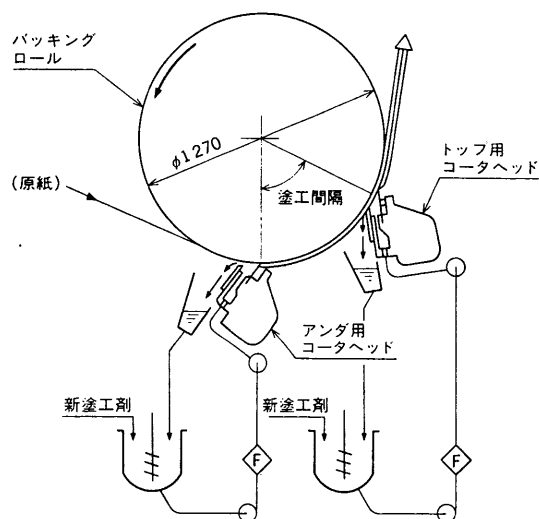


図1 ウェット-オン-ウェット塗工装置 一つのバックキングロール上にアング層、トップ層両塗工層用コートヘッドを有する。
Wet-on-Wet coater station

グロールに沿って2組のショート・ドゥエル・コータ（以下、SDCと称す）ヘッドを設置する。通紙方向上流側のコータヘッドはアング層塗工用、下流側コータヘッドはトップ層塗工用にそれぞれ用いる。

図2にそれぞれコータヘッドに装着するブレード仕様と塗工法の概要を示す。図中、 α はブレード設置角、 β は加圧角である。本塗工法ではアング層の塗工時にはベベルブレード方式を、またトップ層の塗工時にはベントブレード方式を、それぞれ採用している。流体潤滑理論によれば、図2に示したアング、トップ各層塗工用ブレード方式の採用により、高速塗工時において下記の効果が得られる⁽⁴⁾。

(1) ベベルブレード方式を用いた場合、ベベルブレード先端部で高い流体潤滑圧が発生し、塗工液の原紙中への十分な浸透作用

*1 広島研究所主管 農博

*3 一般機械設計部主査

*2 広島研究所紙・印刷機械研究推進室

*4 一般機械設計部次長

表1 実験条件一覧
Experimental conditions

条件名	試験装置	塗工方法	塗工速度 (m/min)	塗工間隔 (ms)	ブレード条件(トップ/アンダ)		
					厚さ (mm)	ブレード角 (°)	スティック アウト (mm)
F1	要素	ウエット-オン-ウエット	150	160	0.3/0.5	30	10/5
F2	要素	ウエット-オン-ウエット	150	80	0.3/0.5	30	10/5
F3	要素	ウエット-オン-ドライ	150	-	0.3/0.5	30	10/5
F4	要素	シングル	150	-	0.3/0.5	30	10/5
P1	パイロット	ウエット-オン-ウエット	515	80	0.38/0.5	90/40	20/16
P2	パイロット	ウエット-オン-ウエット	670	62	0.38/0.5	90/40	20/16
P3	パイロット	ウエット-オン-ウエット	1200	50	0.38/0.5	90/40	20/16
P4	パイロット	ウエット-オン-ウエット	1070	45	0.38/0.5	90/40	20/16
P5	パイロット	ウエット-オン-ドライ	1070	-	0.38/0.5	90/40	20/16

注：パイロット試験時におけるブレード長は、トップ用 86 mm、アンダ用 55 mm。
要素試験時はトップ、アンダともブレード長 55 mm のものを使用した。

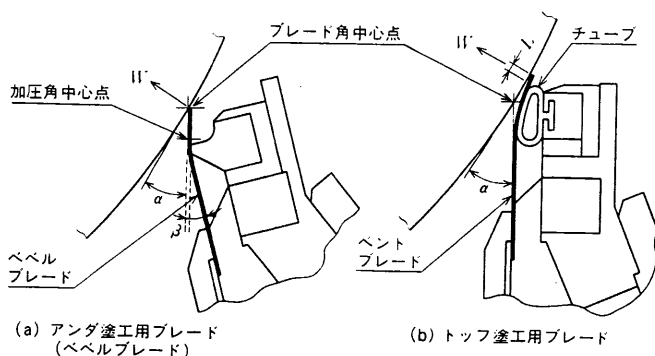


図2 適用ブレード仕様 アンダ層にはベベルブレード(a)を、トップ層にはベントブレード(b)を使用する。
Specification of coater blade

が得られる。これにより、アンダ層に要求される原紙と塗工層との接着強度が発現する。

- 上述の塗工液浸透が発生する際に、塗工液中の水分が原紙中へ浸透する。このため、ブレード通過後のアンダ塗工層の固形分濃度及び見かけ粘度が上昇し、トップ層塗工時におけるアンダ層/トップ層の混合抑制が期待できる⁽⁶⁾。
- トップ層塗工にベントブレード方式を採用することにより、この部分における塗工液の流れがスムーズになり、トップ層塗工時における湿润アンダ層との混合が抑制される。各塗工層の塗工量制御は、従来のブレード塗工の操作と同じである。すなわち、アンダ層用のベベルブレード方式の場合にはブレード先端に加える圧力 W を制御することにより、一方トップ層用のベントブレード方式の場合には、ブレード先端部の接触長 L を制御することで、それぞれ可能となっている⁽⁴⁾。

3. 実験装置・方法

3.1 実験装置

本研究で用いた実験装置(要素試験機、パイロット試験機)の主仕様は次のとおりである。

●要素試験機

塗工速度：～150 m/min

塗工幅：0.2 m

塗工時間間隔：80～160 ms

●パイロット試験機

塗工速度：～1500 m/min

塗工幅：0.8 m

表2 評価項目及び方法
Evaluation items and methods

評価方法	評価項目	方法	実施試験条件	
			要素	パイロット
塗工層断面撮影	層間混合度合	樹脂で包埋した紙薄片断面を顕微鏡撮影。	○	○
ベック平滑度	塗工紙表面の平滑性	一定背圧で一定量の空気が塗工紙表面と鏡面金属板との間を通過する時間を評価。	○	○
ドライピック	原紙と塗工層の接着強度	乾燥塗工紙表面にゴムローラで印刷インキを塗布した場合の塗工紙表面のむけ度合を評価。	-	○
ウエットピック	オフセット印刷時の原紙と塗工層接着強度	一定量の水を与えた塗工紙表面にゴムローラで印刷インキを塗布した場合の塗工紙表面むけ度合を評価。	-	○
実印刷評価	塗工紙の印刷適性	実際の絵柄をカラー印刷し、印刷品質を目視評価。	-	○

塗工時間間隔：40～80 ms

3.2 実験条件

表1に実験条件の一覧を示す。乾燥塗工量は要素試験、パイロット試験とも、アンダ層 7 g/m²、トップ層 8 g/m²としている。塗工原紙は、坪量 64.7 g/m²、紙厚 0.078 mm、ベック平滑度 18 s、ステキヒトサイズ度 15 s のものを用いた。

3.3 実験方法

ウエット-オン-ウエット法における塗工手順について示す。通常の塗工では、塗工開始時における紙面汚れを回避するため、まずブレードを原紙に接触させた後、塗工液を供給する。ここでアンダ層塗工を先行させた場合には、トップ層塗工用のブレードが先行塗工しているアンダ層表面に接触した際にアンダ層表面を過剰にこすることになり、トップ層用ブレード部でアンダ塗工液が固化し塗工障害が発生する。これを避けるため、まずトップ層の塗工を開始した後にアンダ層の塗工を開始する方法を採った。

アンダ層の塗工条件は、本実験では予備実験により求めている。なお、本パイロットコートでは、塗工量をβ線透過式塗工量計(BM計)によりモニタできるため、上記の手順による塗工量をモニタしながら塗工することも可能である。

3.4 評価方法

表2に塗工サンプルの評価法を示す⁽⁶⁾。各評価に供したサンプルは、すべてソフトカレンダによる平準化処理を施している。



図3 ウェット-オン-ウェット塗工層の断面状況 ×740
アンダ層とトップ層の混合は見られない。
Cross sectional picture of the Wet-on-Wet coated layer

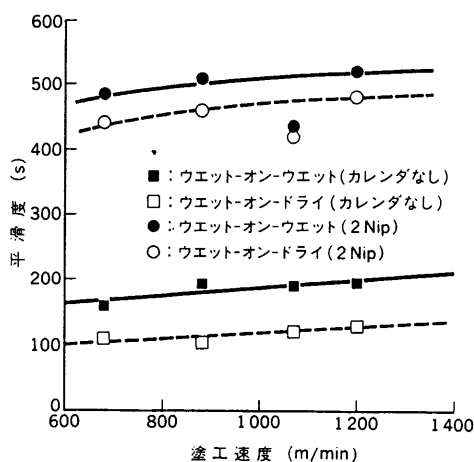


図4 コート紙表面の平滑度 ウェット-オン-ウェットコート紙の表面平滑度はウェット-オン-ドライと同等以上である。
Smoothness of coated paper surface

4. 実験結果

4.1 塗工層混合状況

図3に本実験で得られたウェット-オン-ウェット塗工紙サンプルの塗工層断面顕微鏡写真を示す。トップ層とアンダ層の混合はほとんど見られず、本設定条件にてウェット-オン-ドライと同等の塗工層が形成されていることが分かる。これは、前述のように、トップ層塗工時にはアンダ層表面部の顔料が高濃度化していること、及びトップ層塗工時にベントブレード方式を用いたことにより、トップ層塗工部での塗工液流れがスムーズになったことによるものと考えられる。なお、ウェット-オン-ウェット塗工紙表面には原紙パルプ繊維の露出といった塗工欠損は見られなかった。

4.2 表面平滑度

図4にベック平滑度計による塗工紙表面の平滑度測定結果を示す。図中の縦軸は、一定量の空気が一定背圧の下で、塗工紙表面と鏡面仕上げを施した金属平板との間を通して通気していく所要時間を示しており、値が大きいほど平滑性が高いことを示している。

本実験結果では、ウェット-オン-ウェット法によるサンプルはウェット-オン-ドライ法によるサンプルと同等以上の平滑度を示した。

4.3 表面強度

図5にドライピック強度を示す。図中の縦軸は、乾燥塗工紙表面にインキを塗布した際に発生する紙表面のむけ度合(塗工層の

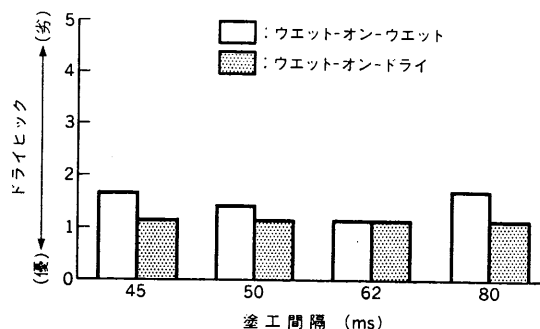


図5 ドライピック強度 両塗工法のドライピックは同程度である。
Evaluation results of Dry-Pick

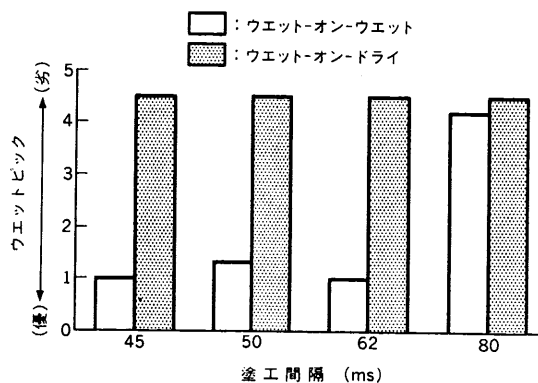


図6 ウェットピック強度 ウェットピックは、ウェット-オン-ウェット法が優れる。
Evaluation results of Wet-Pick

表3 実印刷品質評価結果

Evaluation results of printing qualities

評価項目	ウェット-オン-ウェット	ウェット-オン-ドライ
網点再現性	4.3	4.4
コントラスト	4.4	4.4
重ね刷りトラッピング	4.4	4.4
インキ受理むら	4.3	4.4
光沢	4.3	4.3
ベタのつぶれ、表裏差、等	4.4	4.5
総合評価	4.4	4.4

(印刷工学センター評価)

はく離状況)を示しており、値が大きいほどむけやすい紙として評価される。

図5では、ウェット-オン-ウェット法によるものと、ウェット-オン-ドライ法によるもの間に明確な差は見られないが、アンダ~トップ間塗工間隔 62×10^{-3} s でウェット-オン-ウェット法のドライピック値が最良値をとる傾向が見られる。この結果から、アンダ層塗工からトップ層塗工までの間隔は、 $50 \sim 60 \times 10^{-3}$ s 程度が最適と考えられる。

図6にウェットピック強度を示す。図中の縦軸は塗工紙表面を湿潤させた後、インキを塗布した際に発生する紙表面のむけ度合を示しており、値が大きいほどむけ易い紙として評価される。ウェットピック値は、ウェット-オン-ドライ法よりも明らかにウェット-オン-ウェット法の方が優れていることが分かる。

4.4 印刷品質

表3に、実際の絵柄を印刷した場合の印刷品質に関する評価結果を示す。評価項目の中で、“重ね刷りトラッピング”とは、異

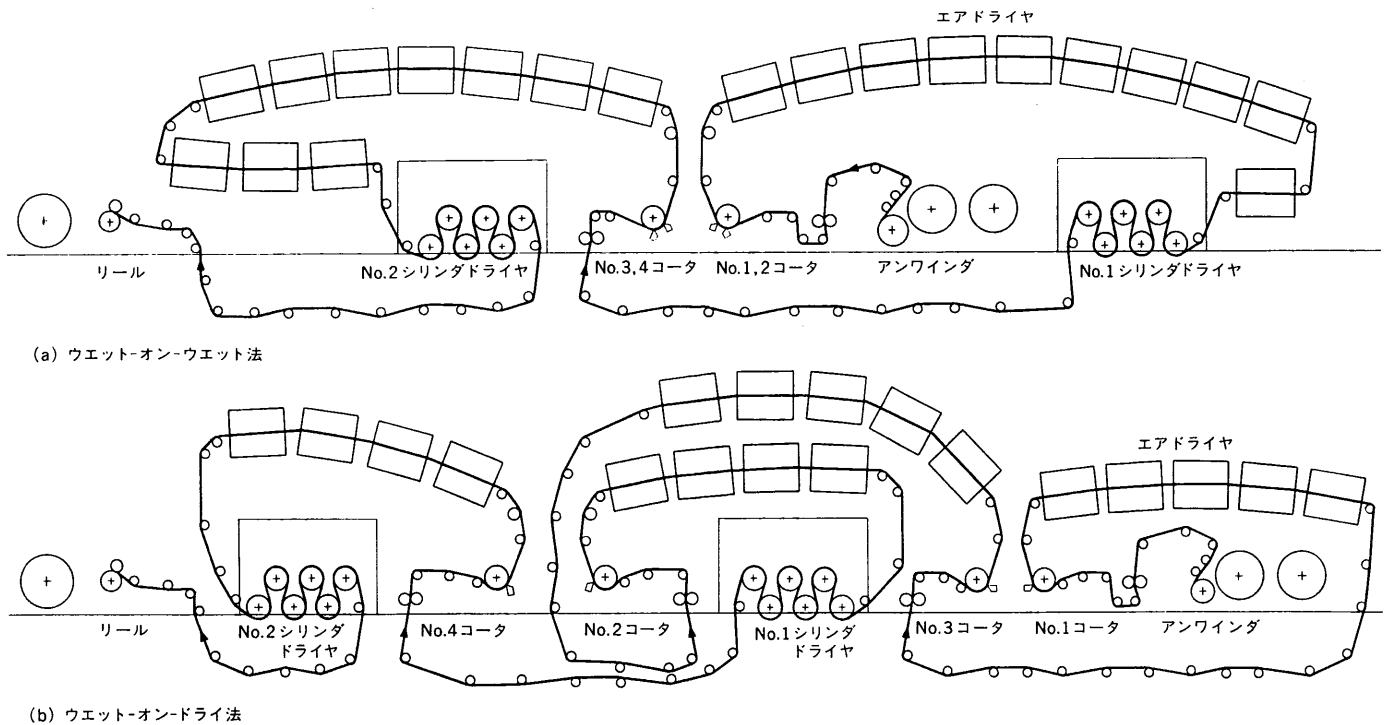


図7 実機構成 ウェット-オン-ウェット法の採用により、2コートステーションで両面ダブル塗工が可能となる。
Over view coater machine

なった色のインキを塗重ねたときの発色具合から2色目のつき具合を評価したものである。また“ベタのつぶれ”は、全面塗りつぶし時の色合いの不均一性を評価したものである。表中の評価値は、5点を最良値として示している。

評価の結果、ウェット-オン-ウェット法による塗工紙の印刷品質は、ウェット-オン-ドライ法によるものそれと同等であることが確認された。

5. 実機構成

ここでは代表的なウェット-オン-ウェットコータの構成レイアウトを、一般的なウェット-オン-ドライコータ（4ステーション）と対比させて図7に示す。

ウェット-オン-ドライ法のレイアウトでは、アンダ及びトップ塗工層を形成するため、バックアップロールとコータヘッド（塗工部）が片面当たりそれぞれ2基、表裏計4基設置されており、各コータヘッド間には乾燥機（エアドライヤ）が設置されている。この場合、紙は各層の塗工ごとに湿潤・乾燥を繰返し、耳伸びとカール（収縮による反り）が交互に発生して断紙が発生しやすくなる。断紙を防ぎ、生産効率を高めるためには、精密な張力制御が必要となる。また、四つの乾燥設備の条件を個々に設定しなければならないため、運転操作が煩さになる。

一方、本研究で開発したウェット-オン-ウェット塗工法では、塗工間隔の適正化により、1基のバックアップロールにアンダ層及びトップ層を塗工する二つのコータヘッドを装着することができるため、表裏合わせて2基のバックアップロールで両面ダブル塗工が可能となる。

乾燥設備は、各バックアップロール下流側に1セットずつの設備で済むため、設備並びに条件設定の操作が簡素化でき、同時に昇温に費やされるエネルギーの低減が図れる。また塗工工程における紙の湿潤・収縮回数が半減するため、断紙頻度も低減できる。

ウェット-オン-ウェット法とウェット-オン-ドライ法の片面乾燥エネルギーを比較検討した結果、塗工速度1500m/min、紙幅5600mm、片面塗工量アンダ7g/m²、トップ8g/m²、塗工液固形分濃度60wt%、熱風温度150℃として、ウェット-オン-ウェット法の採用により片面当たりのエアドライヤの消費蒸気量を約15%、ドライヤの合計長が約10%低減できることが分かった。さらに、条件によっては、ドライヤユニットの風量を20%程度低減できることから、熱風供給装置のサイズダウンあるいはドライヤユニットの低減等のメリットも見込まれる。

6. まとめ

本研究では湿潤状態のアンダ塗工層上に直接トップ塗工層を施すウェット-オン-ウェット2回塗工法を開発した。本塗工法によって、従来のダブル塗工法によるコート紙と同等の高品質を有するダブルコート紙を、低コストかつ比較的簡素な運転設備・操作で生産することが可能となった。

今後、当社パイロットコータを使用して顧客の試験等を通して、本塗工法に関するデータ蓄積と更なる性能向上を図っていく所存である。

参考文献

- (1) Fujiwara, H. et al., Single and Double Blade Coating, Tappi Proceedings 1992, p.147
- (2) 森 泰治, 板紙コーティングの技術動向, 紙パルプ技術協会誌 第45巻 第5号 (1991) p.419
- (3) 若年ほか, 塗工装置, 特願平6-35031
- (4) 例えば, 原崎勇次, コーティング方式, 楨書店, 第5版 (1985) p.42
- (5) Kuzmak, J. M., BEVELLED-BLADE COATING, Tappi Proceedings 1985 Coating Conf. (1985), p.5
- (6) 前田大晴, 紙加工用ラテックス (2), 接着 34巻 10号 (1990) p.449