最近の板紙抄紙機

高崎製紙株式会社
東北製紙株式会社

八 木 雄 三

Recent Developments in Paperboard Machine

Yuzo Yagi

Takasaki Paper Manufacturing Co., Ltd.
Tohoku Paper Co., Ltd.

はじめに

いわゆる Converging Curved wire former の登場により新聞用紙やティッシュでは速度の壁が次々と破られつつあると聞くが、同じ原理を取入れた板紙マシンの出現はこの分野における新しい地平の展開を期待させる。

しかし、単一銘柄を専抄する洋紙マシンと異なり、抄合せ板紙マシンでは抄造ロットの最も大きなライナでも少くとも 1:2 の範囲の秤量を抄分けなければならず、まして多品種少量を特徴とする一般板紙の抄造に従事する円網がユニット数としては大部分を占めている現状を考えれば、単に抄速のみでなく、性能上及び運転上のフレキシビリティや占有スペース、初期投資なども同様に重視されねばならない。

次章以下に最近の抄合せマシンについて概説するが所与の紙数にまとめる過程で資料の取捨、整理が果して当を得たか、筆者の最も懸念するところである。

1. サークュラフォーマ

現在我国で主にボックスボードの抄造に使用されているユニットの大多数はドライバット(注1)の一般名で総括されるタイプのものと思われる。ドライバットは逆流バットから簡単に改造でき、古典的円網に対し特にプロファイルの面で確かな改善を示したが、紙料の大量循環による停滞防止を地合形成の基本とするためコントローラビリティに欠け、且つ数倍に濃縮されたオーバー紙料がその岐路において去就定め難いためブロック地合や流れ地合は解消されない。

1.1 プレッシュフォーマ

精密に作られたドライバットである。トップリップ(又はルーフ)とシリンダの間隔を紙層形成の進行に伴う紙料容積の通減に合わせて収れんさせることによ

図 1 ハイドロリックフォーマ

り流入紙料の動圧を脱水圧に変え、ルーフの下でフォーメーションを完結させる。インレット、ディストリビュータで均一に分散・分配された流れを維持したまま地合形成を行なうためには、正確に設計されたルーフとその微細な調節機構、シリンダを含めた高度の製作精度を要求されることはいうまでもない。

Beloit のハイドロリックフォーマ(図1)は、運転中のルーフ先端開度約 1.5 mm, シリンダ径は 0.1 mm の精度を要するが±1%のプロファイルが得られている¹⁾。

BRDA-St. Ann's フォーマは S. A. 社がインバーフォーマ用に開発したヘッドボックスを普通の円網に適用したもの(図2)であり、ウルトラフォーマに適用しても好結果が得られるという。200 m/min を超えても地合は良好といわれる²⁾。

これら両フォーマの実際運転における比較³⁾では地合、縦/横比(厚物 2.2:1, 薄物 2.6:1), プロファ

イル、運転性(抄出し、抄止めの容易さ)などすべての面でほとんど甲乙付け難い高い評価を得ている。但し、層間接着は共に普通の円網よりやや弱いとしている。

ワイヤパート改造の経過措置として後述するサクシヨンフォーマのサクシヨンボックス抜きでプレッシャフォーマとして使用している例もある。

Hogenkamp 社のマルチジェットフォーマ

(図3)は、1ユニット2ジェットを標準とし、第1層と第2層の付量比率は8:2~7:3。地合はシングルジェットよりはるかによく、破裂強さの向上と表原料の節約が果され、縦/横比は低速ならば1.1倍まで可能とえう⁹⁾。実機の最高抄速は150 m/min。

1.2 サクシヨンフォーマ(注2)

現在 Tampella, Beloit, ER-WE-PA, Escher-Wyss, Voith, Sandy-Hill, Manchester などの各社から提供されているが設計の基本は変わらない。紙層は真空のもとで迅速に固定されるのでアプローチフローで完全に分散され、均一に分配された紙料を供給してやるのが必須であり、ルーフの精度や調節機構など各社それぞれに独自の特色を強調している。

内部の真空室は幾つかに分割され、ターボファンによって100 mm 程度から最高1.5 mm aq. 位の範囲で各室の真空度を別々に設定する。初期脱水の行なわれる第1室の真空を抑えて微細繊維のリテンションを助け、第2室の真空を強くしてルーフの下でフォーメーションを完結する。ルーフ先端の開度は2 mm 前後である。既成シートと抄合される時の水分は“砕けない程度に低く、層間接着を阻害しない程度に高く”ということで85~88%が標準とされる。大部分の白水はジェル内にホールドされ、湿紙を離してから大気圧に解放され遠心力で放出される。一例として Escher-Wyss のフォーマを図4に示す。

サクシヨンフォーマの長所として主張されているのは:

- 地合がよい。
 - 抜群のプロファイル—5 m マシンで $\pm 0.7\%$ 以内⁹⁾から多くは $\pm 1.5\%$ 以内。
 - 高速が可能—ワイヤパートの能力400 m/min以上、但し稼働中の実機では付帯設備の制約もあって360 m/min。(4ユニット, 80 g/m²)が最高のようなのである⁹⁾。
 - 縦/横比は2倍以下まで自在に調節可能。
 - 層間接着強度は円網と同等。
- このほかサーキュラフォーマ共通の利点とされている

図2 BRDA-St. Anné's フォーマ

図3 マルチジェットフォーマ

図4 サクシヨンフォーマ

るのは：

○ユニット当りのスペースが少く、同一生産能力に対し層数をふやせるので各層の地合がよく、成紙強度が高い。

○同じ理由で各層のプロファイルが抄合せによって統計的にならされるので成紙のプロファイルがよい。

注 1 フォーミングゾーンを短縮した円網は普通内部に白水を溜めて運転するのでドライパットの名は適当とは思われないが、様々の俗称や商品名は一般名としてなお不適切である。

注 2 Tampella 社は商品名としてサクシオンフォーマとパキュームフォーマを区別しており、ここでいうサクシオンフォーマをパキュームフォーマと称している。

2. フラットフォーマ

2.1 ダブルスライス

Weyerhaeuser 社 Valliant 工場 (1971 年 KMW 製 9.9 m 網幅、ライナ 1,500~2,000 st/d) に続く巨大プロジェクトとして注目を集めている同社 Columbus 工場 (ライナ 1,500 st/d) は 1977 年稼働と伝えられているが、若干遅延の様様である。

2.2 長網抄合せ

図 5 上は Feldmühle 社 Baienfurt 工場の長網 5 層抄高級白板紙マシンで取幅 4.55 m、ペースワイヤの長さはそれぞれ 65 m と 74 m、トップワイヤは 20~25 m であり、左側にトップ 1 基増設の余地を残す。200 g/m² 以下は左側を止めて右側の 3 層抄きとする。ワイヤ面同志が接しない配置になっているので層間剝離はないという。ワイヤパートが長過ぎて目が届かないので計装に万全を期しているが、かく一見複雑なマシンが採用されるのは何よりも長網に対する根強い信頼感に由来するものであろう⁹⁾。

2.3 コンパクトワイヤ (Voith)

図 5 下は最近フランスに設置されたマシンで能力は上と変わらないという⁹⁾。長さを比較されたい。勿論余裕と融通性は上がまる。

2.4 スーパーウルトラフォーマ (小林製作所：図 6)

既に 40 ユニット以上が国内でライナを主体に申しんから紙管原紙に及ぶ広範囲の抄物を対象に稼働中であり、評価は定着している。最高速度は 400 m/min を超えているという。

2.5 フォードリステアフォーマ (Dörries：図 7)

短い長網を階段状に配置して抄合せを行なうのがこの名の由来であり、スーパーウルトラの向流に対し、シートの流れは順流である。種落ちの危険を冒してこのような配置を採用したのは、ひとえにスペースの節

図 5 長網抄合せ (上) とコンパクトワイヤ (下)

図 6 スーパーウルトラフォーマ

図 7 フォードリステアフォーマ

約を期してのこと。ワイヤ上では成可く水を持たせ、既成シートと抄合せるときクーチロールと相対するダンディロール内に水を搾り出せば碎けも層間剝離もなく、緻密なピックアップフェルトを使用すれば種落ちは皆無といわれる。

ユニット間間隔は水平方向でヘッドボックスを含め 3 m、垂直方向で 80 cm。ワイヤパートの能力は 550 m/min と称しているが Linneborn 社の改造マシンの実績¹⁰⁾では付帯設備の制約により 3 ユニットで 100~150 g/m² は 290~360 m/min、200 g/m² は 200 m/min、を巡航速度としている。

3. コンバージング・カーブドワイヤフォーマ (カーブドフォーマと略す)^(注 3)

カーブドフォーマは一定の脱水容量に対して脱水部

図 8 インバーフォームの改良

図 9 フォーミングロールにおける脱水圧

左：オリジナル，中：ディップトワイヤ，右：カーブドシュー

が短く、遠心力がプラスに働くので抄合せに適し高速が可能である。

3.1 インバーフォーム

インバーフォームの原型(図 8 左)はフラットフォームであるが、最初の改良型であるディップトワイヤ(図 8 中)で既にカーブドフォームの原理が取り入れられている。図 9 左、中の斜線を施した曲線はそれぞれのフォーミングロールにおける脱水圧曲線であり、ディップトワイヤはオリジナルに比べ若干の改善を示しているが、それでも条件によってバックフローを生じ、プロファイルや繊維配列を乱す。

図 8 右は第 2 の改良型であるカーブドシューユニットである。一つの設計例としてシューの曲率半径を 3 m, 1.5 m, 0.75 m と 3 段階に漸減させることによりフォーミングロールにおける脱水圧は図 9 右の如き経過をたどり懐が深くなるのでバックフローは解消される¹¹⁾¹²⁾。実機の運転結果は未詳である。

なおついでながら、カーブドシューはベルベ I に酷似している。

3.2 ウルトラセントリフォーマ (小林製作所：図 10)

最も単純化された片面脱水フォームであって、毛布に乗った既成シートの上に紙料をタンゼンシャルに噴出させると同時に上網で抑え、シリンダ上のワイヤ張力によって脱水、遠心力で放出する。シート水分はディフレクタの操作により 85～90% に調節出来る。速度適性高く、テストマシンのドライブ限界である 450 m/min, 100 g/m² (茶模、段屑半々) で良好な地合が得られる。

図 10 ウルトラセントリフォーマ

3.3 ウルトラツインフォーマ (小林製作所：図 11)

短い長網でシートの下層を形成した後、フォーミングシリンダ上の上網の張力によって上層を形成し、シートは上網に移す。両面脱水なので能力は非常に高く、フラットフォームを兼ねているので広範囲の抄速に適応する。

3.4 アラジンフォーマ (三起製作所：図 12)

ウルトラツインとは逆にシートは下網に移すがホテナンシャルは変わらないと思われる。毛布によるピックアップ部の脱水機構は興味深い。

3.5 アーキュフォーマ (Tampella：図 13)

下層の形成はサクシオンフォームにおける如くサクシオンボックスの第 1, 2 室とルーフの間で行ない、しかる後上網の張力で上層を形成するが、この際第 3 室の真空もフォーメーションの調節に関与する。この

図 11 ウルトラツインフォーマ

図 13 アーキエフォーマ

図 12 アラジンフォーマ

図 14 デュプレックスアーキエフォーマ

フォーマはコンポジットフォーマとして使用されることが多いので次章でも触れる。なお、これと類似のツイントップフォーマ (Voith) がある。

3.6 デュプレックスアーキエフォーマ (図 14)

2基のアーキエフォーマを10~15 mmの間隔で対向させ、互のドライラインの前、固型分2~4%で抄合せ¹³⁾、一方のシンダラーをラップさせディフレクタで更に脱水する。

3.7 ベルペー II とストラタフローヘッドボックス (図 15)

ベルペー II については洋紙の部で詳述されることと思うが、このシステムの心臓部はヘッドボックスである。ストラタフローヘッドボックスは3つのコンパフローを1つに合体したものと解すべく、別種の紙料が整流部の固定仕切と収束部の可撓性仕切を経て、それぞれの層流が一体となってフォーミングエリアに入り多層シートを形成する。

ともあれ、この画期的なアイディアを世界最大 (網

幅 10.16 m) のマシンで具体化した Obbola 社の決断には敬意を表せざるを得ない。

このマシンは1975年8月稼働で薄物ライナ専抄。当面 $125 \text{ g/m}^2 : 600 \text{ m/min}$, $150 \text{ g/m}^2 : 500 \text{ m/min}$ が目標であるが、ドライヤ増設後は最高 900 m/min を期待している。また、古紙使用率を現在の20%から将来30%まで増加したいとしている¹⁴⁾。

Beloit 社としてはほかに4層抄き、白物及び厚物の抄造などを課題としている¹⁵⁾。

この方式はベルペー以外のフォーマにも適用可能なのでライナ層の被覆性・成層性が一般の抄合せ方式にどこまで迫り得るか注目されるところである。

注 3 ツインワイヤ、遠心式フォーマなどの呼称もあるが、脱水は主に曲面上のワイヤテンションに由来するものであり、また片面脱水もあるので一般名としては厳密を期することとした。

図 15 ストラタフロー・コンバーフローヘッド
ボックス

図 16 セコンダリフォーマ

図 17 長網2層, アーキュ2層のコンポジットフォーマ

4. コンポジットフォーマ

サクシヨンフォーマやカーブドフォーマは能力の割にコンパクトなので長網やインバーのセカンダリないしターシャリフォーマとして大きな可能性を持っている。

4.1 長網との組合せ

ベルバックフォーマ (Beloit) はサクシヨンフォーマを長網の上に直接置いた最も単純な形であるが 400 m/min, 40 g/m² が可能という。

しかし、一般には短網を介してサクシヨンフォーマから長網に紙移しする方式を採用しており、この方が白水のハンドリングや湿紙水分のコントロールに便利であり、適応性が高いと思われる。

長網のセカンダリスライスをセカンダリフォーマ (図 16: ER-WE-PA) に設置した結果、生産は 75 t/d から 100~125 t/d にアップ、表原料は減少し、強度は表層で 40%, 平均で 20% 向上したという¹⁶⁾。

ライナ、中しんを抄造する 7.9m 幅のサクシヨンブレストロールフォーマにトップサクシヨンフォーマ

(Escher-Wyss) 2 基を設置し、最高 500 m/min、破裂強さは手スキ紙にまさるといわれる¹⁷⁾。

同様なフォーマは Voith, Tompella にもある。

図 17 は Kopparfors (スウェーデン) で稼働中の長網 2 層, アーキュフォーマ 2 層り成るコンポジットフォーマであるが、これと類似の 540 st/d コートボールマシンが来年 Olinkraft 社で稼働に入ると伝えられている。

4.2 インバーフォームとの組合せ

スコットランドの Davidson & Sons 社では石こうボード原紙などを抄造する 5 ステーションインバーの生産を 97 t/d から最終的に 150 t/d にアップするためアーキュフォーマ 1 ユニットを増強した結果アーキュのユニット当たり能力はインバーの約 3 倍と評価している。縦/横比は 2.2 まで低下した¹⁸⁾。

4.3 TCC フォーマ

TCC フォーマ (TAKASAKI COMBINATION OF CENTRI FORMER) はウルトラ C3 ユニットとウルトラツイン 2 ユニットより成るコンポジットフォーマで、昨年初頭以来、当社の大阪、東京両工場

稼働している。ライナ薄物ならばウルトラCのみで十分であるが、 360 g/m^2 以上を抄造するため、付量も多く低速にも適応するツインフォーマと組合せた。目下の最高抄速は付帯設備の制

約により 400 m/min 、縦／横比は理論ヘッドで約 2.2。東京工場では改造前のコンビマシンに比べ取幅が約 2 %増加し、ライナはもとより併抄する石こうボード原紙においても加工適性、使用特性の両面で幸い高い評価を得ている。

この種のマシンの特性として微細繊維のワンパスリテンションが悪くなり勝ちで、既存の汜水促進剤も有効でないが、白水をマシン周りにクローズアップし、平衡状態を維持すれば層間接着にも支障を来さない。

このフォーマは紙層形成部から真空を極力省いている。改造マシンなので省エネルギーに徹底出来なかったがそれでもマシン（マシンチェストよりリワインダまで）の電力原単位はライナで約 200 kWh/t である。

5. 紙質について

5.1 縦／横比

ここに紹介したすべてのフォーマが縦／横比の自在なコントロールを長所として挙げている。紙層が瞬間的に定着するサクシヨンフォーマやカーブドフォーマにあっては、やや押し地合 ($1.05\sim 1.1$) で縦／横比は最低となるようである。

5.2 層間接着強度

層間接着強度がファインのリテンションと抄合せ時の水分によって影響されることは常識的にも首肯出来る。後者について抄合せの様式を比喩的に分類すれば：

- (1) Wet-on-Wet, (2) Wet-on-dry, (3) dry-on-dry

の 3 種があり、この順序で抄合せ時水分は低下する。

(1)に属するのはストラタフロー、(2)に属するのはウルトラC、インバーフォーム及びダブルスライスであり、その他のフォーマは(3)の範ちゅうに入るので層間接着に関しては何らかの“注意”を要する。

5.3 プロファイル

秤量プロファイルに関し Thames Bord Mill 社が同社所有の 4 種の抄合せフォーマについての興味ある試験結果を報告している¹⁹⁾。

各フォーマで形成された単層又は多層の全幅試料を β 線で走査し、デジタル変換してコンピュータで数

図 18 TCC フォーマ

表 1

フォーマの種類	変動係数(%)	R (平均値に対する%)
逆流バット	9.0	±19.8
ドライバット	5.0	±12.3
ハイドロリックフォーマ	2.8	± 6.5
サクシヨンフォーマ	2.5	± 2.7

表 2

抄合せ 層数	変動係数(%)	
	実測値	計算値
1	2.50	—
2	1.90	1.77
4	1.18	1.25
6	1.06	1.02
8	0.81	0.88

計算は次式による

$$V_t = \frac{(N_a V_a^2 + N_b V_b^2)^{0.5}}{N_a + N_b}$$

但し

V_t = 全体のバラツキ

N_a = a フォーマのユニット数

N_b = b フォーマのユニット数

V_a = a フォーマのバラツキ

V_b = b フォーマのバラツキ

値を解析した。

表 1 は 4 種のフォーマによる単層シートの全幅 (2.8 m) 内のバラツキであり、表 2 は、ハイドロリックフォーマとサクシヨンフォーマのプロファイルが、抄合せによって統計的にいかに収れんして行くかを示している。計算値との斉合は良好である。

おわりに

本稿で紹介したフォーマのすべてが既に実機として稼働しているか、少なくともパイロットマシンとして多年のテストを経ているものであるが、一たび特許の分野に目を向ければ、目下流行のカーブドフォーマを中心に正に百花齊放の感がある。これら紙の上だけに存在する製紙マシンを含め、何がベストセラーとして定着するにせよ、なおしばらくの日子をかさなければなるまい。ただ、筆者の個人的見解として、差当り最も有望なのは長網のセカンドスライスに置き換わるべきフォーマであろう。

吹米でライナの抄造に最も多く使用されているダブルスライス長網が、その高い生産性を維持するためスラリーに生蒸気を吹込み、サクションを多用し、その上原料の潜在強度を犠牲にしていることは、幾多の長所にかかわらず省資源・省エネルギーの時代にふさわしくないと考えるからである。

参 考 文 献

- 1) Mac Leod, P. T. J. **156**, 10 : 22 (May 6, 1972)
- 2) Attwood and Perks, P. T. **17**, 2 : 55 (Apr. 1976)
- 3) Donahue, *ibid*, **159**, 15 : 35 (June 1, 1975)
- 4) Kalish, P. P. I. **15**, 1 : 50 (Jan. 1973)
- 5) Larue, P. P. C. **77**, 8 : 31 (1976)
- 6) Pfaler, P. T. **13**, 4 : 268 (1972)
- 7) Grossmann, D. P. **30**, 7 : 289 (1976)
- 8) Sollinger, W. f. P. **104**, 9 : 303 (1976)
- 9) Grossmann, *ibid* : 307 (1976)
- 10) Muselmann, D. P. **30**, 6 : 229 (1976)
- 11) Mc Cormic, P. T. **13**, 1 : 27 (1972)
- 12) Attwood, *ibid*, **13**, 4 : 253 (1972)
- 13) Pfaler, W. f. P. **104**, 16 : 595 (1976)
- 14) Van Derveer, P. P. **49**, 14 : 44 (Dec, 1975)
- 15) Fontoura, W. f. P. **104**, 10 : 351 (1976)
- 16) Lindeholm, *ibid*, **102**, 17 : 639 (1974)
- 17) Dahlu, Stotz, *ibid*, **104**, 19 : 717 (1976)
- 18) Scudder, P. T. **15**, 6 : 363 (Dec. 1974)
- 19) Kingsnorth et al, *ibid*, **13**, 4 : 273 (Aug. 1972)