IHI-VOITH 最新抄紙機の展開

ハインドル社 E. クラウスアウフ
 フォイオト社 F. ジ ッ ペ ル
 石川島播磨重工業株式会社 竹 内 正 迪

1. The newsprint machine start-up at Haindl, Schongau mill

Dr. E. Krauthauf
 Haindl Paper GmbH
Dr. F. Zippel
 J. M. Voith GmbH

In autumn 1989, a new machine was start-up at Haindl paper Schongau mill, Germany. Initial, the supplier reports on the conception of paper machine and winder. Subsequently, the operator gives a survey of the commissioning period and technological results.

2. Analysis of runnability problem in the paper machine and modern concepts of paper drying

M. Takeuchi
 Ishikawajima-Harima Heavy industries Co., Ltd.

The first part of paper deals with the phenomena that influence the runnability of web in the paper machine. The second part describes the new designs of a dryer section.

3. The future press section for newsprint

M. Takeuchi
 Ishikawajima-Harima Heavy industries Co., Ltd.

For the future newsprint machine it can be expected that by the application of the shoe press system (FNP: Flexonip press) the number of press nips will be reduced. Compared to the roll, presses used today much higher dryness could be achieved.

はじめに

近年、抄紙技術の発達はすばらしく、高速化に関する諸問題は関係各機関の努力により解決されてきており、結果的に製紙業界全体の省資源、省エネルギーに貢献してきている。これに伴い設備の生産性を向上させるためには、より一層抄紙機の高速性能を安定させることが将来的に重要な課題となってきた。

以下に抄紙機の高速化に対するIHI-VOITHグループの取組みの一端を“最新新聞抄紙機のスタート

アップ”、“ドライエンドにおける最近の技術開発”および“フレキシニッププレスの展望とその応用”として紹介する。

1. 最新新聞抄紙機のスタートアップ

1989年の秋、最近の新聞マシンがHaindl製紙、Schongau工場で稼動した(図1 a)。Haindl社はドイツで第3位の生産を誇る製紙会社であり、そのSchongau工場はドイツ南部の都市Shongauにあり新聞用

図 1a PM 7 全体図

図 1b デュオフォーマ CV

紙を生産している。この新マシン (PM 7) は VOITH 社 (ドイツ) との契約からわずか 19 ヶ月後にスタートアップした。PM 7 の来年の生産量は $45 \sim 54 \text{ g/m}^2$ を基準として、230,000 t に達する見込みである。最初にマシンサプライヤーである VOITH 社が抄紙機とワインダーについて構成と特徴を紹介し、引き続いて操業者 (Schongau 工場) の立場から試運転期間中の技術調査結果を報告する。

1.1 設備の概要

生産品目：新聞用紙 ($40 \sim 54 \text{ g/m}^2$)

ワイヤー幅：9,150 mm

トリム幅：8,500 mm

抄速：1,400 m/min (Max)・

設計抄速：1,700 m/min

生産量：840 T/D

新マシンのコンセプトは以下の要望点を調和させることが必要であった。

- ・抄紙機の高速化と製品品質の向上
- ・ Schongau 工場に納入した高速新聞マシンでの経験を生かす。特に抄紙機構成上、効果が上がった主要な装置についての経験を生かす。

1.2 フォーミングセクション

ワイヤーセクションでは、バーチカルギャップフォーマタイプ CV (図 1 b) を採用した。これはブレード/ロールフォーマであり、このフォーマの初期地合は独特なカーブを持つドレネージシューやアフレクターなどの固定エレメントでパルス脱水をして形成される。

次に、シートはフォーミングロールで両面脱水されサクションクーチロールに入る。ヘッドボックスは旋回形のハイタピュレンスヘッドボックスで、スライス開度のコントロールができるプロフィールマチックシステムを装置している。両ワイヤー共、プレストロール入口側にワイヤースプレッターロールを配置している。

1.3 プレスセクション

プレスセクションは 3 Nip のコンパクトなプレス (Duo-セントリ II 型) と、トップにスミーズロールを持つ 4 P プレスによって構成されている (図 2)。このプレスは高速操業においてもスムーズな操業が出来る

図2 プレスセクション

よう安定性のある強固なフレーミングや、フリーランを出来るだけ少なくしたシートバスを特徴とする。また、4Pから1番ドライヤーへはトランスファフォイルを使用することにより、より安定した通紙が可能となった。紙面は両面共2回フェルトに接し、さらに1回はスミズロールに接する。そのためデュオフォーマで得られる両面性がさらに改善される。センターロールと4Pトップロールにはグライトナイトロールに代って、特殊カバー巻のプレスロールを採用した。1P, 3P, 4Pには溝付きNIPCO スチールロールを選択し、2Pサクシオンプレスロールはポリエチレンカバー巻きである。

1.4 ドライヤーセクション

ドライヤーセクションは高速運転スピードと要求される上級品質紙に対する新しい考えをもつものである(図3)。

最初の3群はシートテンションフリーの乾燥ができるシングルティヤーを採用した。この3群のドライヤーには12本の2,200mm径ドライヤーとその間に1,000mm径のサクシオンキャンバスロールを交互に配置している。このアレンジによって、シートの強度がまだ弱い段階でも紙切れを起こさず安定した操業性を得ることができる。

4群以降のドライヤーは1,800mm径ドラム32本を

4グループ(4群~7群)に別けてコンベンショナルなダブルティヤー形に配置している。

ここでは特徴ある装置である吸/引複合形のロールをキャンバスロールの位置に配置して、M/C方向にエア流れをさせずにドライヤーポケットのベンチレーションを行っている。最終の7群にはブローボックスがあり、さらに効果的なエアベンチレーションと水分プロファイルの調整を行う。

1.5 ソフトカレンダー

新マシンは一般のカレンダースタックに代ってエッシャーウイス社のNipco-Mat、ソフトカレンダースタックを2基備えており、新しいコンセプトの1つとなっている。

1.6 ドライブ・計装・品質管理

最新マシンの適正なる操業を行うために必須となるものはドライブと計装制御である。マシンには26台のドライブがあり、そのドライブにはABB社の周波数制御システムでドライブされるACモータを採用した。VOITH社はマシンの制御システムを採用し、プロセスオートコントロールシステムはAltim-Lipple社が製作した。製品の品質コントロールのため以下の装置を装備している。

- ・3群ドライヤー下部に水分プロファイルの修正のため、ノズムモイスチャーライザー設置。
- ・カレンダースタックにはキャリパーコントロールのためエアブローノズルを設置。
- ・リール前ではLipple B/M計により坪量、水分、キャリパーのコントロールを行う。

1.7 ワインダ

新マシンには新しいコンセプトを持ったワインダ、デュオローラIIを採用した(図4)。このワインダは最新の印刷機のニーズにあったもので広幅、超大径の巻取を行うことができるフルオートマチックのワインダである。最大巻取重量は6tまで可能であり、巻取速度は最高2,500m/min、フルオートマチック化されたコントロールシステムにより各々の巻取ロールの自重をキャンセルできるので巻取ロールも硬さが一定にで

図3 ドライヤーセクション

図 4 ワインダ・デュオローラ II

表 1 平均的な原料配合

		PM 7	Mill.
Deinked waste paper pulp	kg pulp(B.D.)/t paper	600	580
TMP	kg pulp(B.D.)/t paper	200	200
Thermo groundwood pulp	kg pulp(B.D.)/t paper	100	120
Filler(Clay)	kg/t paper	25	25
Monthly averages			

きる。さらに最新のコンピューターコントロールにより全自動化されており、特にスリッターのオートセット、自動枠替えなどにより極端に枠替え時間が短くなった。

1.8 パルプ原料

Schongau 工場では脱墨古紙パルプ(DIP), TMP および GP を生産している。古紙処理プラントは1,200 t/日の仕込み能力を有し、約950 t/日の仕上り DIP を生産している。原料配合は家庭回収古紙85%, 新聞古紙8%と雑誌古紙7%である。脱墨プロセスはVOITH フローテーションシステムを採用している。仕上りの DIP は30%濃度に濃縮され、ディパージョンシステムに送られる。表1にPM7と工場全体に関する平均的な原料配合を示す(但し、47~48 g/m²の平均坪量を基準としたデータである)。PM7では工場平均に比べて、ややDIPが多く使用されていることが分かる。

1.9 PM7のスタートアップ

PM7は1989年11月15日に抄速1,050 m/minでスタートアップし、最初の紙を生産した。図5に過去8ヶ月の抄速と生産量の推移を示す。下段のグラフに示すようにPM7の生産量は安定して増加した。1990年7月時点(スタートアップ後、8.5ヶ月)では48.8 g/m²の新聞用紙を日産平均600 t以上生産した。上段のグラフにリール上のマシンスピードの推移を示すが、達成されたマシンスピードはいずれも目標値を大幅に

図 5 抄速と生産量の推移

上廻った。1990年8月には1,375 m/minで24 Hr以上運転され、その期間の最高抄速は1,420 m/minであった。

1.10 プロセスデータ

(1) ワイヤパート

表2に3台の高速マシンに関する白水データ(月間平均値)を示す。

- ・ PM 6 : Duoformer CF (ギャップフォーマー)
- ・ PM 7 : Duoformer CV (ギャップフォーマー)
- ・ PM 9 : Duoformer H (ハイブリーズフォーマー)

表 2 ストック・白水データ

Papermachine No.	6	7	9
Supplier	Voith	Voith	Voith
Duoformer type	CF	CV	H
Papermachine speed	1,253 m/min	1,262m/min	1,100 m/min
Consistencies			
Headbox	11.0 g/l	13.6 g/l	13.3 g/l
White water	6.0 g/l	7.8 g/l	8.1 g/l
Ash (Headbox)	23%	27%	29%
First pass retention			
Total solids	45.7%	42.6%	39.1%
Filler	20.1%	22.1%	15.4%
Headbox temperature	48°C	46°C	47°C
pH	6.9	6.9	7.0
Retention aid (kg/t paper)	12	12	10
Monthly average July 1990			

表 3 ニップ圧とドライネス

	Nip load [kN/m]	Dryness [%]
Duoformer CV	—	16
First press	80	n.a.
Second press	85	n.a.
Third press	130	44.0±1.3
Fourth press	150	47.0±0.6
Without steambox		
Dryness at 12% filler in paper		

このデータよりこの3台の抄造は非常に高速であることが分かる。また、ファーストパスリテンションはハイブリッドフォーマーが一番低く、40%を割った値である。このように全体的に低い値となっている主な要因、ヘッドボックスでの灰分含存率が23~29%と高いことに起因して、フィラーリテンションが約20%と低くなっているためである。

(2) プレスパート

表3にプレスニップ圧と各点でのシートドライネスを示す。各ニップ圧はそれぞれ80, 85, 130, 150 KN/mである。シートドライネスはフォーマー出口部(ピックアップフェルトが湿紙をピックアップする直前)で約16%であり、3P出口および4P出口でのシートドライネスは、スチームボックスを使用しないでそれぞれ平均値で44.0±1.3%および47.0±0.6%である。

(3) ソフトカレンダー

Schongau 工場では高速新聞マシン (PM 9) に他社

に先立ってオンラインソフトカレンダーを採用して、紙品質とマシンの運転性を優れたものにした。

表4はPM7のソフトカレンダーの運転条件を示している。

ソフトカレンダーは特に多品種の紙を抄造するマシンやグレード替の多いマシンに関して価値のある装置である。

1.11 紙の品質

PM7で生産される製品の品質は、他の2台の既設マシンでは得られなかった水準に達した。優れた地合、ソフトカレンダーリング、さらに非常に安定したMD/CD方向のプロファイルにより高品質の製品が保証された。

図6にハイブリッドフォーマーとギャップフォーマーから得られる地合評価 (NUI Index) の比較を示す。

図中の左側に3台のハイブリッドフォーマーについてのデータを示す。それらのNUI値はほぼ同等で

表 4 ソフトカレンダーの運転条件

Rolltype	Thermoroll Nipcotherm	Softroll NipcoMat
Roll diameter	Nipco F 1,120 mm	Nipco F 1,025 mm
Material	Chilled iron	Cast iron (GG 25)
Softcover		Synthetic Polymer (Febogloss M. Softrock CC)
Hardness	—	91-93°Shore D
Operating Conditions		
Surface temperature max.	130°C	70°C
Nipload (line force)	50~350 kN/m

図 6 各フォーマの地合比較

あるが、図中の右側に示す各社 4 台のギャップフォーマーに見られる NUI 値よりはかなり高いレベルにある。

図 7 に灰分含有率 11.5% のシートの Z 方向における灰分分布を示す。この分布パターンは、いずれのテストでも同じ傾向を示し、シートのボトム側がトップ側より 2% 位多い灰分含有率となっている。

1.12 結 論

Schongau 工場の新マシン (PM 7) は期待通りに稼動し、当初計画した生産量よりさらに高い生産量を達成した。今回採用した新しいエレメントは、この試運転中にそれらの有利性をすでに発揮している。我々のユーザーから、PM 7 で生産する製品は以下の理由に

より十分に評価されている。

- ・均一な品質レベル、均一な両面性、優れた製品の再現性等による高品質性

- ・高速印刷機に於ける優れたシートの安定走行性

今後の目標としては、このマシンの総効率を 90% 以上に保ち、かつ品質レベルも現状と同等に維持しながら 1,400 m/min まで抄速アップを計ってゆくことである。

2. ドライエンドにおける最新の技術開発

抄紙機の走行安定性はウェットエンドに於いてはツインワイヤフォーマ、4 段プレスの発達などにより非常に改善されてきている。これに伴いドライエンドの問題がネックとなり初めてきた。

この問題の解決のための、最初のステップはシングルカンバスの導入であった。そしてこのシングルカンバスの問題を解決し、発展させたものがシングルティアドライヤである。この開発の背景を図 8 に示す。

本項では、このシングルティアドライヤの開発過程において明らかになった問題点を説明するとともに、その解決のための現実的な対応を説明したいと考える。

図 7 Z 方向における灰分の分布

図 8 シングルティアドライヤー開発の背景

2.1 熱によるシート強度の低下とスピードにより発生するシートの張力

熱によるシート強度の低下と、スピードによる保持されていないシートの張力の発生は、より以上の増速をする場合大きな障害となる。以下に述べることは、この事実を説明している。図9は熱によるシートの強度の低下を示すものであり、シートの温度38℃と94℃における新聞用紙の裂断長とドライネスの関係を示している。横軸はドライネス、縦軸は裂断長である。例えばドライネス42%のとき、温度の増加により裂断長が90mから約60mに下がっている。これは水の粘度

図 9 裂断長とドライネス

と表面張力の低下によって引き起こされるものと考えられる。また、この低下量は実に33%と非常に大きいものである。

曲率のまわりで、保持されていないシートが走行する場合に作用する遠心力はマシン方向の張力を作る。図10はこの状態を表わし、さらにシートの張力(T)と相当裂断長(EBL)公式の誘導を示している。この公式から「保持されていないシートが直線からはずれている時はいつも張力が発生し、この張力はシートの重量とスピードの2乗にのみ関係する」ということが分かる。

図11はシートの温度とスピードによる張力によってスピードが制限されることを示しており、斜めの

図 10 スピードにより発生するシートの張力

図 11 裂断長とスピード

カーブは3種類のドライネスに対する相当裂断長とスピードの関係を、さらに、その3種類のドライネスにおいて温度が異なる場合の実際の裂断長を水平線で示している。従ってカーブと水平線で囲まれた範囲が安全限界を意味することになる。

例えばプレスパート後のドライネス42%のシートではドライヤ内で950 m/minのスピードで限界となる。

図11はシートの安全走行にシートの温度とスピードによる張力の影響が大きく作用するというを如実に表わしている。

2.2 引張りにより発生するシートの歪みとシートの張力

図12はシートがプレスのハードロールからはがされる際に発生する引張力によって、シートがどのように変形するかを示している。

まず連続したシートの有限な要素を考える。図12の上段はシートがハードロールからはがされる前におけるそれぞれの要素の状態を表わしている。左の要素は抄紙機中央部、中央の要素は端部に近い部分、右の要素は右端部に位置するものとする。上述の引張力によりそれぞれの要素は下段に示すように変形する。

図 12 シートのひずみ

図 13 シートのひずみ

このように、シートの幅は狭くなり特に端部が大きく変形し両耳がだれるのがよく分かる。

図13は図12で説明したことをコンピューターにより解析したシートの歪みのパターンを表わしたものである。

2.3 引張られたシートのゆるみ

図14は引張られたシートの張力を一定に保とうとしても、時間と共にゆるみが発生することを示している。更に図15でこの“ゆるみ”による問題を述べる。図に見られるエアポケットはシートのゆるみによって

図 14 シートの張力とシートの伸び

図 15 シングルフェルトにおけるエアポケットの発生

生じるものである。シートはそれぞれの部分で遠心力を受け伸びてゆく。従ってシングルドライヤにおいて終わりの数本の回りではこのエアポケットは大きくなって断紙などの原因になる。この事为了避免するためには高いドロウが必要になる。

2.4 シートタビライザーの問題点

この問題はエッジ部に発生する。すなわち両端部からの空気の流入と前述のゆるみにより、空気の流れが増加しエッジ部でのスタビライザーの効果が低下し紙切れの原因となる。

2.5 ドライヤの凝縮によるリウェットイング

ドライヤでの安定走行を損なうもう一つの問題を図16に示す。本図はドライヤ内に於ける空気温度とシートの温度と露点の関係を示している。問題は1群でのシートの温度が露点より低いことである。この結果1群付近でシートはリウェットイングして弱くなり、張力の低下とマシン方向のしわを引起す。

2.6 現実的な対応について

これまで述べてきた諸問題を解決するための現実的な対応について以下に紹介する。図17はこれまでに述べた問題に対応したレイアウトを示している。即ち、オープンドローを無くし、シートを保持するためのサクシオンキャンバスロールを使用したアレンジとなっている。

図18はドライヤ全群をシングルティアでアレンジ

した場合のレイアウトである。

図19はサクシオンキャンバスロールの配置を示している。この配置で重要なことは、サクシオンキャンバスロールとドライヤドラム間のキャンバスのフリーランの長さを最少にすることである。この目的はシートの幅方向の収縮を最少に押えることある。さらに、2.2 m 径の大径ドライヤドラムを使用することによりこのフリーランの数を最少にすることも必要と考えている。

図20はシングルティアドライヤの乾燥メカニズムを示す。シングルティアドライヤの乾燥メカニズムの特長は、シートがキャンバスにおおわれている間は蒸発は抑制されているが、いったんシートが空気にふれるとドライングレートが5~6倍の値に増加し、その後この割合はかなり早く減少することである。

図17 FNP からシングルティアドライヤへの通紙

図16 ドライヤにおけるシートの温度変化

図19 サクシオンキャンバスロールの配置

図18 シングルティアドライヤ

図 20 シングルティアードライヤの乾燥メカニズム

図 21 ベンチレーションボックス

図 21 はシングルティアードライヤに於いて新しく開発されたベンチレーションボックスである。シングルティアードライヤのポケットは開放されており、ダブルティアードライヤのそれと比較するとそれ自身均一なモイスチャープロファイルをもたらすが、より以上のモイスチャープロファイルの向上、乾燥能力を上げることを目的として、本装置は開発されたものである。このボックスはシートに対してエアーを吹き出し、同時にシートから飽和した空気境界層をはぎとり蒸発を促進する。その結果、乾燥能力が7～8%向上している。

2.7 結 論

最適な安定走行を得るためにはクーチから最終ドライヤまでシートをしっかりと保持することが重要であり、このことはシングルティアードライヤとオープンドロのないシートトランスファにおいてのみ達成することができるものと考えている。シングルティアードライヤは幅方向の収縮を減少させ、シートの走行性を安定させると同時に、品質を改善させるのに役立つものと考えており、さらにこの効果を最大に発揮させるためには大径ドライヤが必要となってくると思われる。また、新しく開発したベンチレーションボックスは乾燥能力を向上させ、優れた水分プロファイルを作り

出すのに有効な設備である。

3. フレキシニッププレス (FNP) の展望とその応用

3.1 理想的なニップ圧曲線

ドライヤの高速性能と安定走行において問題になるプレス出口水分の向上とノードロープレスに対して、大きな可能性を持っている IHI-VOITH のシュータイププレス (Flexo Nip Press), すなわち FNP について以下に紹介する。IHI-VOITH の FNP の設計コンセプトは、プレスの脱水メカニズムに合った理想的なニップ圧曲線の追及と現実的対応にある。理想的なニップ圧曲線については 1968 年国際シンポジウムで VOITH 社が発表しておりその結論を図 22 に示す。ゆっくりと安定した圧力上昇はシートのくだけけをなくして全断面を均一に濃縮する。またニップ圧の急激な減少にリウェッティング防止を目的としている。これに対し図 23 は FNP で実際に測定したニップ圧曲線である。理想的なニップ圧曲線に極めて近い曲線であることが分かっていただけたと思う。

3.2 FNP の新聞用抄紙機への適用の可能性

FNP は最初ライナー中芯のような板紙用に開発された。しかしながら新聞用紙、印刷用紙についての適用の可能性も実験により確かめられており、その結果を紹介してゆきたいと思う。この実験の結果をまとめると、以下の事がいえる。

図 22 理想的なニップ圧分布

図 23 FNP のニップ圧分布

- ・ロールプレスよりずっと高い乾燥度を得られる
- ・かさ、不透明度、平滑度などの紙の諸特性の低下は見られない。

以下に報告するデータは VOITH 社実験室よりの報告である。本実験はデュオセントリー型プレスと、2台の FNP と、1台のロールプレスプラス FNP の3種類の組合せでなされた。原料配合は 90%TMP, 10%化学パルプ、フリーネス 125 cc で坪量 40 g 及び 50 g/m²、抄速 900 m/min の条件で実施された。

図 24 は 3つのシステムで得られたドライネスを示している。FNP の導入により著しいドライネスの上昇がみられる。

図 25 は FNP 2 段のプレスで抄速を 450 m から 900 m にあげた場合を示している。スピードが増加しても 2 段目の後では実質的に同じドライネスとなっている。

図 26 はダブルフェルトとシングルフェルトの比較を示したものである。板紙の場合はダブルフェルト方式により一般的に高いドライネスが得られるが、軽量紙の場合は図のようにリウエットिंगが少ないシングルフェルトの FNP の方が好結果をもたらしている。

図 27 ではプレスパート出口のシートの強度を比較

した。強度の増加は増速に役立つものと期待される。

図 28 は乾燥度に対するかさの関係を示している。紙のかさはプレス後の乾燥度の関数であるが FNP の方が若干有利となっていることが分かる。

図 26 シングルフェルトとダブルフェルト

図 27 ドライネスと湿紙強度

図 24 プレス出口ドライネスの比較

図 25 抄速とドライネス

図 28 プレス形式とかさの関係

図 29 不透明度とプレス形式

図 30 FNP を使用したプレスアレンジ-1

図 32 FNP を使用したプレスアレンジ-3

図 31 FNP を使用したプレスアレンジ-2

図 33 FNP を使用したプレスアレンジ-4

図 29 は不透明度とプレスシステムの関係を検討するために整理したものであるが、不透明度とかさの関係は予想されたようには現われなかった。またプレスシステムの差も明確には現われていない。

3.3 FNP の構成

FNP の導入には各種の構成が考えられ、脱水性、シートラン、品質への影響を考慮して配置することになると思われる。

図 30 にそれぞれシングルフェルトを持った 2 組の FNP からなるプレスセクションを示す。高い乾燥度が得られる構成であるが、シートフリーランがありマシン運転上はマイナスの影響を与えられることになる。この問題を解決するための配置が、図 31 に示すアレ

ンジである。この場合はリウェッティングによりドライネスが多少低下することになる。

図 32 に特殊な例として 2 番プレスのボトムフェルトをシートと一緒に 1 群ドライヤにもってゆく案を示す。

3.4 結 論

FNP (Flexo Nip Press) の導入は軽量紙の場合にも、紙の特性に対して何らマイナスの影響もなく乾燥度を更に上昇させることが可能であることを本実験の結果は示している。

今後の現実的な実機への適用は、デュオセンリー型プレスに示す 3 P または 4 P を FNP におきかえる方法でスタートすることになると思われる (図 33)。いずれにせよ、FNP を採用してゆくことは今後のプレスパートのあり方に大きな影響を与えるものと思われる。