上質紙用最新高速抄紙機のウェットエンドコンセプト*

—オプティ-コンセプト—

住友重機械工業株式会社 機械事業本部製紙工作機械事業センター 畑 野 泰 宏

Wetend Concept of High Speed Paper Machine for Woodfree Grade —OptiConcept—

Yasuhiro Hatano

Paper machinery & Machine tool div. machinery group,
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

Paper making is a chain of process where every parts plays its own role. The future development targets of paper making have presented several challenges from headbox to reel. Here we introduced new OptiConcept. This New Concept will give the paper industry great economic benefits in many paper machines in the new century.

1. はじめに

製紙事業での競争力を改善しかつ維持するために、新技術を使って機械装置を更新していくことは不可欠のことである。新技術は常に速いペースで生産性の改善を進め、同時に紙品質を向上させ、紙品種開発についての新しい可能性を与えている。

ここで上質紙（上質コート原紙を含む）の生産性に注目してみると、表1に示すようにバルメット社製ペーパーマシンによる生産能力は340,000~360,000 ton/年のレベルに達している。

また年間平均最高速度を表2に、24時間運転の最高速度を表3に示す。

今後の生産量の伸びを大型抄紙機による過去9年のデータを元に単純に予測すると、図1に示すごとく上質紙においても近い将来には設計速度2,000 m/minを要求されることは疑いがないといえる。

この度は、上記のように2000年以降の最初の10年の製紙産業の顧客のニーズに焦点を合わせ開発されてきたOptiConceptのうち、特に要求紙品質及び高速走行性において飛躍を必要とされるであろうウェットエンドについて紹介する。

2. 抄速2,000 m/minへの挑戦

2.1 1997年におけるウェットエンドコンセプト (設計速度1,600 m/min)

前項で紹介した実機の実績をバルメット社が保持しているのは、上質紙抄造に対してのSpeed Fomer HHS ギャップフォーマと3番プレスにシュープレスを配置したSymPress II+3Bのおかげである(図2)。

このコンセプトにおいても上質紙（上質コート原紙を含む）に要求される次の紙品質・性能は満足するものであった。

- 比較的低いMD/CD比 (min. 2.0程度)
- 良い地合、地合とMD/CD比の妥協のないJ/W

*平成10年度年次大会講演（講演No. A 13）

表 1 大型抄紙機による上質紙の年間生産量

上質紙 工場 マシン No.	リール上紙幅 (mm)	設計速度/運転速度 (m/min)	設計生産量 (t/year)	平均生産量 (t/year)
BoiseJackson PM 3	8,870	1,370/1,200	330,000	350,000
Hawoovillo PM 2	8,000	1,370/	300,000	
Riau Andalan PM 1	8,520	1,500/	350,000	
Oulu PM 7	8,250	1,600/1,300	360,000	360,000
Kirkniemi PM 3	8,330	1,500/1,300	340,000	350,000
Nordland PM 4	9,260	1,400/1,200	300,000	330,000

表 2 上質紙マシンの年間平均運転速度トップ5

	平均秒速 m/min
1 Hankuk PM 2	1,260
2 Oulu PM 7*	1,209
3 Nordland Papier PM 4	1,174
4 Nordland Papier PM 3	1,125
5 Soporcel PM 1	1,125

表 3 上質紙マシンの最高運転速度 (24 時間記録)

	m/min	fpm
・ Hankuk PM 2	1,405	4,610
・ Speed Former MB		
・ EFP Oulu PM 7	1,330	4,364
・ Speed Former MB		

比の決定

- 低いプリスタリング傾向(適切なスコットボンド)
- 平滑な紙の表面性

2.2 OptiConcept (オプティコンセプト) ウェットエンド (設計速度 2,000 m/min)

高生産性を目標とした 2000 m/min の運転速度を実現するためには、次のような課題を克服する必要があるが、バルメット社では抄造品種を限定せず世界の最も効率の良いペーパーマシンから得られた実経験と、さらに新技術をも投入し OptiConcept を完成させた(図3)。

(1) 克服すべき課題

- より効率的な脱水
- より均一な紙品質
- 高速通紙
- 短いダウンタイム (メンテナンス, 洗浄他)
- より均一な幅方向プロファイル
- 効果的な紙匹のサポート

図 1 上質紙用抄紙機の生産性展望

図 2 Speed Former HHSギャップフォーマと SymPress II+3 B (3P=SymBelt シュープレス)

- 洗浄された制御システム
- より剛性の高い構造 (耐振動)

(2) 構 成

OptiConcept (オプティコンセプト) ウェットエンドは次の各パートにより構成される。

- ①ヘッドボックス：OptiFlow (ディリューション方式, ペーン付きヘッドボックス)
- ②ワイヤセクション：OptiFormer (バーチカル型ギャップフォーマ)
- ③プレスセクション：OptiPress (ノーオープンドロー, タンデムシュープレス方式)

次項より各パートについて、要求される品質・性能

図3 OptiConcept (オプティコンセプト) ウェットエンド

及び上記克服課題に触れながら説明をする。

3. ヘッドボックス：OptiFlow

3.1 オプティフロー

抄速と効率の増大及び紙品質の向上においては、ヘッドボックスも重要な役割を持つ。走行性は抄速と効率に密接な関係があるが、坪量分布の均一性と繊維配向性などの紙の構造的特性とも緊密なつながりがある。紙層構造の均一性を改善することによって走行性はよくなる。スライスジェット特性の見地からは、注意深く設計されたタービュランス特性が重要であり、流れへの外乱の除去を必要とする。

高抄速への適用は、ヘッドボックスがいかに大型なものであれ、高精度なノズルである事を考慮する必要がある。ヘッドボックス内の圧力はジェット速度の二乗に比例する。これはヘッドボックスの剛性と精度に対する考慮が抄速増加とともに、益々大きくなっていくことを意味する。

OptiFlo は、製紙メーカのニーズに答える為の、ヘッドボックスが必要とする高品質、高性能等のあらゆる物を兼備している。そして、抄速 2,000 m/min 以上で均一で制御可能な品質を生産できるように開発された(図4)。

以下に紹介する性能と機能は従来のシムフローヘッドボックスでも得られていたものであるが、改めて紹介する。

3.2 均一な幅方向プロファイル

紙層構造が均一で有ることは製紙メーカにとって、利益を追求する上では重要な要素である。走行性と高抄速運転の可能性も紙品質均一性に左右される。

OptiFlo の安定した流れ特性と最新の希釈式坪量制御により、幅方向絶対坪量プロファイルの均一性をもたらす(図5)。

図4 オプティフロー ヘッドボックス

図5 余剰変動のないCDプロファイル

3.3 フラットな繊維配向角プロファイル

希釈制御の利点としては、狭い帯域での高感度の坪量制御と正確で完全に独立した繊維配向性制御とが含まれる。繊維配向異方性と配向軸のずれ角度プロファイルが紙の強度と収縮挙動を決定する。調整可能なエッジフィードとスライスプロファイリング使用も含む繊維配向プロファイル自動制御装置はOptiFloヘッドボックス上で完全に繊維配向角プロファイルを制御することができる(図6, 7)。

図6 繊維配向角プロファイルに影響しない坪料プロファイル制御

図7 エッジフローによる均一な繊維配向角プロファイル

3.4 タービュランスレベルの調整

シートの異方性レベルに影響する因子として、せん断力（ラッシュ/ドラッグ）及びヘッドボックス乱流がある。乱流が強くなると異方性レベルは低くなる。抄速の増加、スライス流量の増加に伴って、ヘッドボックス乱流の影響は大きくなる。

ヘッドボックス内の乱流レベルはスライスチャンバのベーンによりコントロールされる。ベーンは乱流のスケールを制限するが、スライスジェット内の乱流強度を大きくする。ベーンの乱流制御因子はその長さやチップ形状である。タービュランス特性を制御可能にすることによって、様々な品種の紙を、地合を損なう事なく、要求に合った配向性レベルに調整することができる（図8, 9）。

タービュランスレベルを大きくすることにより、従来ギャップフォーマで達成が困難であった比較的低い（2.0程度）縦横比（MD/CD比）を達成することができている。

4. ワイヤセクション：OptiFormer

4.1 オプティフォーマ

従来は上質紙・上質塗工原紙用に水平型タイプのSpeed Former HHSギャップフォーマを用いてきた。この度、高速運転性、水の取り扱い性等に優れたバッチカルタイプのギャップフォーマにMBロー

OptiFlo

図8 タービュランスレベルを調整可能にしたベーン

図9 タービュランスレベルの調整により繊維配向性（縦横比）も調整可能

OptiFormer

図10 ローディングブレード付き OptiFormer

ディングユニットを適用したOptiFormerの開発が完了した。このOptiFormerは2,000 m/min以上での高速抄造を前提に設計が進められた（図10）。

地合形成に重要な初期脱水ゾーン（図11）は、ロール&ブレードフォーマの特徴である大径のフォーミングロールとブレードユニットであるMBローディング方式を採用し、低リテンションや操業の敏感性の問題を伴うことなく、ブレードフォーマと同様の地合をつくりだしている。

紙層構造を最適化するためには、最終用途で要求さ

図 11 OptiFormer のフォーミングゾーン

図 12 OptiFormer 後のドライネスパイロットテスト結果 (新聞用紙)

れる紙品質特性の最良の組合せを得ることである。フォーマは、特に初期脱水ゾーンは、ここで一部の表面特性と大部分のZ方向特性が確定するので、紙の構造を調整するための抄紙機で最も重要なセクションである。

6～8%から最終ドライネスまでのドライネスの上昇は高抱き角度サクシオンロールとハイバキュームサクシオンボックスによって行なわれる。ハイバキュームサクシオンボックスはサクシオンロールより効果的に最終ドライネスを向上させる。

パイロットマシンでは速度が2,000 m/minを超えても、増速によるフォーマ後のドライネスの低下はわずかである (図12)。

高速での振動の増加を避けるために、OptiFormerはフレームを低くした設計になっている。重量のあるサクシオンロールは、以前のバチカルギャップフォーマより低い位置に設置できる。このように、フレーム構造はCD及びMD方向の振動に対してきわめて頑丈なものになっている。OptiFormerは、サクシオンロールの数を少なくし密閉度を高めたフレームレイアウトにしてあるので、以前のモデルより騒音は少ない。

4.2 上質紙・上質塗工原紙による品質要求

- (1) 表面及びZ方向の微細繊維と填料の分布
インターナルボンド

図 13 Z方向の微細繊維・填料分布の調整が可能

コピー用紙の場合、ダストトラブルを抑えるための表面の填料含有量の抑制、インクジェット印刷用紙の場合の、インキ保持性を良くするための表面への填料の集中等(U字型プロファイル)、紙の最終用途によってZ方向の分布が異なる。これらにはローディングブレードユニットの加圧力、真空度の調整によりパルス脱水の強さを変えて対応が可能である (図13)。

塗工用原紙の場合は、平滑な塗工表面がえられるよう表面平滑性のすぐれた原紙にする必要があるが、内部結合強さを求められること、枚葉印刷向けに生産される場合に紙の寸法安定性をよくするための引張強さのMD/CD比を小さくする必要があることを考慮し初期脱水方法全体を最適化する (微細繊維及び填料の分布を最適化する) 必要がある。

(2) 繊維配向角と配向強さのZ方向分布

コピー用紙や上質コート紙で枚葉印刷向けの場合のそれぞれの印刷工程での走行性を良くするためには、寸法安定性を良くし横方向の高剛度を得るために、MD/CD比を約2.0～2.5とやや小さくする必要があり、またカールを最小限にする必要がある。ハイタービュランスヘッドボックス及びローディングブレードユニットの採用により、従来のギャップフォーマでは達成困難であった比較的低いMD/CD比を得られるようになった。

ロール/ブレードフォーマによる紙層構造はZ方向に対称的であるため、他の型のフォーマよりもはるかに良好なカールコントロールが可能である。ロール/ブレードフォーマによる紙は広範囲のJ/W比において構造カール (繊維配向性の両面性) がほとんどない。この特性はフォーミングロールによる脱水とせん断力の対称性に由来する。そのためロール/ブレードフォーマでは、カール問題を起こすことなく、地合、繊維配向とそのプロファイルを最適化することが可能である (図14)。

5. プレスセクション: OptiPress

5.1 オプティプレス

印刷筆記用紙用抄紙機へのシュープレスの導入は生産性を大きく改善したが、プレスセクションは依然としてペーパーマシンの運転速度 (生産性) を制限して

図 14 J/W 比の影響

図 15 センターロール剥離による速度制限

いる。それは、プレスセクションにおけるセンターロールからのシート剥離であり、そこでの紙匹のドライネスレベルが低いにもかかわらず、張力レベルが非常に高いことによる断紙である（図 15）。

その他プレスセクション増速の制限要因を考慮し、クロズドローコンセプトである OptiPress（図 16）を開発し、運転速度 2,000 m/min 以上が可能になった。

この OptiPress の特徴を次に示す。

- オープンドローがない（最小限のドロでよい）
- スムーズロールに対する加圧がない（紙匹のセンターロール剥離がない）
- プレスセクションでのテール通紙が不要（ピックアップロールによる全幅通紙）

図 16 OptiPress（タンデムシュープレスタイプ）

- ニップ数が少ない、またサクションロールへのニップがない（振動が少ない）
- 重量ロールの設置位置が低い（フレームの剛性が高い）
- 設計がシンプルである（メンテナンス、フェルト替えが容易）
- 紙匹の両面性が良い

基本的にはニップは、2つのシュープレスと4枚のフェルトで構成されるが、軽坪量用として1番プレスを2本のシム ZS ロールで構成し2番ボトムフェルトに TransBelt を採用する方式もある。

5.2 ドライネスと紙匹の両面性

OptiPress の初号機はコピー用紙を生産しているマシンにて既に稼働を始めているが、そのマシンでのプレス後ドライネスの実績は実に 50% 以上にも達している。新聞用紙のパイロットテスト例ではあるが抄速とドライネスの関係を図 17 に示す。この場合はシュープレスでの脱水能力が最高抄速でもまだ限界に達していないことを示している。

従来のプレスと OptiPress の脱水シーケンスを図 18 に示す。4枚のフェルトを使用した場合には、ほとんど両面性の無い紙が生産されることが解る。

表面粗さの両面性についての比較を図 19 に示す。

プレス後ドライネス [%]

図 17 プレス後ドライネス（新聞用紙）

図 18 OptiPress の脱水シーケンス

図 19 表面粗さの両面性比較

6. ま と め

OptiFlo, OptiFomer, OptiPressとも抄速 2,000 m/min 以上で、安定し優れた品質で各種の紙に対応したペーパーマシンコンセプトとして開発された。CD 絶乾坪量の均一性と優れた繊維配向制御を可能とした OptiFlo, すぐれた紙質を保証し抄速 2,000 m/min 以上で十分な脱水能力を確保しているロール&ブレードギャップフォーマである OptiFomer, 最高のドライネスで良好な紙品質を生みだし抄速の限界がない OptiPress のいずれも工業デザインの基本を十分に応用し

ており、ユーザにとって使いやすい保守しやすい新たな標準となる。

OptiConcept の考え方はここで紹介されたウエットエンドだけでなくドライエンドにも適用されているし、ペーパーマシン、周辺装置さらにはマシン室全体の制御装置にまでおよぶ。最小のコスト水準でのすぐれた生産性を目指して最適化された OptiConcept は、21 世紀には多くのペーパーマシンで製紙業界に大きな経済的利益をもたらすと確信する。

カチオン性ロジン系エマルジョンサイズ剤の擬似中性域における効果

ミサワセラミックス株式会社 化成品事業部技術部 渡辺政勝, 松島邦彦, 千明史枝

近年の内添サイズ剤は、抄造系のサイズ性阻害要因の影響を受けにくいエマルジョン型ロジンサイズ剤が主流である。内添サイズ剤の阻害要因とは、故紙の再利用による混入物質、クローズド化された m/c の白水、原料パルプ等に由来するアニオントラッシュである。また、紙質の向上や中性化に伴い、硫酸アルミニウム（アラム）の減量や填料として炭酸カルシウムの使用などにより、定着とサイズ発現にアラムを必要とするロジン系のサイズ剤にとって更に効きにくい状況となってきた。このようにアラムは添加されているが抄造 pH が中性域まで達した系を擬似中性域と呼んでいる。既存のロジンエマルジョンサイズ剤は、サイズ成分がロジンであるため、また、イオン性がアニオン性であるため、そのサイズ発現と定着にはアラムが不可欠であり、アラムへの依存性が高い。よって、擬似中性域でその効果は不足とされ、これに代わるサイズ剤が要望されている。

この擬似中性域に対応するために、サイズ剤成分に石油樹脂をロジンに併用することでアラム依存性を少なくし、乳化分散剤のカチオン化によりエマルジョンサイズ剤をカチオン性として自己定着性を付与させた。これは、擬似中性域でサイズ発現と定着性に優れた新たなエマルジョンサイズ剤である。

(本文 17 ページ)

上質紙用最新高速抄紙機のウェットエンドコンセプト — オプティ・コンセプト —

住友重機械工業株式会社 機械事業本部製紙工作機械事業センター 畑野 泰宏

製紙事業での競争力を改善し維持するために、最新技術を使って機械装置を更新していくことは不可欠のことである。新技術は常に速いペースで生産性の改善を進め、同時に紙品質を向上させ、紙品種開発についての新しい可能性を与えている。この度、抄速 2,000 m/min 以上で運転可能な上質抄紙機の新コンセプト（オプティコンセプト）を完成させた。このコンセプトを開発するに特に注力したことは、①均一な幅方向プロファイル、②均一な紙品質、③効率的な脱水、④効果的な紙匹のサポート、⑤高速通紙、⑥メンテナンスを短く、⑦剛性の高い構造、⑧洗練された制御、である。今回は紙品質に重要な役割を果たすウェットエンドに焦点をあて、CD 絶乾坪量の均一性と優れた繊維配向制御を可能とした OptiFlo、優れた紙質で高速で十分な脱水能力を確保した OptiFormer、最高のドライネスで良好な紙品質を生み出し抄速の限界がない OptiPress を紹介する。

いづれも最新技術と工業デザインを取り入れ、高い生産性を目指して最適化された機械である。

(本文 24 ページ)

最近の紙パルププラントにおける交流電動機について

株式会社東芝 産業電機システム技術部 湯浅 理之
電動機部 柄沢 一成

紙パルプ工場で使用されるエネルギー源としては、動力として使用するエネルギーが極めて高い比率を