システマティックアプローチ・ヤヌス MK 2

株式会社アイ・エイチ・アイフォイトペーパーテクノロジー 安 藤 英 次

Systematic Approach Janus MK 2

Eiji Ando

Engineering Dept. Voith IHI Paper technology co., Ltd.

The supercalender is the reigning device to produce high quality paper with a long tradition. Development of softcalender around 1980 represented a step forward, however, the softcalender likewise failed to meet all quality demands. In this respect the supercalender remained unchanged. In only five or six years, the Janus concept has in fact brought about a quantum leap in calender technology. This implementation has definitely derived from the new cover and material technology. This article introduce the new development via the systematic approach and how did it make up for the long stagnation in supercalender.

分類：O₂ 光沢づけ（スーパーカレンダー），M₀ マシナカレンダー

1. はじめに

スーパーカレンダは高品質カレンダリングの第一手段として数十年にわたって君臨しているが1980年代に樹脂カバー材をソフトロールとしたソフトカレンダが開発され、それ以降、主にカレンダ技術はソフトカレンダを中心に発展していった。ところが併せて品質的な限界も露呈して、両者は異なる分野、すなわち前者は効率性よりも品質重視、後者は生産性重視の分野での適用と互いの役割を担っていった。ソフトカレンダは効率、生産性向上のため、ペーパーマシンの発展と共に進歩をし続け、一方スーパーカレンダは上記の理由から高品質紙のためにコットンロールが使用され続け、カレンダリングプロセスに関する技術は永らく停滞することになった。1996年にヤヌスカレンダを代表とするオンライン設置の可能なマルチニップカレンダが開発されて、以来5,6年という短い期間でカレンダ技術は飛躍的に向上した。スーパーカレンダの永

い停滞からいかに技術の飛躍をなし得たか、様々な課題に対するシステマティックな対応を通してこの新しいカレンダ技術について紹介する。

2. スーパーカレンダのオンライン化

塗工紙を例にとると、軽量塗工紙から重塗工品まで主にスーパーカレンダで仕上げられている。図1は日本市場の代表的塗工紙においてスーパーカレンダによって得られる品質をヤヌスカレンダで達成した時の速度の比較を表している。このように同じ品質を倍の速度で達成できる理由は後述するが、ヤヌスカレンダがA2品質まで近年のマシン、コーターの速度に追従してオンラインで達成できるポテンシャルを持っていることがわかる。

図2はそれぞれのカレンダ後の白色度および不透明度損失の程度を表している。紙に高いカレンダプロセスを付加した場合に懸念されるこれらの問題もスーパーカレンダ品と差がないことがいえる。様々なテスト

図 1 運転速度比較：スーパーカレンダ vs ヤススカレンダ

図 2 品質比較：不透明度損失および白色度損失

結果においてヤススカレンダと従来のスーパーカレンダとの比較を表1に示す。これらの評価が欧州に於いて最初のスーパーカレンダのオンライン化、ヤスス化に結びついた。

カレンダ結果には影響因子が多数存在する。表2のごとく塗料成分やブレード、フィルム、カーテンといった塗工方法など、カレンダ以外の要素における影響も大である。これらは製造側の要求品質や生産性を考慮した様々なマシンコンセプトが存在するため、それぞれの条件に対応した柔軟なカレンダリング構成を適

用する必要がある。図3はLWC紙におけるヤススカレンダの適用ガイドラインを示す。塗工紙の場合は6段ないし10段の表裏対称ニップ構成を適用する。中間部にソフトロールによるリバースニップを用いて、接触面を反転させる。すべてのニップはリバースニップを除いて高温ニップされる。またカレンダ前で確かな表裏差が存在する場合、カレンダリング面が非対称構成の8段構成で対応する場合もある。

3. カレンダロールの開発

紙はソフトロール側でニップ押付力が制御され、加熱されたハードロール接触面がカレンダリングされる。数々のテストにおいてロール表面粗度の改善が直接紙の品質の向上に寄与するが判っており、ヤススカレンダの開発は、ロール表面の紙への転写性能向上からスタートした。紙の光沢は各ニップ通過によって維持・向上するため、金属ロールの表面は優れた平滑性が要求される。また図4の結果のごとく、金属ロール面を転写した面はリバースニップ後、ソフトロールの表面性に大きく影響を受けていることがわかる。従い両者の表面性の向上と長期間の使用に耐える耐摩耗性が必要となる。

3.1 樹脂カバー材の開発

ソフトロールに用いられる樹脂カバー材の要求され

表 1 ヤススとスーパーカレンダの比較

ヤススとスーパーカレンダの比較	
嵩 白色度 印刷適性	同等
印刷光沢 表面強度 スティッフネス モットリング	ヤススがやや優れている
面感 平面性	ヤススが極めて良好

表 2 塗料におけるカレンダ結果への影響度合い

	光沢・平滑への影響度合い	
プラスチック・ピグメント	大	ハイコスト
カオリン	中	低白色度
炭酸カルシウム	小	高白色度
タルカム・滑石粉		滑り止め
スターチ		スティッフネス増
ラテックス		透気度低下, 印刷適性低下
微粉碎化	小	被覆性良, ハイコスト
重塗工	中	コスト大

図 3 ヤスス MK 2 と適用ガイドライン (LWC 紙)

図 4 ロール表面粗度とグロスの違い

図 5 各種カバー材の発熱性

るのは次の 2 点である。

- ・高温・高ニップ条件に対応しうる耐力
- ・高速・高ニップ下での長期表面性の維持

このマルチニップカレンダ導入当初、樹脂カバー材に関する問題も多く、これらの苦い経験を分析し、カバー材の改良に努めてきた。問題の根源は樹脂ロール内部に残留する自己発熱と局部的オーバーロードであり、樹脂カバー自身の自己発熱と減衰特性を適正化し、

適切な充填剤の選定と製造法の改良により熱放散と局部的オーバーロードに対応した (図 5)。また運転時のロール温度制御と昇温までの適正化によりロール自身の幾何学的かつ温度安定性を向上させることが不可欠である。

3.1.1 繊維強化式樹脂カバー

当社の樹脂カバー材は繊維強化を施した多層巻回式の製造方法を採用している。理由は図 6 のごとく樹脂

各層の機能

■ Top Layer: トップ層

- smooth surface 表面平滑性
- marking resistance 耐マーキング性
- formation of nip ニップ形成
- wear resistance 耐摩耗性

■ Base Layer: ベース層

- Impact resistance 耐衝撃性
- balance between physical properties of metal core and resin dominated top layer 鉄心の物性と樹脂主体のトップ層を平衡させる

■ Adhesion Layer: 接着層

- balance of strain between metal core and base layer

鉄心とベース層間のひずみを平衡させる

図 6 繊維強化式樹脂カバーの機能

図 7 繊維強化によるクラック伝達の抑制

カバー材に要求される特性を各層に分担させることにある。また優れた耐クラック性をもつ。図7のごとく強化繊維が不慮の事故によるロールクラックの進行を最小限にとどめる。

カバー材の硬度はカレンダー結果と密接な関係をもつため、当社では2種類のカバー材を用意した（高硬度のサフィア S および中硬度のルビン G）。例えば塗工紙に於いては硬いフィラー（充填材）はカラー被覆面を貫いて光沢に影響がでるため、フィラーは優れた均一分布性と微細化が要求される。同時に耐摩耗性や生産性を考えると硬いフィラーが必要で、図8に当社の代表的カバー材による塗工品質の影響度合いを付した。一般的には柔らかい樹脂カバー材が光沢において有利であるが、高光沢に必要な高いカレンダー条件ではカバー材の使用限界に達するため、硬い樹脂材を選択する

図 8 上質コート紙におけるカバー材の影響

必要がでくる。いずれにしても万能なカバー材はまだ開発されておらず、生産品種それぞれの作業条件に適した樹脂カバー材の選択が必要となる。

3.1.2 バーリング対策

マルチニップカレンダーにおいてロールのバーリングによる振動は機械に与える悪影響のみならず、製品への深刻な影響を及ぼす。従来のスーパーカレンダーではコットンロールの交換周期が短かったため大きな問題とならなかったが、近年の樹脂ロールは再研磨までの周期が延びた関係でクローズアップされてきた。耐久性のある樹脂カバーロールを高速、高ニップで使用するヤススでは特に問題視すべき点である。紙および各ロールの弾性変形のため、ロール精度を上げてこのバーリングを完全に取り除くことはできない。しかしソフトロールの改良と機械的な配置の適正化により、バーリングの発生を最小にすることができるようになった。繊維強化式の樹脂ロールはこのバーリング耐性に於いても有利である。

3.1.3 研磨周期

現在の樹脂カバー材は1,000時間以上の耐久性を得ることができる。しかしながら、表面精度が低下すると必要なニップ圧を増す必要があり、一定の表面粗度の範囲で使用されるべきである。現在の耐ニップ圧はおよそ400から450 N/mmであるが、将来的にはより高い耐力を得ることができると予想される。

3.2 ヒートロールの開発

3.2.1 優れた表面粗度を長期に維持する

図9は一般的なチルドロールのロール表面粗度の拡大写真である。周知のごとくセメントタイトとパーライトのマトリックスで構成される白チル部は耐摩耗性に劣るパーライト部が選択的に摩耗し（肌荒れ）表面粗度の低下が著しいのがわかる。この表面粗度の改善に従来よりクロムメッキが施されてきた。しかしながら、

Magnification 1000 : 1

Magnification 200 : 1

Different areas

Ra = 0,27 μm

図 9 チルドロール表面の変化 (10 ヶ月使用)

Different areas, magnification 1000:1

Ra = 0,2 μm

図 11 溶射被覆表面の変化 (10 ヶ月使用)

Magnification 200 : 1

Ra = 0,158 μm

図 10 クロムメッキ表面の変化 (約 1 ヶ月使用)

オンライン運転に必要な不可欠なドクタリングに攻撃を受けやすく図 10 のようなスクラッチ傷を発生し易い。図 11 はヤススのヒートロールに採用している HVOF (爆発溶射法) によるタングステンカーバイド被覆である。クロムメッキロールとタングステン溶射ロールでは同一粗度において達成品質に差はない。ここでの課題はいかに研磨初期の表面粗度を長期間維持できる

で、独自の溶射パウダー配合と適正化により、優れた表面性の長期持続を達成した。

4. 高速化対策

4.1 通紙方法

マルチニップカレンダをペーパーマシンに集約するために非常に重要な点は通紙方法である。高速かつカレンダ内での長いジグザグな流れは紙に特別の張力が必要とする。精力的な研究開発の結果、バキュームベルトとロープの適切な組み合わせによりテールのストレスを最小にすることに成功した。ヤススカレンダは新しい 45 度傾斜配置により図 12 のようにパスラインのムリ・無駄を軽減し、紙に余分なストレスをかけることなく最初のニップに搬送することができる。

4.2 高剛性・耐振構造フレームの採用

高速化に対する制振設計は重要なテーマである。フレームの耐振設計はフレームの固有振動数を起振源となりうるロールの使用速度範囲から外すことにあるが、従来の長身型のフレームでは、固有振動数を運転帯域外にはずすことが難しかった。45 度傾斜型のフレームの採用は、拘束条件を 2 面で受け止める橋脚型の構造で、同クラスの垂直型配置と比べて 5 倍以上の高い固有振動数のシフトを達成し、来るべき 2,000 m/min

図 12 通紙方法改善とウェブへの負担軽減

図 13 フレーム耐振性能の向上

の操業速度に対応する。45 度配置は各ロールの重量成分の一部をフレームが受け止めるためニップ時のロール挙動が安定する。またマスマーメントに影響する重心点が低くなり、振幅量を低減、振動の減少とロールのバーリング減少に寄与する（図 13）。

4.3 ニッププロテクトシステム

高速化は同時に紙切れの危険性が増す。断紙によって紙がロールに巻き付くことによるロールの損傷を防ぐために、各ニップは瞬時に開放しなければならない。従来の方式ではロール自身の自重落下のみを利用して、各ロールの落下速度は同じで上段から下段に向かって順次開放していった。摩擦力の低減には限界があるため、最下段のニップを開放するまで確かな時間が必要で、主に下部に於いて紙の巻き付きというトラ

ブルを引き起こしている。また自由落下後、機械的保持部に到達（衝突）する時にロールが激しいバウンスングを起こす。ドクターリングを行っていた場合は、ドクターブレードの接触不良がおり、紙の巻き込みを誘発して、樹脂ロールの損傷を引き起こしていた。ヤヌスが新たに採用したシステムは全段の同時開放を特長としている。これは図 14 に示すように特殊な補正シリンドラを用いてロール開放速度の調整を行っている。紙切れ時、全ロールが同時に急速開放し緩やかに減速（ソフトランディング）が行われるため、ドクターブレードの接触は保持されかつ衝突によるロールへの負担を軽減することができる。

4.4 駆動容量の低減化

ヤヌスはトップおよびボトムにはクラウンコントロール・ロールを使用する。このロールはシェル内部にハイドロスタティック圧を発生させてシェルの矯正を行うわけだが、ロールの内部は回収を待つリークした油が充満しており、運転時の大きな抵抗となる、当社が採用するニップコロールは図 15 のようなスクーピング装置を設けて、リーク油を瞬時に回収し、高速域における駆動容量を従来比の 50% 近い低減を達成している。

図 14 ニッププロテクトシステム

図 15 ニブコロール駆動馬力の低減化

5. 運転効率・作業性の改善

オンライン化において生産性を妨げない信頼性とトラブル時に早く復旧できるかは主要なテーマである。ヤスス機は作業性および安全性の面で次のような改善を図った。

5.1 ロール交換時間の短縮

スーパーカレンダーにおいてダウンタイムの多くは弾

性ロールの交換に当てられていた。ヤスス機に於いても平均 1,000 時間毎の樹脂ロール交換といった作業が必要で、多大な時間と労力を要する作業となる。ヤスス MK 2 では図 16 のようにハウジングをクレーン下まで引き出す装置を備えており、交換作業の安全が保たれかつ短縮が図られている。

5.2 メンテナンス性の向上

機械の大型化に伴ってロールが大径化すると作業場

図 16 ロール交換の容易化と時間短縮

所から重要な部品類（ヒートロール、ドクター、スチームボックスなど）へのアクセスが困難になる。45度傾斜は各部品へのアクセスが容易で、必要な場所への足場はすべて確保している。

6. 最 後 に

1996年にヨーロッパから始まったこの新しいマルチニップカレンダーのオンライン化、また既設スーパーカレンダーのヤスス化は現在までに30台近くに及んで

いる。特にここ数年はオンラインカレンダーの比率が増えている。この実績からも明らかなようにオンラインカレンダーの導入が単なるトレンドとして終わることなく、今後のカレンダー技術のマイルストーンとなると確信している。

当社および独フォイト社は今後とも客先殿との密接な情報交換を通じてさらなるカレンダーの改良に努めていく所存である。