◆◆◆製品説明◆◆◆

フルシンクロ大判カッター

ヒロマチックロイツェ(株)技術開発部 ヨルグ ロメル

(訳) (株)丸石製作所 石川 真

Fully Synchronized Folio Sheeter

Joerg Rommel

Development & Engineering, Bielomatik Leuze GmbH

1. 緒 論

近年、特に先進工業諸国において紙の仕上げ部門の重要度が高まってきている。

その主な理由としては、全体的に紙の消費量が增大していることと、特にコーテッドペーパーを中心とする断裁シート製品の比率が拡大していることが挙げられる。

紙、板紙、厚紙、段ボールなどの印刷用紙や包装材の連続断裁生産のために、紙をナイフで切るという従来からの方法が今日でも広く用いられている。

ダンボール紙業界では高圧ウォータージェットによる特殊断裁工程が取り入れられるようになってきており、またレーザーを利用した断裁方法も実用化に向けて研究が進められているが、今回はこれらの先端技術については触れないこととする。

これらの特殊断裁方法では、従来の断裁方法につきものの紙粉の発生や刃先の磨耗などの大きな欠点こそないものの、代わりにさまざまな問題点があることが指摘されている。

またこれらの特殊断裁方法は設備投資費が比較的高くつくので、今後広く採用されるようになるとは考えにくい。

紙および板紙の断裁方法として伝統的に用いられている方法は、回転刃1枚によるものと2枚によるものの二通りに分けることができる。

回転刃1枚システムでは回転刃に固定刃を押しつけて切ることとなるが、回転刃と固定刃の素材としてはさまざまなものが用いられている。

原則的には回転刃2枚型カッティングの方がカッティング特性が良く、特に同時に何枚かの紙又は板紙用の断裁をする場合にはそうであると言える。最新の精密クロスカッターでは8枚(約600 g/m²)までのカッティングができる。

回転刃1枚型カッティング又は2枚刃型カッティングでもナイフの磨耗が最大の弱点であり、ナイフが磨耗するとやがてはカッティング特性が落ちてくるが、紙粉が発生して印刷工程に悪影響が及ぶ恐れもある。

今日、30~450 g/m²の高級紙又は高級板紙用の最新型のクロスカッターでは、最大350 m/分の速度で8枚までの断裁を行い、ギロチン断裁機での仕上げは不要で、流れ寸法誤差は±0.5 mm、スリット幅は±0.2 mm、角度誤差は0.2 mm/m以下という設計になっている。

このような優れた特性は、いわゆるフルシンクロ・クロスカッターの採用により可能となるもので、このクロスカッターではクロスカッティングの間は2枚の回転刃が紙の動きと完全に同期するような仕組みになっている。

フルシンクロと一口に言ってもその実現は容易ではないが、以下に詳しく説明するようなシステムを取り入れることにより可能となる。

クロスカッターはその前段の抄紙機、塗工機などとは異なり、さまざまなステーションで断続的に操業しなければならない。その上、8枚までの異なった性格の原紙を正確にガイディング、スリッティングして毎秒最高7.5回までカッティングし、更にオーバーラップとスタッキングをして350 m/分の速度で処理するという高度

の性能が要求される。また、必要に応じて不良品を選別してハネる作業も行わなければならない。

生産量の増大を目指す際に運転特性、カッティング特性、マーキングだけでなく、電気部品や空圧部品のコントロールに関する力学までもが制限要因となる。

最終的に客先がどのような仕様のクロスカッターを購入されるかは、主として製品の種類と機械の性能、品質、運転性、後続工程によって決まる。

スタンダードの大量生産品でなく、高級・高価格紙の処理を主とする製紙工場では、無駄のないスタックチェンジシステムを導入されることと思われる。

生産性の向上と切り替え時間の短縮、高度の信頼性と性能、そして保守・点検の容易さが特に要求される。

2. クロスカッターの概要

どのような装置を選定したとしても、クロスカッターは連続運転しなければならないので、次のような装置が通常必要となる。

- ①紙の張りを精密に調整するためのコントローラとブレーキシステムを装備した、一つ又は複数のアンワインダー
- ②エッジガイダー
- ③1～5枚のナイフの付いたスリッター
- ④システムの心臓部としてのクロスカッター
- ⑤シートを正確に減速できるオーバーラップ・ステーションの付いたシート搬送システム
- ⑥1～3段までのシート積取設備

基本的にはクロスカッターは、各種の補助装置を併用するとともに部分的又は全面的に自動化を取り入れることにより、ほとんど全ての紙製品に対して、また客先のいかなる注文に対しても対応できるようになっている。

スプライサー、カッティング、スタッカーの排出を含むライン一式は工場のCPUにつながっているので完全にモニターでき、処理、生産、停止のコントロールができるだけでなく、停止の原因も自動的に分るようになっている（トラブル時の自己診断機能）。

2.1 巻き戻し

巻き戻しには基本的に以下のような事項が必要となる

- ①リールの径、素材、速度、速度変化の如何を問わず、滑らかに安定した巻き戻しが行われること。
- ②紙の張りが安定していること。
- ③紙を水平方向に調整するための装置があること。

3段スタッカー ダブルオーバーラップ式

2段スタッカー ダブルオーバーラップ式

④リール交換のための運転停止がごく短時間で済み、できれば自動スプライスが可能であること。

ロールの巻きが良くないとスムーズでミスのない巻き戻しは期待できない。ロールの真円度は効率の良い巻き戻しに欠かせないポイントである。

ロールの幾何学的な真円度が良くないと紙の張りが不安定になる。低速ではまだしも、高速では自動的な張りの調整が利かなくなって流れ寸法にバラツキが出、紙が薄い場合に紙切れが起きる恐れもある。

紙には内部テンションに部分的なバラツキがあり、このバラツキを巻き戻しの際に自動でコントロールしないとクロスカッターの流れ寸法が不安定になる。

クロスカッターの運転速度の変化に伴って紙の張りも変化するので、この意味からも自動テンション・コントロール装置が必要となる。

以上のような紙の特性より紙のテンションの上限が決まり、また紙の幅はカッティング・フォーマットによって様ではないので、広い範囲に渡って紙の張りを正確にコントロールする必要がある。

紙の張りはディスク・ブレーキでコントロールするのが最も良いが、この場合は必要な制動トルクはチャックを介してリールのコアに伝えられる。

最高6枚までのエア式ツインブレーキパッドをディスクに押しつけて制動する最新型のディスク・ブレーキは、ブレーキ・パッドの調整によって必要なトルク変更を達成するに最適の装置と言える。

PCコントローラを使って必要なブレーキ・パッドの数を瞬時に決定できるので、このブレーキシシステムはいつも理想的な状態で機能することとなる。多少の例外はあるものの、昨今ではエア式（エア/メカニカル式）コアチャックで操作するシャフトレス・リール取付けが一般的となっている。

近年、水平1列式アンリールスタンドが多く使用され、ロール替えの際のダウンタイムを最小にすると共に容易なスタートアップが可能となっている。

2.2 紙の自動ガイダー

トリム処理工程なしでも耳処理を行った場合と同等の品質を達成するためには、高性能自動ガイダーが必要となる。精度としては $\pm 0.2\text{ mm}$ を提供できる。

簡単に行うにはリールを油圧、又は電氣的にガイド、コントロールすればよいが、これが出来るのは巻き戻しの長さが比較的短い場合に限られる。

スリッターの前に平行ローラー式自動ガイダーシステムを装備すれば、個々の紙の不揃いを修正でき、紙の端面を所定の位置に戻すことが可能となる。

平行ローラー組み入れ式では単数または複数のロールシステムによる構成となっており、個々の紙について調整できるようにフレームに取り付けられているので、紙の流れを理論上のセンターラインに合わせて修正することが可能となっている。

2.3 スリッティング

最近の高速クロスカッターでは、そのほとんどが紙をいくつかの流れにスリットするためのステーションを設けるようになっている。良好なスリッティングとするためには、機械の振動、バックラッシュを最小にする必要がある。またエアーカットを防ぐため、ボトムナイフは「お碗型」を使用する。

また、通常のカッティング速度でシャープな切り口としなければならないので、2枚刃カッティングシステム以外は用いられない。

紙質によってはクロスカッティングに劣らないスリッティングが可能な場合もあるが、特に坪量の大きい板紙などの場合は無理であるので、スリッティング・ナイフの負荷を軽減させる必要がある。

ツイン・スリッターと呼ばれるこのステーションでは、2つのスリッティング・ステーションが互いに配置されていて、カッティング作業を半分ずつ分担するようになっている。

この仕組みでは、紙がいったん分離して再び合体するプロセスを、いかにタイミングよく行うかがポイントとなる。

2.4 カッティング・ユニット

フルシンクロ・クロスカッターを用いればほぼ完璧に近いカッティングができるが、それでも多少の妥協は必要となる。

フルシンクロ・クロスカッターでは、回転式のトップナイフとボトムナイフが付いているが、通常のシンク

ロ・クロスカッターの場合と同じく、カッティング時にはナイフは紙の全体に対して紙の速度と同期（シンクロ）しなければならない。このような要件を満たすためには、取り得る手段としては2通りしかない。

カット長が750 mmを除いてはロータリーナイフの回転は同周速ではなく、加・減速を繰り返す。このことは断裁中のみ紙のスピードとシンクロをするためである。また、慣性力が発生するので回転体の質量はできるだけ小さくしておく必要がある。

回転を変えるにはさまざまな方法があるが、クロスカッターの場合は精密なカッティングが要求されるので、バックラッシュは出来るだけ小さくしなければならない。したがって、通常の方法でこのような要件に対応するのはかなり難しいと言わざるを得ない。

ノン・ユニフォミティー・ギヤー装置であればナイフ・ドラムの質量を最低限に抑えることが出来るので、設計的にナイフ・ドラムの加速と減速による力に集中的に取り組むことができ、カッティング・プロセスの際に流れ寸法に応じてナイフと紙の速度の同期をとることが可能となる。

この方法はメカニズムが簡単なことが特徴で、軸出力の回転運動を変えるにはダブルクランクを調整するだけでよい。均一な回転駆動速度に対する軸出力の角速度の位置と大きさを調整するには、ダブルクランクの位置を変えてやればよい。

しかしながら、カッティングの際に、このような難点のない変速を実現するには、機械的メカニズムから完全に離れてダイレクトドライブ・クロスカッターに切り換える必要がある。

ダイレクトドライブでは、モーターはナイフの両方のシャフトに直結される。機械式ドライブの場合と同じく、上下のナイフのシャフトは互いにギヤでつながっている。

ナイフのシャフトの正確な位置と速度を片方のシャフトにリンクしたパルスセネレーターが検出し、1回転あたり1万回のパルスを発する。このパルスはマイクロプロセッサに伝えられる。

ここに、ダイレクトドライブ型とメカニカル・ノンユニフォーム・ギヤー型について、ナイフのスピードカーブの比較を行ってみた。

このダイレクトドライブシステムを用いると、クロスカット全幅に渡ってウェブと同期させることが可能である（クロスカット全幅に渡りフルシンクロできる）ことが速度曲線より分る。

このことは流れ寸法が安定し、製品の直角度が良くなることを意味する。

1秒間に7.5回までナイフシャフトにブレーキをかけては、また加速することを繰り返す2つのモーターは、その所要エネルギーの全てをメインから取るのではなくてコンデンサーを介してメインとは切り離されており、

電力消費が平坦化できるようになっている。

すなわち、このコンデンサーはナイフのシャフトの減速時に充電され、加速時に放電するような仕組みとなっている。

このようにこのダイレクト・ドライブ型クロスカッターは、機械式断裁機と比べて電力消費が多少とも少なくて済む。

機械式ドライブ型に比べ、ダイレクトドライブ型はデジタル・コントロール式サーボモーターにより直接加速・減速曲線をバックラッシュなしで駆動できる。

この駆動原理では、カッティングのあとのシートの駆動もデジタルコントロール式の専用ドライブで行う設計となる。したがってシートのギャップ1と2を個々にセットでき、そのセッティングを厳密に保持することが可能となる。

2.5 オーバーラップ・ユニット

高速カッターでは、スタッキング部のフロント・ストッパー・プレートで紙が損傷するのを防ぐため、カッティングのタイプと紙質の如何を問わずカッティング後に減速しなければならない。

何枚かのシートがカッティングされている間に、それと（ほぼ）同数のシートがスタッキング・ポイントで積み重ねられて（全体として）停止状態にななければならない。このためにはシートの速度を所定の比率で減速し、個々のシートをオーバーラップさせなければならない。一般的にはオーバーラップは75～90%である。

シートにブレーキをかけるために、大判クロスカッターでは通常シートの後端を真空吸着する方式が採られている。この方式の利点は、シート後端を吸着することによって進行にブレーキがかかり、シート全体が引っ張られて平坦化効果が得られることである。

しかし、紙が何枚もある時は真空吸着方式のみでは間に合わないで、いくつかの方法を組み合わせる使用することとなる。サクシオンボックス部でカッティングに同期させてエアーを吹き込み、トップベルトを押し上げてキャッチベルトでフロントエッジにて紙の前部を押さえる。

キャッチベルトを使うと紙の前部の減速が滑らかになるが、特にコートした紙の場合はこの「V」字型を形成したキャッチベルトの上下のギャップが重要となり（マーキング）、近年開発した自動ギャップコントロールが有効であることが明らかとなっている。

2.6 スタッキング

ほとんどのクロスカッターではスタッキング・ユニットが最終ステーションとなるが、このスタッキング・ユニットではオーバーラップされたシートが搬送テープに乗って運ばれ、集積され排出となる。

シートの集積方法を大別すると次の2通りになる

①スキッドによる排出方式

②リーム排出方式

- (1) スキッド排出においては、製品または機械の仕様により1段または2段、または3段のスタッカーが選択できる。
- (2) 3段のスタッカーを使うのは、主として高級紙や高度な選別が要求される場合である。良紙のためのダブルスタッカーと、選別品専用のスタッカーを使用して、2種類の品質の集積を行うので、無駄のない生産ができる。
- (3) オーバーラッピング・トラックと標準装備のダブル・スタッカーを併用すると、フルスピード生産のままスタックを変えられるだけでなく、高性能、高精度（スピード変動なし）、および短時間のサイズ替えが可能となる。また最近の受注はほとんどがダブル・スタッカーであり2～3年で償却できる。
- (4) ダブル・オーバーラッピング付きのダブル・スタッカーは、現在では最も融通の利くスタッキング・システムとされている。オーバーラッピング・トラックを2つ使うと、オーバーラッピングの前にゲートを取り付けてギャップを設けることができ、フルスピードでの生産中でも補助機器を使わずに、しかも紙の流れを妨げることもなくスタックを変えることができ、またスキッド切り替えの際のリジェクト紙の発生がゼロと、無駄なく運転ができる。したがってスタックが安定して排出されるまでの時間に余裕ができる。スキッド上部のエアーはシリンダー式プレスで処理すればよい。
- (5) 一方、シングルスタッカーのみのカッターはパレットを交換するたびに機械を止めなければならないの

で、昨今ではほとんど使用されていない。シングルスタッカーの場合、パレット・クイックチェンジ・ユニットが装備されているのが普通である。オーバーラップの間があき、マシンスピードが約 100 m~120 m/分に下がると、フォーク上のパレットがスタッカーに自動挿入されて積み取りが行われる。この間にパレットが排出される。

しかしながら急激なスキッド切り替えには問題も多く、近年ほとんどのスタッカーがダブル・スタッカーになっている。投資金額もさほど高くない。

シングル・スタッカー式クロスカッターではスタック・チェンジに最高 3 分もかかるので、板紙用の高性能カッターではとくに効率が良くない。

ダブル・オーバーラップ、ダブル・スタッカーシステムなら、比較的短期間で償却できることを以下に例示してみよう。

日産 200 t、2 丁取りでパレットの重量が 600 kg とすると、1 日にパレット交換が 167 回となる。

通常、パレット交換の際に 5 カットリジェクトすると、1 日にシート 8,350 枚分のロスが出る。年間の作業日数が 350 日とすると、1 年でシート 2,922,500 枚分のロスとなる。

3. 高速カッターの自動化

昨今の上級紙用高速カッターではカッティング特性と精度が着実に向上しており、生産性は 200 t/24 時間にも達している。

このような性能の向上は、機械の運転速度のアップだけでなく、運転停止時間を極力抑えることにより可能となったもので、運転速度を無制限に上げる訳にはいかないのは機械の構造的な理由によるものではなく、紙の運転特性と力学的な敏感さが原因である。

新しいカッティング・フォーマットに合わせてシステムを大幅に自動化するには、製品サイズを統計的に詳細に検討してみる必要がある。たとえば 1 シフト当りのサイズ・チェンジの回数を計算してみると、連続スプライス方式がゼロ・スピード・スプライスカ、又はクイック・ロールチェンジ・アンリールのいずれが適しているか判断できる。

水平 1 列のアンリールスタンド（クイック・ロールチェンジ型）の自動チャッキングの場合でもリール・チェンジには現在でも 3 分かかるが、機械全体のサイズ替えも約 3 分あればできる。

自動クロスカッターで生産性を上げるには、最上級のロール品質で巻きの長さが揃っており、径ができるだけ大きいリールを使う必要があることは言うまでもない。

今日では、ほとんどあらゆるタイプのクロスカッターの自動化が可能となっている。

- ①運転停止時間削減のための自動ロール搬入コンベヤー、及び自動チャッキングシステム、必要に応じてターレットスプライサー、ダンサーロール式スプライサー、ゼロスピード・スプライサーが選択できる。
- ②高度に自動化されたアンリールでも不良ロールが発見された場合、直ちに個々のロールを取り除けるような設計とすることが望ましい。
- ③近年開発したハンガー式アンリールは、完全自動チャッキングが容易にでき、自動ロール搬入と組み合わせると、ロール替えのダウンタイムは 6 本ロールの場合で約 3 分（2 名）で済む。
- ④ロール搬入にあたって、自動クレーン、コンベヤー、トロリーのいずれを使って装着するかは、スペース、紙質、それに既設の搬送システムにより異なる。

フォーマット一式の変更に伴うすべての作業を自動的に行うに要する時間は、わずか 1 分にまで減らすことができる。流れ寸法、紙幅、紙のカッティング数、紙の数などのデータは機械の運転中に入力すればよく、先行オーダーが完了した時点でボタンを押せば新しいフォーマットに切り換わる。

①アンリール部

支持アームとトリムコントロールは自動的に新しいリール幅に調整され、リールは自動的に装着される。

②スリッター幅

スリッター・ステーションの個々のスリッティングナイフとトリミングナイフは自動的に新しい位置に移動する。

③クロスカッター・ステーション

機械式クロスカッターでは適切な歯車群が自動的に選択され、紙がなくても新しい流れ寸法に自動的に調

整が行われる。電気式ダイレクトドライブ・クロスカッターでは、新しいデータが計算で決まると直ちに制御回路に伝えられるので機械的な調整の必要はない。

④自動サイズ（流れ寸法）コントロール

自動流れ寸法コントロールにより、規定の許容誤差 ± 0.5 mm に適合しないシートはフルスピード運転中でも自動リジェクトされる。

⑤自動スプライステープ検出機

自動スプライス・ディテクターは紙と接触せずに機能し、不良「クリップ」はタイム・レジスターによってリジェクト・ゲートより自動的に排出される。

また、同一検出器を紙の左右にそれぞれ別途に設置することにより、不良紙の検知・リジェクトも可能となる。

シートのカウンティングユニットはリジェクト・ゲートの後、及びレイボーイ直前に設置されカウンティングを行うためスタッカーでは正確にマーキングが行われる。

⑥オーバーラップ・ステーション

オーバーラップ・ステーションも自動化が進んでいる。キャッチベルトキャリッジは、サーボモーターにより自動的に新しい流れ寸法位置に移動する。また、サクションのタイミングもシンクロする。

⑦搬出レイボーイ

完全自動クロスカッターでは、テープも含めてサイド・レイとバック・レイはすべて新しいサイズ位置に自動的に移動する。

しかしながらレイボーイの調整を完全自動化すると、装置が複雑になって多額の経費がかかることに留意したい。また内部の点検がむずかしくなるので、キズの出やすい紙や高級紙の場合に何かと困ることが出てくる恐れがある。

したがって、実際には半自動化システムに止めておくほうがベターだということになる。半自動化システムでは分離プレートとサイド・レイだけは自動的に移動するが、テープは必要に応じて手で動かすことになる。

ダブル・スタッカーの場合は各レイボーイごとにサイズ・チェンジが出来るので、このようなテープ移動に要する時間の制限はない。このように最後のシートがレイボーイに積まれている間に、次のレイボーイのサイズを新しいフォーマットに合わせて変えることができる。機械全体が新しいサイズに切り換わると、他のレイボーイが新しいサイズの製品を積層している間に残っている先行サイズのレイボーイの調整を行えばよい。

バレットの排出を自動化すると時間に手間が省けることも、ダブル・スタッカーのすぐれた点である。

ダブル・スタッカーでは、積み上げたパイルが完了してから降ろすまでに時間の余裕ができるので、この間に

積み取りに要したエアーをトップシートから逃がすことができる。

自動化装置としては、排出、パッキング、及び最終製品倉庫での自動収納、流れ寸法誤差の配分を含む製品表示リストなど、客先の要望事項を入れたラベルの予備印刷装置と計量装置も含まれる。

以上のように自動化したシステムは、現在のところトップ水準を行くものとなっている。

4. 終わりに

最近の印刷技術の長足の進歩に伴い、ユーザーからの紙に対する品質要求が特に厳しく、また、人手不足からいかに人手を省いて機械の高効率を達成するか製紙メーカーから求められる。

これらの高度な要求を十分満たしているため、近年、今までに述べたような高精度、高速のカッターとその周辺の自動化システムの納入実績が多くなってきた。また、ノーカーボン紙等特殊紙の方面にも採用されるようになった。

一方、積層排出に対して自動リーム排出カッターに自動エアー抜きステーションを設けて自動平判包装機やカートン詰め用ユニットに接続して排出する方式も注目されるようになった。(排出能力：5～5.5 サイクル／分で13台納入)

しかし、製品の質と生産性のアップを計り、また高級紙を生産するためには、必ずしも自動化を極限まで追求する必要はなく、むしろ必要な自動化の程度を慎重に見極めて、効率良い設備投資を行うことが肝心であると付言しておきたい。