多層印刷用紙の製造

住友重機械工業株式会社 北村 迪夫

Manufacture of Multilayer Printing Paper

Michio Kitamura

Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

1. はじめに

現在生産されている紙の大部分は単層で製造され、その繊維は3つの方向で殆んど同じ組成になっている。重量紙は長年にわたり多層で製造されていて、これには種々の技術が利用されてきた。

最も一般的な方法は、別々のフォーミング装置で層を形成するものであり、それらを抄き合わせてクーチで脱水される。この技術によりすべての層で混合がなく、白水は完全に分離されて全体のフォーメーションが向上されるのが有利な点である。しかし一方で断紙が多くマシン効率が低下することと、機械装置が一そう複雑になりプレスパートへの移送がかなり乾燥状態で行われるため層間結合が低くなるほかに、最も重大な短所は投資費用が高くなることである。

しかもこの技術は軽量紙および中量紙に対しては、層が薄くて湿潤状態で処理不能なため用いることはできない。

ライナーに用いられるもう一つの方法は、1層を形成しそれからセカンダリーヘッドボックスによるもう1つの層をその上部に加えることである。これで層の分離がかなり良くなり、同時に白水は比較的高度に分離できる。層間結合も全く良好であるが、トップ層の

脱水時間が長くて生産能力を低下し、また再フロックでフォーメーション不良になるのが短所であり、2層以上については適当でない。

スウェーデン、カールスタッドのバルメット-KMW AB (以前の KMW AB) は、多層紙の生産について現技術の限界と欠点を打破する方法を開発してきた。

改善された新技術は、印刷紙のような軽量紙および中量紙に対しリテンションの高い急速フォーミング法を用い、各層の混合を最少限度にするため外乱を少なくして、すべての層が同時に形成される必要がある。種々の層の繊維はまた、シートのフォーミングが始まるまで別個にしておくことが大切である。

KMW 多層ヘッドボックスと組み合わせた KMW ロール型ツインワイヤフォーマ、ペリフォーマMWは、これらの必要条件を満たしているものである。

2. ペリフォーマ-MW

図1は多層ヘッドボックスをもつペリフォーマMWを示している。ペリフォーマの心臓部はフォーミングロールで表面は開孔されている。ロールの表面は内側1枚と外側1枚のワイヤ2枚で覆われ、ヘッドボックスからのジェットは、プレストロールとフォーミングロール間のニップに入ってくるワイヤ2枚の間に射出

図1 多層ヘッドボックスを用いたペリフォーマMW

図 2 多層ヘッドボックス

される(図2)。脱水圧 $P = T/R$ (T =外側ワイヤのテンション, R =外側ワイヤの半径: フォーミングロールの半径にきわめて近い) はワイヤ2枚の間で樹立される。

ワイヤ2枚の間に挟まれた紙料は、フォーミングロール面上で外側と内側に脱水される。シートは外側ワイヤがフォーミングロールから出ていく前に形成され、形成されたシートは内側ワイヤについてクーチへいく。フォーミングロールの吸引域はロール表面における水の遠心力と釣合いを保ち、シートが内側ワイヤへ完全に移される能力をもっている。フォーミングロール内部の水は、ロールのサクションボックスを通過した後遠心力で放出される。

このフォーマは、層の分離を良好にするためリテンションが高くなければならない。そうでないと白水の繊維含有量が高くなり混合がおこる。

テンション T 7kg/cm, 半径 R 700mm のとき、脱水圧 $P = 0.1\text{kg/cm}^2 = 1\text{m}\cdot\text{wg}$ になる。この脈動がなくて低い不変の圧力は、このフォーマを適用するのに最も都合のよい高いリテンションを与える。外側に脱水された水の繊維含有量は初期では高くなり、次いで沝過シートが外側ワイヤにできあがると急速に低減する。最初の水は層純度を向上するため分離されるが、これはきわめてリテンションの低い紙料が用いられるときのみその価値がある。フォーミングロールに入する残りの水は混合され分離できない。

ただ1基のヘッドボックスとフォーミング部1基で多層シートを製造するこの技術は、スウェーデンのカーlustadにあるバルメット-KMW 開発センターで開発されたものである。

3. ヘッドボックスの設計

2あるいはそれ以上の異なった紙料の層を同時に1

つのシートに形成するため、これらの紙料を抄紙機のフォーミングゾーンまで別個に移動させる必要がある。

KMW はこれまで15年間に、細長いノズルをもつ HTB 型ヘッドボックスを多数納入している。これはすぐれた性質を有する強度の高い小規模のタービュレンスジェットを生じ、フォーメーションとプロファイルの良い紙を生産することで知られている。このヘッドボックスは、完成紙料の種類に関係なく常に清浄であることが認められている。この設計の3個の単層ノズルは、共通のスライス出口に同時に送るよう並べられ、そこから3つの別々のジェットがフォーミングゾーンに射出される。

図 3 多層ヘッドボックスの断面

図3はこのヘッドボックスの断面を表わしている。

アプローチ装置は、ヘッドボックスに接続される層の数によって2〜3個の装置で構成されている。

紙料は、マシン幅方向の紙料デистриビュータによってマシン幅一杯に分散される。このデистриビュータは、マシンの一端から他端へ略円形の断面と直線的に収斂する断面積のものである。紙料は供給管でミキシングチャンバへ送られ、そこでは大規模の混合がおこる。このミキシングチャンバは、大規模の渦によって混合を与える丁度直方形断面のスペースをもっている。流れはそれからチューブバンク部に入る。チューブはかなり長くて径は小さい。これはどんなクロスフローも効果的に防止し、チューブバンクがよく“整流段階”とみなされる理由でもある。

チューブバンクを通過した流れは、圧力降下をおこし、流れはマシン幅にわたって均一に分散する。

チューブバンクの出口において、各チューブからの個々の流れは膨脹により減速し、混合されて斜角により曲がり、スライスに向かっていく。大規模なタービュレンスを避けるため各個々のチャンネル幅は狭く、長さと高さの比は大規模な渦のおこらないきわめて安定した流れを生ずるため十分大きくになっている。

機械の設計は、きわめて重量があり頑丈で、長いチャンネルはヘッド圧を受ける大きな面をもっている。その結果、坪量プロファイルはすこぶる均一で安定している。

高級多層製品に対する鍵は、個々のジェットを脱水ゾーンに入るまで分離しておくことである。“3基のヘッドボックス”は共通した2個の壁をもち、この2個の壁の各面の圧力は同等であるから、これらの壁は外壁のような厚さに作ることはない。各チャンネルにおいては、種々の速度で運転することができ、それぞれの層で繊維配向の制御はできるが、差異はそれほど大きくない。これら共通の壁は分離羽根と名づけられている。これは厚くて（約12mm）出口側の先端は鈍く作られている。

図 4 3層のフォーミングゾーン

図 5 ジェット的作用

3つの個々のジェットはノズルから出ていくにつれて、“空気くさび”により相互に接近することはできない(図4)。この空気くさびは、ジェットを脱水ゾーンに入るまでずっと別々にしておくことができる独特のものである。この著しい特徴は、大部分の工業国で特許が認められている KMW の発明である。

ジェットは、空気をくさびから外へ吸い出すエジェクタのように作用する。しかしこれは、くさびの圧力が低すぎるとジェットを衰弱の状態にするかも知れない(図5)。

ジェット間の空気くさびを安定に保つため、空気はヘッドボックスの内部から分離羽根を通して供給される(図6)。

図7は空気くさびの長さを決める変数を伴った2層の例を示している。くさびと周囲の空気との間の圧力差は $4PW$ である。

図8は種々の速度におけるくさびの圧力-供給空気量の図表である。各速度に対し破線と交差する点があり、その点で空気くさびの圧力は最低値になり、一定の値を示している。これは到達できる最長の空気くさびをあらわしている(図7の式参照)。この破線は ΔPW の値がジェット速度の2乗で増加することを示してお

図 6 空気の放出—マシン幅方向のエアチャンバ

図 7 空気くさびの長さ

図 8 種々の速度における空気くさび圧 - 空気量

り、また図7の式は空気くさびの長さがジェット速度と無関係であることをあらわしている。これはすべての速度に対し、同じように短かいジェット長さ約180 mmを与えるので基本的なものである。

圧力と流量の制御に対し、各チャンネルに1台ずつ3台のファンポンプがある。中層チャンネルの所要圧力によって3台のポンプすべてに基準速度を与え、マスターコントローループはこの圧力を一定に保つため迅速に応答する。外層ジェットの実際の厚さは、超音波変換器によってスライス出口のごく近くで測定される。これにより外層ジェットの厚さを所要値に保つため、外層用ポンプのそれぞれに対し基準速度を増減する追加信号を与えている。

4. 層の純度

純度は層分け製品にとって最も重要なものである。現在最も軽量のシートを、テープによって規則正しく10—30層くらいに裂く方法が開発されている。これによって異なった種類の繊維が、各個々の層につき顕微鏡のもとでその数が数えられる。その結果により、シートの種々の繊維の割合がグラフによって図表化された。原紙料の混合により、決して100%または0%に達することができないのは、常に白水による多少の混合があるからである。

図9のグラフは、両面脱水のペリフォーマMWで製造された紙に関する層の純度を示している。これは合計坪量 90g/m²、平均填料含有率 27.5%、抄速 450m/分で作られた印刷用紙である。外層の坪量は僅か 10g/m² であるが、層の分離はそれでもきわめて良好である。外層の純度はそれぞれ94%と96%、中層は98%で、紙の新製品を開発するとき、この技術によって十分可能性が与えられることを示している。

図 9 ペリフォーマMWで製造した紙の層純度

5. 新技術の利用

紙の表面と内面の構造は、通常違った機能をもっている。ティッシュのようなクレープ紙は、表面がソフトであると同時に十分な強さをもたなければならない。印刷用紙は、印刷適性を良くするため表面は平滑で、またほかの性質の中では剛さが高くなければならず、これは緊度が低いことをあらわしている。これら性質の多くは両立しなく、完成紙料の選択には単層紙との歩み寄りが必要である。

この新技術により、外層と中層を互いに無関係の状態で最高の活用するため、それぞれの層に最も適当な繊維を用いることができる。

上質紙は外層が化学繊維を有し、中層は紙に要求される性質を与えるため正しい割合の機械繊維により3層で製造することができる。その結果製品はより安価になる。

中質紙は構成を再配列し、中層に含まれる黒い機械パルプを補うため、外層に強い化学繊維を置くことによって品質が良くなる。この層分けの構造は混合されたものより嵩と曲げ剛さが高い。これは坪量を下げても、同じ剛さで表面の光学的性質を改善することができ紙料費を低減する。仕上作業におけるリテンションの傾向も一そう少くなる。

中層に填料を加えると、填料のリテンションを増し仕上紙の填料含有率を一そう高くする。

これらは、この新技術がどのように用いられるかを

あらわしたほんの数例である。

6. パイロットマシンによる試験

バルメット-KMW 社は混合と層分けの印刷用紙間の相違を調査するため、パイロットマシンで試験を続けてきた。パイロットマシンはペリフォーマMWフォーミング部(図1)と、ダブルフェルトの1Pシングルフェルトの2Pをもっている。このマシンにはドライヤパートがなく、そのため紙は湿った状態で紙コアに巻取られ、それから別置のドライヤで乾燥された。

パイロットマシンの紙料装置は完全に密閉化され、マシンの各状態が平衡に達するまで運転が続けられた。試験は層の純度を向上する分離をしないで、混合の白水によって運転された。

抄速は 450m/分、合計坪量は填料含有率 27~28% で 90g/m²、すなわち繊維 65g/m²、填料 25g/m²である。ヘッドボックスは、外側チャンネルが叩解度 35° SR の晒 KP (SWD=針葉樹) と中心チャンネルに CTMP と填料を加えて運転された。歩留向上剤は繊維の流量に比例してすべての層に添加された。

6.1 紙品質

次の図表は外層の坪量が 10g/m² から増加し、中層の坪量が同じ量だけ減少したときの紙品質に関するいくつかの影響を示している。外層 10g/m² に対する繊維の配合は、SWD 繊維 30% + CTMP 70% である。図表で MIX の用語で示された点は、同じ繊維配合で混合の構造のものに対する値を示している。

図10は外層の坪量が増加し嵩高の CTMP の量が中層で減少すると、最も重要な性質である緊度が予期した通り増加することをあらわしている。層分けの紙は

混合されたものより緊度は 6% 低かった(嵩は一そう高い)。

不透明度は混合の紙と層分け紙では同じであり、外層の坪量が増加しても変りはなかった。

層分け紙の白色度(図11)は、SWD の外層が 10g/m² くらい薄くなり、また別に 10g/m² 加えて 20% 増加しても混合のものより 20% 高かった。

Z 方向(紙の平面に対して直角)の強度は、同じ繊維配合で層分け紙は常に混合のものより低い。この事例(図12)で 10% ほどの低下を生じているが、これは紙の最終用途にとって問題とならない。層分け紙の Z 方向強度は勿論、構成繊維の強度が低いことによる。

曲げ剛さは 10g/m² の外層で混合のものより 44% 高かった。外層の強さは厚さで増加するので、剛さが増加するものと期待されたが、それに反して剛さは僅かに低下した。これは図11で説明される。坪量一定で緊度の増加は厚さの減少をあらわし、剛さは厚さの 3 乗に反比例するので、厚さの変化がこれを左右する要因であることが明らかになる。

図11 層分け紙と混合紙の白色度

図10 外層の坪量増加と中層の坪量減少による緊度の増加

図12 層分け紙と混合紙のZ方向強度

図13 層分け紙と混合紙の破裂および引裂強さ

破裂強さと引裂強さ(図13)は、同じ繊維配合すなわち外層 10g/m² の層分け紙と混合の紙については同じであった。これらは増加するにつれ、破裂と引裂は徐々に増加し、最も高い外層の坪量 20g/m² では60%になった。この増加の値はSWDの量が多いことによるものであり、層分けによる値はここでは調査しなかった。

これらの例は、層分けがZ方向の強度にとってマイナス、緊度にとってはプラスであり、白色度と剛さにきわめて著しい影響をもつことを示している。これは図9に示されている層の分離がきわめて良いことをさらに証明しており、リテンションの高いフォーミング部が無くてはできないことである。そうでないと層が白水によって混合されることになる。

6.2 リテンション

図14は層分け紙と混合の紙に対し一定の繊維配合、SWD 30%+CTMP 70%で坪量の函数としてのワンプスリテンションを示している。坪量 90g/m² で全リテ

図14 層分け紙と混合紙のワンプスリテンション

図15 表層の坪量増加によるリテンションの変化

ンションは約90%、灰分リテンションは約80%に達している。リテンションは層分け紙が混合のものより僅かに高い。坪量 90g/m² で外層はそれぞれSWD 10g/m² であった。

合計坪量 90g/m² で外層が中層のCTMPを減らし増加しても、ほとんどリテンションに変化のないことを図15が示している。10g/m² の外層は、最高のリテンションを与える有効な戸過層を形成するのに十分であることは明らかである。この効果はまたいくつかの紙品質にも見られ、最高約 10g/m² まで向上してその後一定にとどまる。

各チャンネルにおける紙料の繊維分析で、中心チャンネルはCTMP 99%と化学繊維 1%を含有し、一方外側チャンネルは化学繊維 99.5%とCTMP 0.5%を含有していることを示している。この数値と損傷のない繊維の割合は顕微鏡で識別でき微細繊維は含んでいない。

7. 操業実績

7.1 Munkedal の操業

スウェーデンの Munkedal 社では、No. 8 m/c (ワイヤ幅 4200mm) の改造によって新設の3層ヘッドボックスが1986年末に稼働した(図16)。このヘッドボックスは印刷用紙、筆記用紙を生産するこの種の世界で最初のものである。

Munkedal 工場は No. 5 m/c と No. 8 m/c の2台の抄紙機を有し生産量は約 105,000t/年であった。No. 8 m/c は改造により、現在の 55,000t/年から約 65,000t/年に増産が予想されている。製造品種は中質紙と上質紙で坪量は 45~240g/m² の範囲にある。

No. 8 m/c は1965年に設置された抄紙機で、1977年

図16 スウェーデンの Munkedal における
多層分け装置

にウエットエンドを KMW ペリフォーマに改造した。現在この種のペリフォーマは世界で Munkedal とベトナムの Bai Bang の2台のみである。

もう1台の No.5 m/c は1952年に設置されたフォードリニア（フォイト製）で、その後数回改造され、現在のヘッドボックスはエッシャー・ウイス製である。坪量は $45 \sim 240 \text{ g/m}^2$ の範囲で上質紙のみを製造し、生産量は $50,000 \text{ t/年}$ である。

No.8 m/c は操業当初、各層に同一紙料を使用していたが、各層に違った種類のパルプを用いた試験を今年の3月から始めている。外層に化学パルプを使用し、中層に嵩高でコストの安価な機械パルプを用いて申し分なく操業している。

7.2 新品種の開発

Munkedal では、新設のヘッドボックスで新品種を開発し、従来と同じ品種は旧ヘッドボックスで製造する計画をもっている。3層で顧客のニーズに合った紙を製造すると、市場を新規に開拓することができる。

すなわち中層に多量の CTMP を使用すると、不透明度、嵩、曲げ剛さが良好になる。

また外層に高級晒パルプを使用すると紙は白くなり、さらに外層のみをサイジングする実験も計画している。

現在、ヘッドボックスで酸性のロジンアラムサイジングを使用している。中性サイジングは試験の結果明確なメリットが得られなかった。填料は通常カオリンで充填率は20～30%である。

工場では目下、このヘッドボックスの自在性をさらに一歩進めようとしている。性能を最高にするため原料が選択できるばかりでなく、またシートにどれだけの量を占めるかを決めることもできる。これは重大な進展である。

8. おわりに

現在、バルメット-KMW 方式法によるティッシュ紙の多層分け技術は確立されていて、これは生産費用を下げると同時に最終製品の品質を維持し、もしくは改善までも行っている。

しかし多層分けの技術はティッシュ紙製造のみについて開発してきたものではない。これは若干の異種の紙に用いられ、同じ表面の仕上状態で曲げ剛さを高くし、填料の添加量を多く、不透明度を高くし、諸繊維の利用を最適にするような有利な点をもっている。このほか坪量を低減し、古紙の利用等によって紙料費を下げることができる。

多層分けは将来期待もてる技術と言える。

引用文献

- 1) I. Andersson, Paper Trade Journal, 44(2), 169 (1985)
- 2) H. O'Brian, Pulp & Paper Int'l, 73, 4 (1987)
- 3) VALMET-KMW, Bulletin