年次大会・抄紙セッション A

新型多層板紙用フォーマ (MH-B フォーマ) について

三菱重工業株式会社三原製作所 坂東 貴司, 藤木 恵一

開発課 庄司 康之

三菱重工業株式会社広島研究所 岩田 弘

New Multi-Ply Board Former (MH-B Former)

T. Bando, K. Fujiki, Y. Syouji and H. Iwata

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Mitsubishi New Multi-Ply Former (MH-B Former) has been developed by utilizing the existing forming technology in the paper grade field timely consolidating the industry's trend and market needs. A combination of ACDEFLO headbox and two-fabric (felt and wire) former with compact design will give many benefits to the customer.

1. ま え が き

近年, 世界的なトレンドである古紙利用率の増加は, 従来からその利用率の高かった板紙分野においても, 白板紙やライナ紙の表層付け量減に伴う表面性の改善要求や, 中層に使用する古紙のリサイクル度が増すことによる強度及びかさの低下等大きな影響を与えるので深刻な問題である。一方, 板紙抄紙はその大きな坪量ゆえに一層で抄くのは難しく, 単体のユニットで抄造された紙層を多数重ねて抄き合わせていく多層紙形成法が採られる。しかしながら, 従来の紙層形成法では, 抄き合わせ部の原料飲み込み性能と地合形成能力の点で一層当りの付量に制約を受けるため, ユニット数の多い複雑な機械構成になると同時に広い設置面積を必要とした。これら紙品質に対する要求を満足し, 安価でしかも生産性をあげることできる抄紙機が望まれている。

これら市場トレンド, 業界ニーズに対し, 印刷用紙用抄紙機の分野で培ってきたフォーミング技術を板紙抄造に適用することにより, 前記要求品質を満足し, コンパクトで抄造能力の高いフォーミングコンセプトを確立した。そのフォーミングコンセプトの特徴及びテスト抄紙機, 実機での検証結果に基づく本フォーマの性能についてここに報告する。尚, 本フォーマは我々三菱重工 (MHI) が独自に開発した板紙 (Board)

用フォーマという意味で MH-B フォーマと名付けられた。

2. フォーミング機器構成とコンセプト

フォーミングユニット (ヘッドボックス, フォーマ) の構成を図 1 に示す。各フォーミングユニットは 1 枚のフェルトループの下に配置されており, 各ユニットで形成される紙層はフェルトによって運ばれてきた湿紙と抄き合わされる次ユニットに移行するという円網に似た抄き合わせ, 湿紙移送方法を採用した。

2.1 ヘッドボックス

ヘッドボックスは, フェルトループとプレストロールの限られたスペースに配置出来るものとしてハイド

図 1 フォーミングユニット

ロリック型を採用した。図2に流路断面図を示す。角形テーパヘッドで流体圧を巾方向均一に保たれた原料液はステップチューブの高い圧力損失により巾方向均一に分配される。又、ステップ部での強いタービュレンスは大きなフロックを破壊する効果を持つ。スライス室は低速（低流量）、高濃度でも分散及び整流能力の高い加減速流路（ACDEFLO）を採用した。巾方向分配性能を図3、分散性能を図4に示す。何れも120 m/min., 150 m/min. とハイドロリック型ヘッドボックスとしては適用範囲の下限近い速度であるにもかかわらず優れた性能を示している。

2.2 フォーマ

フォーマパートには印刷用紙用フォーマの脱水機器としてその性能評価の高い大きな曲率半径上に脱水ブ

図2 ヘッドボックスコンセプト

図3 ジェット流速分布

図4 繊維分散比較

レードを配置したシューフォーミングを採用した。但し、一方の抄き網がフェルト+湿紙で構成されており、抄き合わせ部におけるフェルト側への脱水抵抗が通常のツインワイヤフォーミングに比べ非常に高くなっている。このコンセプトが前記多層紙に要求される紙品質を最適化する。すなわち、図5, 6に示すウェットオンセミドライフォーミングとパルスフォーミングである。図5において、ヘッドボックスから噴出された原料ジェットはフラットなフォーミングボード上で緩やかに初期脱水されてワイヤ側にマットを形成しながら抄き合わせ部（曲率部）へと進入する。この時、原料液の上面はヘッドボックスから噴出された濃度に近い状態を保っており、前ユニットで形成された湿紙が接触すると、原料側から湿紙側に水が浸透し湿紙濃度が下がる。従って、より低い濃度で抄き合わせされることになり、層間強度が増す。

次に図6のコンセプトについて説明する。パルスフォーミングにおいて、地合を良くするための分散効果は圧力パルスの大きさに依存することは良く知られており、筆者等の研究によれば、その大きさは ①ブレード先端におけるワイヤ折れ角度、②脱水抵抗がその主たる要素であることが判っている。従って、通常のワイヤよりはるかに大きな脱水抵抗を持つフェルト+湿紙でフォーミングシューの曲率上の原料を挟み込んで脱水を行う本コンセプトは、図6に見られる様に

図5 フォーミングコンセプト(1)

図6 フォーミングコンセプト(2)

低速においても大きな圧力パルスを得ることが出来、地合改善効果が高くなる。尚、各ユニットでの脱水はワイヤ上に形成されたマットを通して行われるため、ブレード間隔は十分広く取り、脱水を助けるための真空も掛けることが出来る様配慮してある。

2.3 全体配置形成と特徴

本フォーマの典型的な配置形式を図7に示す。

上図はインバースタイプと呼んでおり、各ユニットで抄き合わされた湿紙は、最終ユニット後キャリアフェルトに移行、反転されフローバックでさらに脱水された後プレスパートへ送られる。従って、紙の表面はフォーミングユニットでのワイヤ面となる。一方、下図はストレートスルータイプであり、湿紙は最終ユニットのワイヤに乗ったままプレスパートへ送られる。従って、表面にはインバースタイプとは逆にフェルト面が現れる。両形式は紙種によって使い分けられるものであるが、何れの場合もウェットフェルトを介して搾水するプライマリプレスを持たないので、ウェットフェルトマークの問題は解消されるものと思われる。

3. テスト抄紙機による検証

図8に示す2層抄テスト抄紙機を使用し、前記フォーミングコンセプトの検証を行ったのでその結果について報告する。

図7 全体配置形式

図8 2層抄テスト抄紙機レイアウト

3.1 抄造能力

各フォーミングユニット単層能力を調べるため、段古紙をフリーネス 250 CSF に叩解した原料を使用し抄紙した結果を図9に示す。フェルト側への脱水抵抗が高い2層目の方が1層目より若干付け量が少なくなる傾向は見られるが、低速（検証最低速度 60 m/min.）においても飲み込み不良等による欠陥も見られず十分高い抄造能力を示している。これは、抄き合わせを大きな曲率半径上で行うことにより、原料飲み込み部で原料に付与される圧力を大幅に軽減したこと、及び真空による脱水増が相まった結果である。尚、脱水能力の指標である各ユニット後の湿紙濃度も14~15%と十分高いものが得られている。

3.2 層間強度

板紙の強度において最も重要視されるものの1つである層間強度について、原料、坪量、プレス条件を同じにして単層抄紙、二層抄紙したサンプルに対しスコットボンド値を比較した。結果を図10に示す。前記の様に、一旦、14~15%に脱水された湿紙に抄き合わせを行った二層抄紙サンプルであるが、その層間強度は単層抄紙サンプルの84%と十分高い強度が得られている。これは、抄き合わせ部で二層目の原料水分により一層目湿紙が十分再湿した後、繊維間結合が行われるというウェットオンセミドライコンセプトの結果

図9 単層抄造能力

図10 層間強度比較

である。

3.3 層 純 度

白板紙, ライナ紙に要求される品質の1つに表層による中層の隠蔽度 (Coverage) がある。隠蔽度を左右する因子として, 表, 表下層の地合及び各層が混ざり合っていない度合 (層純度) があるが, ここでは後者を取り上げ, 表層白色度の低下を単層重ね合わせ紙, 二層抄き合わせ紙と比較することにより評価した。結果を図11に示す。白色度78.5, 付け量50 g/m²のBKPで白色度51.7の新聞DIPをカバーした抄き合わせ紙を作製すると, 表層の白色度は約7ポイント低下し71.2となった。この低下度合は同じBKP原料50 g/m²の単層紙 (純度100%) を新聞DIPの単層紙に重ね合わせた時とほぼ同じである。従って, 本フォーマで形成された抄き合わせ紙は層間の繊維の混ざりはなく, 各層の純度は100%に近いものが得られていることが実証された。これは, 各ユニットで形成される紙層は既に繊維の移動の起こり得ないマット濃度 (14~15%) になってから抄き合わせが行われていること, 脱水がワイヤを通しての一方向であるフォーミングコンセプトからして当然の結果である。尚, 参考のため, 表層付け量と白色度の関係を図12に示す。

3.4 嵩高な紙層構造

板紙における重要な強度に耐析, 圧縮強度がある。

図11 Converge 性能(1)

図12 Converge 性能(2)

これらを支配する剛度は厚みの影響を大きく受けるので, 同じ坪量で厚みの大きい嵩高な紙が要求される。紙の嵩はプレス, カレンドの影響が大きい, ここでは紙層形成の観点から本フォーミングコンセプトによる可能性を調査した。抄紙濃度の嵩への影響を調べるため, 原料及びプレス条件を同じにして, 従来濃度 (約0.8%) で二層抄きした紙と約1.5倍高い濃度 (約1.2%) で単層抄紙した紙の密度の比較を図13に示す。抄紙濃度の高い単層抄きの紙の方が密度が低い結果となった。本ヘッドボックスで採用した加減速流路は図4に示す様に1.5%という高い濃度においても良好な分散が得られるため, 従来より濃度を高くした抄紙が可能である。従って, 中層を従来より高い濃度で付け量を大きく (ユニット数が減る) して抄造できる本フォーミングコンセプトは, 嵩高な紙を造る可能性が示唆された。

4. 実機による検証

本フォーマの1号機が本年6月, 福山製紙殿で稼働したので, その概要について報告する。図14にフォーマレイアウト及び仕様を示す。本フォーマは図7の下図に示すストレートスルータイプの配置であり, 4層共同原料で最高700 g/m²までの板紙を生産している。

4.1 運転性及び脱水能力

本フォーマの稼働に際し, 最大の懸念事項であったアングフェルトキャリア方式の湿紙搬送における「種落ち」に対しては, フェルト洗浄, フェルト水分を最適化することにより最高700 g/m²の紙を60 m/min. で抄造する時も問題なく運転されている。抄出し時の調整は, 先ず, 白水廻しにて抄速条件に合ったジェット速度に各ユニットを設定し, その後, 種上げポンプを起動するだけの操作であり, ユニット数も少なく簡単である。運転中の操作項目としては, 各抄造条件

図13 密度比較

図 14 MH-B フォーマレイアウト

(付け量、抄速)に応じて行うフォーミングシュアの真空度調整、スライスリップ微調によるプロファイル調整がある。フォーミングシュア真空度は前半(フラット部)はMax. 400 mmAq (設計値 500 mmAq)、後半(曲率部)はMax. 750 mmAq (設計値 1,000 mmAq) で運転されており、脱水能力不足から来るクーチ部での「つぶれ」等の不具合もない。フォーマ出口の湿紙濃度は予測していた20%程度が得られており、テスト機での運転結果を合わせ試算するとフローバックにより約5%湿紙濃度が高められていることになる。

4.2 紙品質

本フォーマは、客先マシン(円網7層)をスクラップ&ビルドして建設されたものである。そこで従来の円網抄造品との対比で紙品質を評価した。

(1) 強度

抄き合わせ方法の違いによる低下が懸念されていた層間強度は従来品より高いものが得られている。従って、円網において一部使用されていたスターチャワーによるスターチ添加の必要性はない。

その他の強度も従来の円網抄造品より若干の向上が見られている。更に、本フォーマによって抄造された紙は、縦横比が従来の円網に比べ非常に小さく(円網3.5に対し2程度)、異方性の少ない紙となっている。これは、円網の場合、バット内原料とシリング間に働く剪断力が強く配向度が高くなるが、MH-B フォーマは水平脱水ゾーンにジェットを乗せるため、その影響が少ないことからして当然の結果である。

(2) 地合、表面性

本フォーマは、現在坪量範囲 350~700 g/m² の紙を抄造しており、薄物(500 g/m² 程度まで)の地合、表面性は非常に優れたものが得られている。又、坪量が大きくなり、高い濃度(約1.5%)で抄造しても、従来の円網の地合より大幅な改善が見られた。

(3) 繊維配向

本フォーマで抄造された紙は、従来の円網抄造品に

図 15 繊維配向性

比べ紙ぐせが非常に良いとの評価を受けている。そこでその要因の1つである繊維配向性を調査したので図15に示す。本図は全市紙(約3,300 mm)の巾方向8ヶ所の配向性を示したものであり、配向角は2.5°以内と非常に小さく配向性が良いことがわかる。これは、ヘッドボックスから噴出されるジェットの直進性が良いことを示唆している。この配向性の良さと前記異方性の少なさが相まって、紙ぐせの良さにつながっているものと思われる。

6. 結 言

板紙市場のニーズに応える為、従来より紙の分野で培ってきた技術を基に開発したMH-B フォーマは、そのユニークなフォーミングコンセプトにより、板紙に要求される紙品質を最適化出来ることが実証された。又、そのコンパクトな設計と単層抄造能力増によるユニット数減は設置面積、消費動力の面でも利点の多い機械であると思われる。当社としては、知識、経験の少ない分野であったが、これを機会に今後、本フォーマの種々板紙への適用拡大を図る中で業界に貢献して行く所存である。しかしながら、機械メーカーだけでは行き届かぬ所もあり、製紙メーカー各社の御協力をお願い致します。尚、最後になりましたが、本フォーマの開発に際し有益な御助言をいただいた得能正照殿(SK エンジニアリング(株))及び本フォーマの一号機を御採用いただき、テスト機での検証から実機稼働に至るまで多大の御協力をいただいた福山製紙殿に感謝の意を表します。