ベルベIFORMER II 型の操業経験について

十条製紙(株)伏木工場 高 橋 嗣 郎

Operating Experience of Bel-Beie Former Mark II

Shiro Takahashi

Juho Paper Co., Ltd.

1. はじめに

世界初のベルベIFORMER II 型ということで注目された、十条製紙石巻工場 9 号マシンがスタートして以来、既に 5 年の歳月が経過した。この間、国内の 3 台を始め、建設中のマシンを含めると、世界に 20 台以上のベルベIFORMER II 型が稼働することになり、このマシンの特徴点が、種々の文献等にも報告され、既に、衆知のことになりつつあるが、本稿では、この 5 年の操業経験を通じて感じた、ベルベIFORMER の得失を中心に、操業の要点についても述べて見たい。

2. ベルベIFORMER の概要

2.1 コンバーフローヘッドボックス

ベルベIFORMER を論ずる場合、忘れてはならないものにコンバーフローヘッドボックスがある。コンバーフローヘッドボックスは、ベルベIFORMER と一体のもので、この存在なしではベルベIFORMER は成り立たないと言える。すなわちここでの整流、繊維分散が、以後の地合形成の前提条件となっている。構造的には、角型テーパーヘッダー、チューブバンク、目板、5 枚のコンバーフローシートから成っているが、ここでの特徴は、エアクションやイブナーロールがないこともあるが、なんと言っても、コンバーフローシートであり、この囲りに発生するマイクロタービュレンスにより、非常に優れた繊維分散が得られるということにある。具体的には、試運転当初の最初のトラブルとして、紙面に小泡発生の問題を経験したが、これも結局シート長さの選定不良のため、ジェットがスライス先端に達するまでに、シートの囲りに発生したマイクロタービュレンスが消滅しなかったことに原因

があった。これを解決するために種々のトライアルが試みられ、最終的にコンバーフローシートの先端を 75 mm 切詰め、このマイクロタービュレンスの消滅的時間を与えることにより解決した。

コンバーフローヘッドボックスの原料の射出角度は調節の一つのポイントであるが、ヘッドボックスとその囲りのロールの相対位置が適切であれば、角度の選定は容易であり、一度適切にセットされればその後はほとんど調節の必要はない。但し 9 m/c の場合、試運転当初のトラブルとして、前述したコンバーフローシートに因る小泡と併行して、ヘッドボックス角度に起因する泡発生もあった。このため、ヘッドボックス角度の選定が容易になるようにプレストロール、フォーミングロールの位置修正を行った上で、ジェット角度を調節し解決した経緯がある。

スライスリップの開度調節については、直接水足を見ながら出来ないだけで特に変わった操作はないが、BM 計を併用すれば、厚薄調節はむしろ長網より容易である。特に耳部の厚薄はトリム幅が十分広いこともあって安定しており、当初設置されていたブリードオフも不用のため撤去した。

コンバーフローヘッドボックスはエアクションがないため脈動に弱いという懸念があり、かといってサージタンクを設置するのも好ましくないということで、9 m/c は 1 号機でもあり、安全を見て、デキュレータークリナーの前にスクリーンを設置したが、その後一時、ツインワイヤーとの組合せの場合には、クリーナー、スクリーンの配置は従来通りで、しかも、サージタンクあるいはアテニューエーターなしで問題なしということであった。しかし最近、やはり脈動の問題でアテニューエーター必要という所も出て来ている。

2.2 ベルベIFORMA

コンバーフローヘッドボックスから吐出されたジェットは、プレストロールとフォーミングロールとの間を通り、まず#2ワイヤーに衝突し、初期脱水されながら、次いで#1ワイヤーに接し、2枚のワイヤーに挟まれながら脱水し地合を形成していく。#2ワイヤー側のプレストロールとクーチロールの間に、ベルベIFORMAの心臓部とも言えるべき、9ブレードのフォーミングシューとワイヤーサクシヨンボックスが配置されており、いずれも5,080 Rの曲率を有している（図1参照）。また、フォーミングシューとワイヤーサクシヨンボックスの間の#1ワイヤー側に、#1デフレクターが設置され、#1ワイヤー側へ脱水された白水をここでかき取りセーブオールへ導いている。当初は、ワイヤーサクシヨンボックス後の#1ワイヤー側に、#2デフレクターが設置されていたが、汚れトラブルのみで白水除去には効果なしと考え撤去した。ベルベIFORMA II型はプレストロールからクーチロールまでの5,080 Rの曲率の上で、2枚のワイヤーの圧力により脱水され地合を形成することを基本としているが、ベルベIFORMAに限らず、ツインワイヤーの脱水圧力 P は、ワイヤーのテンション T 、フォーミングゾーンの曲率を R とすれば、

$$P = \frac{T}{R}$$

で表わされ、当然この R がそのFORMAの特性を作るキポイントとなることは論を待つまでもない。ベルベIFORMA II型の場合も、この5,080 Rという曲率が、それを形成するフォーミングシューと共に、ベルベIFORMA独特の良好な地合形成の根源である一方、脱水能力の点で若干の不安を残す要因ともなっている。また、ワイヤーテンションは、若干の調節因子とはなるが、これにはおのずから限界があり、大幅な調節代は期待出来ない。そして#2ワイヤーについては、上記の式のようにテンションの増大に比例して脱水量が増加する傾向を示すが、#1ワイヤーは逆の傾向を示すことを経験している。通常の操業ではワイヤーテンションはあまり変えないが、操業条件が大きく変わった場合、特に#1ワイヤーのテンションが地合に大きく影響を与える場合がある。

ベルベIFORMA IIの地合調節上の要点の一つとして、フォーミングロールのセッティングがある。すなわち図2のA点（ジェットと#1ワイヤーとの接点）の選定が操業上、地合調節上重要であり、これを、一定に保つように、スライスの開閉に応じて、フォーミングロールをスイングしてやる必要がある。つまりA点が下る

図1 ベルベIFORMA II型

図2 ジェット衝突位置

とフォーミングロールとの間にポンピングが発生し、地合崩れによる泡発生や断紙の発生となり、またA点が上ると、#1ワイヤーとジェットの間にエアを持ち込み、小泡を発生させることになる。

9号マシンのフォーミングゾーンにおける脱水状況を、表1に示したが、これから分かることは、フォーミングシューからワイヤーサクシヨンボックスに到る脱水が、比較的均一化されているということと、少なくともサクシヨンボックス以前の脱水では、#1ワイヤー側と#2ワイヤー側は、ほとんど同等と言って良いことである。このことが両面脱水により、#1、2ワイヤー面の繊維組成を近似させることになり、いわゆる表裏差を少なくしているゆえんであろうが、サクシヨンボックス及びクーチでの脱水が片面脱水のため、どうしても表裏同一にすることが出来ない。

以上、ベルベIFORMAの概要を述べたが、ここで、今日まで我々が経験した主なトラブルについて、つけ加えてみたい。

その一つはワイヤーサクシヨンボックスの変形、摩

耗による地合トラブルである。ワイヤーサクシオンボックスの材質は、当初からセラミックの設計であったが、納期遅れのため、試運転後の数カ月間、高密度ポリエチレンで代用せざるを得ないことになった。セラミックとポリエチレンの剛性の違いを考慮に入れなかったため、ワイヤーテンションとバキュームによりプレートが変形し、大幅な地合崩れを発生した。この現象は、ワイヤーサクシオンボックスの変形により#1ワイヤーと#2ワイヤーが密着し得なくなり、地合崩れを起したものと考えられる。この件については、プレートの下に補強骨を入れることにより解決したが、次いで、試運転後、2カ月余りでポリエチレンプレートの不均一な摩耗のため、鮮明な厚薄むらが発生した。このワイヤーサクシオンボックスに起因するトラブルはプレート材質がセラミックになってからは全く解消したが、はからずも、ワイヤーサクシオンボックスの領域でも、条件によっては、地合あるいは厚薄に大きく影響を与えるということを印象づけた出来事であった。

次いで、操業上問題となったのは、クーチロールのサイレンサーパッキングにピッチの混在する原料粕の詰まりにより、ワイヤーパートの負荷が増大し、ついには運転不能になる現象であった。応急対策としては、結局、クーチロールのボックスを引き出し清掃することであったが、この現象は#2ワイヤーにプラスチックワイヤーを使用し始めてから顕著になった問題であり、プラスチックワイヤーの汚れ易さと、ベルベイの場合のクーチロールの吸引幅の広さに関係があると考えられた。当初は、クーチロール内の洗浄強化と定期的なボックス引出点検により小康を得た時期もあったが、サイレンサーパッキングの構造を種々検討し、最終的には、サイレンサーパッキングをやめ、単なる狭幅のシングルパッキングに改造し解決した。

9 m/c 運転後最大の問題は、ベルベイⅡの心臓部ともいうべきフォーミングシュアの折損問題であった。最初の折損事故は試運転後8カ月目に発生し、フォーミングシュアセラミックセグメントがその接合部から欠損脱落し、#2ワイヤーに一周タテ切れを発生させた。原因は、フォーミングシュア本体のSUSとセラミックの熱膨張の差により、セグメント間に圧縮荷重がかかり、クラックが入ることにあった。最初の事故から更に4回のクラック発生があったが、その間次のような対策を逐次実施した。

- ①セグメント間にゴム系接着剤塗布、ギャップ0→0.4 mm
- ②セグメント締付けクランプ修正

- ③クランプとセグメント間にゴムパッキング挿入
 - ④ワイヤーサクシオンボックスセッティング変更によりブレード上段の摩耗防止
 - ⑤フォーミングシュア掃除用水温水化
- 最終的に
- ⑥セグメント間にポリプロピレンシートを挿入し、クッション性を与えること(セグメント間ギャップ0.04→0.15 mm)により解消し、現状では1年余りで予備と取替えている。

このフォーミングシュアに関連するもう一つの問題は、セラミックセグメントの仕上精度に関するトラブルである。セグメントのクラック問題が一応解決した後、予備のフォーミングシュアと取替えた所、かなり鮮明な厚薄むらが発生した。フォーミングシュアの仕上精度を測定した所、通常0.1 mm以下の精度であるべき所、0.3 mm程度の凹凸があった。やはりフォーミングシュアがベルベイⅡの心臓部であることを再確認させられる出来事であった。

3. ベルベイⅡ型の特徴

(1) 地合が優れている

印刷適性を始めとする紙の品質の基本はやはり地合にあり、その点では満足すべき状態と言える。具体的には、繊維のフロクが非常に細かく均一に分散された状態で、長網ではほとんど得られない地合といえてよく、しかも1%以上の高濃度で良好な地合が得られる点はベルベイⅡの最大の特徴と言って良い。この原因については、コンバーフローボックスの分散効果、#1ワイヤーのダンディー効果等種々考えられるが、根本は、前述した通り、5,080 R という曲率を含めてフォーミングシュアの構造がベルベイの地合を特徴づけているといえて良いと思われる。

(2) 表裏差が少ない

これは当然両面脱水の結果であり、前述の脱水濃度分布のデータからもうかがうことが出来るが、次に紙灰分の表裏差を示す。

	紙灰分	表	裏	表/裏
石巻9 m/c	6.4%	8.8%	5.8%	1.5
石巻8 m/c	5.7%	8.5%	3.0%	2.8

また、図3に“表裏各層中の篩分け組成比較”を、図4に“表裏の繊維配向性比較”を示した。いずれの場合でも長網に比して表裏差の少ないことは明らかである。

(3) オフ輪適性が良い

これを直接証明するデータはないが図3により、紙表面の微細繊維の量の差は明瞭である。これはとりも

なおさず両面脱水の影響であり、紙表面の版汚れ減少につながることは明らかである。

(4) 幅方向の厚薄調節が比較的容易

長網と異なり、自由表面がないため、ワイヤー上での動きや隣接部との干渉が少なく、厚薄調節が容易であり、変動も少ない。プレスやドライヤーに起因する水分むらが影響するので一概には言えないが、新聞用紙で幅方向の坪量のバラツキが $\pm 1 \text{ g/m}^2$ 以内というのは良好と思われる。

(5) 2枚のワイヤーによる、いわば、加圧脱水のためか、原筈変動による影響が少ない。

高速マシンでは、ドローの安定ということが操業安定上重要なポイントになるが、ベルベイの場合原料変動によるドローの変化が少ない。また、スライスヘッドを2~3%変更してもほとんどドローが変わらないのは長網と異なる点である。

(6) 地合が安定しているため、高速安定性が良い。

地合の安定は操業安定の根本であるが、 40 g/m^2 以下の薄物抄造では特に欠かせない要素である。現状の9m/cの電話帳用紙の操業は長網では望むべくもない。

(7) ワイヤーロールが、すべて、インサイドに設置されているため、折り曲げによる疲労が少なく、ワイヤー寿命も比較的長い。

#1 ワイヤー (ブロンズ) 100 日

#2 ワイヤー (プラスチック) 80 日

なお#1ワイヤーのプラスチック化については、一度テストしたが、ワイヤーのテンションムラのため失敗した。ブロンズでも特に寿命の問題はないが、ワイヤーの品質向上を待って再テストしたい。

(8) ワイヤー替が比較的簡単

ワイヤー替にクレーンを使用するのが難点だが、特にめんどろさはなく、所要時間は#1, 2共2~2.5hである。

(9) ワイヤーパートの設置面積が少なく、建屋を節約出来る。同程度のマシンとの比較ではワイヤーパートの長さは1/2以下である。

(10) インレットが上向きのため、スライスリップ囲りの汚れが、直接紙に入ることが少ない。

(11) 構造が比較的コンパクトであり、調節部が少ないため、品質操業面での安定性も良く、停止後の再現性が良い。

4. ベルベイII型の問題点

(1) 脱水能力の向上が更に望めないか？

9m/cの場合、大問題という程ではないが、一層の操業安定、あるいはスピードアップを考える場合、

釧路7m/c(長網)

	0	20	40	60	80	100%
表側層	20	24M残 25.0%	42M残 14.5%	80M残 21.0%	150M残 10.7%	150M Pass 28.8%
裏側層	80	24M残 32.0%	42M残 14.9%	80M残 23.2%	150M残 10.4%	150M Pass 19.5%
	100%					

石巻9m/c(ベルベイII)

	0	20	40	60	80	100%
表側層	20	24M残 32.7%	42M残 13.8%	80M残 20.7%	150M残 9.5%	150M Pass 23.3%
裏側層	80	24M残 30.4%	42M残 13.4%	80M残 20.1%	150M残 9.6%	150M Pass 26.5%
	100%					

図3 表裏各層中の篩分け組成比較

図4 表裏の繊維配向性比較

やはり脱水能力に余裕がほしい。ペロイトでは、この対策として、サクショボックスの強化、あるいは、バキュームデフレクターの設置等を実施しつつあるが、なお、不安がある。

(2) ワイヤーリテンションが必ずしも良くない。

ワイヤーリテンションは、ワイヤーパートの特性の外に使用する原料性状や灰分等にも左右されるので、一概には言えないが、通常の概念からすると、表1のデータから見ても良いとはいえない。ただそれなりに設計的配慮をしておけば、特に致命的問題とはならない。

(3) 表裏差が若干ある。

長網よりも、表裏差が少ない感じであり、現状のグレードの紙では特に問題ないが、表裏差の克服が抄造上の大命題であるとすれば、必ずしも、十分満足出来る状態とはいえない。ワイヤー品質も検討の余地はあ