年次大会・総合技術セッション A

板紙の搾水効果の向上及び物性の改善技術について
—ロールプレスパートの改善コンセプト—

静岡県富士工業技術センター製紙技術スタッフ ○牧 田 輝 夫
株式会社小林製作所研究開発部 桜 林 皓

The Improvement for Dewatering Efficiency and
Physical Properties of Paperboard
—Press Part (Roll Pressing) Improved Concept—

Teruo Makita

Fuji Industrial Research Institute of Shizuoka
Pref. Papermaking Technology Section

Akira Sakurabayashi

Kobayashi Engineering Works, Ltd.
Research & Development Dept.

牧田輝夫

Since the evaluation of dewatering efficiency by varying the rubber hardness and water retention value was firstly made, various concrete parameters have been established such as :

- ① Optimization of specific nip pressure by water retention value and web moisture content.
- ② The most suitable nip retention time for each web basis weight.
- ③ Gradient Soft Pressing theory.

In addition to the above, effective application of smoothing & hot pressing was also evaluated.

1. はじめに

速度が上昇し湿紙内の水の移動時間がネックとなる領域では、ニップ圧をかけ過ぎると逆効果となり、搾水効率だけでなく加圧という原料損失、表面性の低下、フクレ・ツブレによる操業の不安定性や動力損失など多大な損失をまねくことになる。

紙が厚く多層抄きされる板紙の分野では、ほとんどのロールプレスパートがこの領域にあり、操業条件の最適化が要求されている。これに関係する主な要因と

して次の5項目があげられる。

- ①坪量・原料保水度とその付着量構成
- ②プレス入口水分と圧力（比ニップ圧）
- ③抄速とニップ幅からの加圧時間
- ④シングル・ダブルフェルトロールプレスの使い分けとドレネージ条件
- ⑤熱の有効利用とスムーザー効果

これら要因の最適化による搾水効率と物性（嵩・平滑）改善のための具体的指針の研究を静岡県産学共同研究開発事業の一環として平成4～6年の3年間にわ

たり実施したので、ここにその一部を報告する。

2. 保水度及びロールプレスゴム硬度の搾水に与える影響の検討

2.1 保水度が異なる湿紙の搾水テスト

同一坪量で保水度が異なる湿紙を抄造し、オフマシンのプレスユニットにかけ、荷重一定条件において速度およびゴム硬度を変えた搾水テスト結果を図1、テスト条件を表1に示す。

その結果下記の事項が明らかとなった。

- ①保水度が高い湿紙は高速側ではゴム硬度が軟らかい方が搾水効率が良い、低速側では出口水分は変わらない。
- ②保水度が低い湿紙は、低速側になるほど硬いゴムの方が搾水効率が良い。
- ③プレス入口水分・保水度・抄速が高いほどニップ幅も広く、低い圧力で時間をかけるほうが搾水効率は良く、逆の場合は反対となることを示唆している。
- ④保水度の影響は極めて大きく、保水度0.10の差はプレス出口水分1%強に匹敵するほどの影響がある。

図1 保水度、ゴム硬度が搾水効率に及ぼす影響

表1 テスト条件

坪 量: 220 g/m ²
保水度 3,000 G, 15分: 高≒1.80, 低≒1.40
ロール径: φ600×φ350
ニップ圧: 80 kg/cm 一定
抄 速: 50 m/min~200 m/min
ゴム硬度: 硬: JIS-A 100° 軟: JIS-A 80°

図2 ゴム硬度差による搾水効率の変化

2.2 ゴム硬度を変えての搾水テスト

図2に保水度が高い場合のゴム硬度差による搾水効率の変化を示す。ニップ通過時間の長短により軟らかいゴムの方が搾れる領域と硬いゴムの方が搾れる領域に区分され、そこに境界が存在することがわかる。

そして、この交点は圧力・保水度・プレス入口水分・坪量の大小によって変わるが、一般的にこれらの数値が大きいほど時間が長い方向に、逆の場合は短い方向にずれる傾向にある。

2.3 保水度を考慮した操業条件最適化

前述の搾水テスト結果より、保水度面からの操業条件最適化には下記の事項が重要であることがわかる。

- ① 保水度の高いパルプを使用する表層の付着量を減少させ、保水度の低い古紙の使用率を増加させることがベストの改善法である。
 - ② フクレ・ツブレ問題を解消して搾水効率および表面性を向上するためには、坪量・速度・保水度が高いほど加圧力は低くニップ幅を広く選定すべきであり、逆の場合は極圧を高くするべきで、ニップ幅が広いことは害になる。
 - ③ 湿紙断面方向の保水度構成に見合った改善法が重要であり、表層の保水度が高い場合はこの面を効率良く加熱することが特に効果的である。
- また、保水度の高い層側に多量の脱水をさせることは困難であるので、サクシオンなどドレナージ条件での補助が重要である。

3. 圧力（比ニップ圧）のかけ方の検討

図3に国内の白板紙抄紙機（8台）のプレス入口水分に対応する各プレスの比ニップ圧（線圧/ニップ幅）を階段状に示す。各抄紙機運転条件は表2のとおりである。

この図より、高い圧力をかけても搾水効率が良くな

図 3 白板紙各抄紙機での比ニップ圧調査結果

表 2 各抄紙機運転条件

抄 速	100 m/min～375 m/min
坪 量	270 g/m ² ～450 g/m ²
保 水 度	表層: 1.66～1.93 3,000 G 中層: 1.25～1.54 15 分 裏層: 1.35～1.64

るどころか最終プレスで1%程度しか控水できない結果となっているもの、低い圧力でも出口水分が51.4%まで効率良く控れているもの、高い圧力でも比較的効率が良いもの(イ)、低い圧力で効率が悪いもの(ロ)と、圧力のかけ方の最適化のための基準がないことがわかる。

これら原因を分析研究し、白板紙（表層保水度1.80）で、ある生産性の範囲（特定の条件下）にある抄紙機のプレス入口水分に応じた最適比ニップ圧線図を想定したものが図中太実線（WRV=1.80）である。

4. ロールプレスの最適ニップ通過時間とゾーン区分の検討

4.1 最適ニップ通過時間の検討

図5にロールプレスの坪量別最適ニップ通過時間の考え方を示し、図4は図5の前提条件としてのプレス入口水分と保水度に対応する標準比ニップ圧線図を示したものである。図4の条件で比ニップ圧が選定され、ニップ圧を一定とした場合以下が図5よりわかる。

T_A：この線より下側ではゴムの軟らかい（ニップ幅が広く極圧が小さい）方が確実に控れると思われる境界通過時間

T_B：この線より上側ではゴムの硬い（ニップ幅が狭く極圧が大きい）方が確実に控れると思われる境界（ $T_B \approx 1.5 T_A$ ）

図 4 標準比ニップ圧線図

図 5 坪量別最適ニップ通過時間

T_C：フェルトマークや嵩の減少が心配になりはじめる境界（ $T_C \approx 2.0 T_A$ ）

T_D：フェルトマークや嵩の減少が問題となると思われる境界（ $T_D \approx 2.5 T_A$ ）

したがって、実際のニップ通過時間を T_A で除した比率をニップ通過時間比 (R) とすれば、 $R=1.5 \sim 2.0$ が嵩の減少・フェルトマークを最小に抑えながら控水効率を向上させるためのシングルフェルト（以下 S/F）プレスの最適（C）ゾーンということになる。

つぎに、ダブルフェルト（以下 D/F）プレスの場合は両面脱水なので、S/F と同一の比ニップ圧では湿紙内に発生する水圧が減少するため、同じ水圧になるまで高い圧力がかけられることになる。

しかし、表面性や嵩の減少問題または、フェルトサイドのドレナージ条件が不適切で高い圧力がかけられぬ場合は、S/F のニップ通過時間減少領域（ $R \leq 1.0$ ）が D/F の最適領域となる。これが $R \gg 1.0$ となるとリウエーティングの影響から S/F に劣るどころかあると害になる場合があるので注意が必要である。

4.2 抄造品種別必要ニップ幅についての検討

図5に基づき、抄造品種別に国内で生産性の高い抄紙機にあてはめ必要ニップ幅を算出しゾーン区分したのが図6で、線種は図5と対応する。

洋紙分野では高速であっても薄物であるため通常のロールプレスで十分であることがわかる。

ところが、板紙分野は低速ではあるが、大径プレスでもニップ幅が足りなくなっている。しかし、平滑性や嵩が問題となる分野についてはシュープレスではやや広すぎる。

4.3 ニップ幅が広すぎて問題となった例

一般印刷紙を抄造しているマシンの例を図7に示す。

同様の製品を抄造しているにもかかわらず、Bマシン(Kプレスを有する3ニップ)はAマシン(S/F2ニップ)に比べて全ての点で効率を落とす結果となっている。

この原因は板紙に比べて高速ではあるが坪量が少ないので、S/Fでもニップ幅が広すぎる状態にあるか

らである。

Aマシン：R=2.45 (D) ゾーン (1P)

2.34 (D) ゾーン (2P)

Bマシン：R=3.25 D/F (E) ゾーン (1P)

3.09 (E) ゾーン (2P)

2.54 (E) ゾーン (3P)

特に、R=3.25 (R $\geq$ 1.0) の1PがD/Fになっていることが、S/Fに劣るところかあると害になっているのである。

なお、最終プレス入口水分がほぼ同一であるのに、Bマシンの出口水分の方が若干高い(悪い)結果が出たのは、前段プレスでの脱水抵抗被膜の形成の度合いが異なり、搾りにくい湿紙となっていることおよび、大径ロールであるがゆえに極圧が小さくなっているからである。現在では、BマシンのD/Fを除去してS/F2ニップとして大幅に改善されたが、嵩の点からはまだAマシンの方がやや良い結果となっている。このように抄速・坪量・保水度に応じた最適ニップ幅が重要であり、決して大は小を兼ねないのである。

5. Gradient Soft Pressing (G.S.P.)

の重要性

5.1 G.S.P. 法の意味

図4と図5を用いてプレスパート操業条件の最適化を図ることができる。実機でのニップ通過時間化(R)が異なれば、標準比ニップ圧を修正する必要がある(比例でよい)。この修正された許容比ニップ圧で実際の比ニップ圧を除した百分率を負荷率とすれば、負荷率100%まではニップ圧をあげた方が確実に搾水効率が向上することになる。

ところが、100%を大幅に超えるとフレ・ツブレや衝撃による嵩の減少・表面性の悪化などが問題となる。ツブレ気味の異常脱水の場合を除いては、湿紙内の水の横移動(フレ傾向)を発生させ、搾水効率ばかりでなく層間接着強度や剛度まで低下させることになる。この負荷率をプレス方式・フェルト条件・ニップ前の真空脱水装置の有無により補正を行ない、適切な範囲となるように各プレスの比ニップ圧を選定する。

そして、プレス入口水分66%以上については、湿紙の層間接着強度の形成が第一であるので安全をみて低めの比ニップ圧、66%以下にあってはフェルトマークや嵩などを主体として調製し、前段プレスの比ニップ圧で形成された脱水抵抗よりも十分に大きい圧力を確保できるように水分の減少とともに高い比ニップ圧をかけるようにする。

このようにして湿紙強度を形成させながら脱水抵抗

図6 紙種別必要ニップ幅と通過時間

図7 ニップ幅が広すぎる例

被膜の急激な成長を抑えるために、必要最小の効率良い圧力でソフトにプレスすることにより、搾水効率・操作性を改善し、省エネ・嵩高・高平滑を達成しようというコンセプトであり、プレスパート全体を系統的に機能させるための具体的指針を示すものである。

5.2 G.S.P. 法を用いた実機例

図3にて(イ)、(ロ)を除いては、ニップ通過時間比(R)が1.0近傍にある。高い圧力をかけても搾水効率が向上しない例は負荷率が大きすぎるという点が不適切であり、低い圧力で効率の良いものはG.S.P. コンセプトに合致している例といえる。

また、(イ)は比較的低速で保水度も低いので、これにて修正すると高い圧力をかけた方が適切な負荷率になるのである。このうち、高い圧力をかけて効率を落としている実機でのニップダウンテスト結果と(ロ)低い圧力で効率を落としているものの改善例を次項に記す。

(1) G 社におけるニップダウンテスト

図8に示す如く、G 社 (270 g/m²×370 m/min) における比ニップ圧はプライマリープレスではほぼ基準どおりであるが、後半のメインプレスになると大幅に基準を超えている。これは圧力をかけさえすれば搾れると考えているからである。この常識が通用せぬ場合があることを証明すべくメインプレスの圧力を下げるテストを実施した結果、速度がわずかではあるが上昇し、なおかつ加斤量を 7 g/m² 節約できるという成果を得た。

表3はその効果の概算金額を要約したものである。

(2) C 社改善例

図9はC 社において昭和54年スーマーを設置してフレ・ツブレなど操業上の問題と効果不十分なため撤去した例(失敗)と平成6年スーマーを再設置した例(成功)の比ニップ圧線図を図示したものである。

図8 G 社白板紙ニップダウンテスト

表3 適切ニップ圧の実機適用例

ニップ圧: kg/cm

	1 P	2 P	3 P	Total	Down 量
改造前	100	150	190	440	▼110
改造後	80	110	140	330	

効果

	効果 金額
加斤量▼7 g/m ²	≒ 1,482 万円/月
速 度△2%	内 生産高 ≒ 800 万円/月
	原料節約 ≒ 650 万円/月
	電気代節約 ≒ 32 万円/月

図9 スーマー失敗・成功例の比較

改造前のニップ通過時間比(R)はD/Fのベビープレスパートで1.20~1.37(B)ゾーン、S/Fのメインプレスで1.11~1.13(B)ゾーンとなり、図3の(ロ)効率の悪い例である。ニップ通過時間比がR>1の場合は、その分標準より高い圧力をかけた方がよい。しかし、D/Fのフェルトサイドのドレナージ条件が不適切なため圧力を低めに設定したつもりでも、水分65~80%の間にて比ニップ圧のかけすぎでフレ傾向となり、その後のメインプレスの搾水効率を低下させ、最後のスーマーで増幅され完全なフレ問題となった例である。

成功例ではKプレスに改造し155 m/minから185 m/minに増速されたので、メインプレスはAゾーンに移行したが、それでも水分は2%改善されている。

このようにスーマー・ホットプレスなどの安定操業のためにも、前段プレスにおいてG.S.P.法を実施することが極めて重要である。

6. スムーザーの検討

6.1 粗さ・うねりとスムーザーの役割

スムーザーが平滑性に与える単体での効果は、視感でははっきりわかるものでも、現在の粗さを評価する測定器では数値の差は小さく、説得力のあるものにはなり得ない。

しかし、実機でのその後の仕上げ設備との相乗効果

では表4の如く平滑度も大幅に改善され、緊度上昇も少なく、グロスイメージや乾燥効率も向上するという好結果を得ている。このことからスムーザーの役割は、平らでない面で加圧プレスされ不均一な残留応力を受けた湿紙を平らな面で再加圧し、残留応力・厚み方向の水分の均一化とフェルトマークの減少を図るとともに、乾燥収縮過程でのうねり増幅を防止して平面度の向上を図ることにあると考えられる。

表 4 スムーザー有無による物性比較表

	スムーザー：有	スムーザー：無	備 考
実坪量：g/m ²	326.3	322.6	抄造品種：白板紙 310 g/m ² ×223 m/min スムーザーニップ圧：50 kg/cm 比ニップ圧：16.2 kg/cm ² スムーザーニップ編：30.8 mm ニップ通過時間比 (t/T _A)=8.3/16 ≒0.52
厚み：mm	0.401	0.399	
緊度：g/cm ³	0.814	0.804	
ポーブリール水分：%	6.8	6.1	
5群調圧群圧力：kg/cm ² G	3.06	3.20	
平滑度（ベック）：秒	357	210	
光沢度：%	44.4	44.3	

表 5 スムーザー効果とニップ通過時間比 (R=t/T_A)

会社名 仕 様	A 社 ニップダウン テスト		B 社 実 績		C 社						D 社 実 績	E 社 実 績
					昭和 54 年 スムーザー 失敗例	3 P をスムーザー として実機テスト			平成 6 年 スムーザー 再設置			
ニップ圧 kg/cm	35	35	50	50	35	30	30	30	50	50	30	25
ニップ編 mm	26.0	26.0	30.8	30.8	15.7	19.9	19.9	19.9	22.0	26.1	22.2	18.3
抄 速 m/min	530	320	199	375	155	180	100	185	185	185	87	220
ニップ通過時間 t：msec	2.9	4.9	9.3	4.9	6.1	6.6	11.9	6.5	7.1	8.5	15.3	5.0
坪 量 g/m ²	200	200	330	170	310	270	400	310	310	310	450	350
A ゾーン境界 T _A ：msec	8.7	8.7	17.7	7.0	14.8	12.0	21.6	14.8	14.8	14.8	27.5	17.7
通過時間比 R	0.34	0.56	0.52	0.70	0.41	0.55	0.55	0.44	0.48	0.57	0.56	0.28
スムーザー効果 (客先判断)	×	○	○	◎	×	○	○	×	○	○	○	△

6.2 スムーザー効果とニップ通過時間比 (R)

スムーザーの効果は薄物ほど顕著であり、厚物になると効果は少なくなることが知られている。この点に関する定量的評価のために、プレスと同様にニップ通過時間比の考え方を採用し過去のデータとの分析と実験テストを行ないその知見に基づき新設備を納入した。その評価を示したものが表5である。

この結果スムーザー有効活用のための重要項目は下記3点であることがわかった。

- ①前段プレスでのG.S.P.法の実施。
- ②プレスでの最高比ニップ圧の70~80%での加圧。
- ③ニップ通過時間比R>0.5以上。

7. ホットプレスの検討

7.1 ホットプレスデータの評価

テスト抄紙機にて湿紙を抄造し、オフマシンプレスにかけ、ホットプレス（温度：約150℃）と常温プレスとの比較テストした結果が図10～図12である。

これらの図より、ホットプレスは常温での脱水限界を破るが、時間とともに緊度が上昇してしまうことがわかる。したがって、最適な時間・圧力・温度・前段プレスの条件設定でその効果を引き出すという考えが重要であり、以下の事項が明らかとなった。

7.2 ホットプレス有効活用の前提と期待できる効果

- (1) 有効活用の前提
 - ①ホットロール表面の離型性の改善（溶射材料・封孔処理・離型剤）。
 - ②ホットプレス入口水分は55%以下であることが望ましく、用途は前段プレスでG.S.P.法を実施する条件下での最終プレンプレスとしてである。
 - ③前段プレスでの湿紙表面強度の形成が紙粉量減少のために必要であり、D/Fプレスとの組み合わせが最適である。
- (2) 期待できる効果
 - ①最適領域 (C) ゾーンにあるホットプレスでは常温プレスに比べて搾水率で2~3%、平滑度（ベック）で3~5秒の単体効果があり、緊度上昇は従来のメインプレスと同等の0.04 g/cm³以内である。
 - ②とくに平滑を出したい面の保水度が高い抄造品種に効果的である。
 - ③ホットプレスはスムーザー以上の効果があるので、片面にのみ平滑を要求される抄造品種では、その後のスムーザーは必要としない。

図10 速度 VS プレス出口水分

図11 速度 VS ベック平滑度

図12 速度 VS 緊度

7.3 ホットプレス実機1号機の実績

白ライナーを抄造するT社に、平成6年9月納入した大径ロール（ヤンキー）を利用したホットプレスの稼働状況を報告する。

従来のヤンキーマシンでは、低速では使っても高速になるとピッキング問題が生じるため、多くのヤンキーシリンダーを多筒式に変更したという経緯があり、現在でも220 g/m²で135 m/min以下の低速マシンでは離型剤を使用するだけで安定操業している例もある。

図 13 ホットプレス姿図

表 6 改造前後でのヤンキー操業条件の変化

抄造品種：内装ライナー（180～280 g/m²）

抄 速：250 m/min

	蒸 気 圧	ニップ圧	ロール表面	備 考
改造前	0.5 kg/cm ² G	0 kg/cm	鉄板	ピッキング問題 単なるドライヤーとして使用
改造後	6 kg/cm ² G max 1～3 kg/cm ² G 常用	100 kg/cm	サーメット溶射 封孔処理	離型剤：3～5 cc/min 2ヶ摺動使用

しかし、本件の場合は従来方式では到達できない 250 m/min という速度であり、将来的に 350 m/min まで増速する構想もある。

このため、ホットロール表面の離型性を改善するためのサーメット溶射と封孔処理の実施と図 13 のごとく保水度の高い表層を効率良く昇温するためのプレヒートゾーン（A～B 間）を設けたという点が新しく、ホットプレスのコンセプトである。

結果として、抄速を 10～15% 増速することができたうえに、蒸気原単位を 16～22% 改善し、嵩も変わ

らずに平滑性が一級品と同等以上の製品が得られ、所期の目的どおりの成果をあげることができた。

表 6 は T 社における改造前後の操業条件変化、表 7 は改造後の効果を示したものである。

8. プレスパート改善コンセプト

図 14 に改善コンセプトを要約したフローチャートを示す。ねらいは、中央部に示すように比ニップ圧（圧力）とニップ幅（時間）と温度を最適化することおよび、うねりを防止し平面度を向上させ仕上設備と