ベッセルピックのメカニズムと防止法

㈱日本紙パルプ研究所 大 澤 純 二

Mechanism of Vessel Picking and Control Troubles in Printing Paper

Junji Ohsawa

Japan Pulp and Paper Research Institute, Inc.

Reduction of vessel picking tendency of hardwood pulps can be achieved by (1) reducing vessel content in a stock, (2) reducing the size of vessel elements, and (3) increasing vessel-to-fiber bonding strength. Even though printing papers were made from the same beaten pulp, the vessel picking tendency changes considerably, depending on the paper machine, paper making conditions, and printing apparatus.

The most fundamental way to prevent vessel picking troubles is to eliminate large vessel elements from the surface of printing paper.

The first and the simplest way is the selection of suitable hardwood chip species which have small and slender vessel elements and conformable fibers. The second way is the removal of large and square-shaped vessel elements from hardwood pulps using hydrocyclones. The third and possibly the best way is the covering of vessel elements in paper surface with fibers using, for example, stratified sheet formation techniques.

Keywords: Vessel picking, Printing paper, Kraft cooking, Beating, Shape of vessel element, Bonding strength, Sheet formation, Filler distribution, Vessel element distribution, Stratified sheet formation.

1. はじめに

ベッセルピックとは印刷用紙の表面にある広葉樹道管要素が印刷の際に版面のインキのタックによって剥ぎ取られる現象であり、印刷面の白抜けおよび版汚れの原因となる。ベッセルピックの原因は、まず大形の道管が存在することであり、そして道管と繊維との結合力が弱いときにトラブルが基だしくなるものと考えられており、実際に工場とらわれているベッセルピック対策はおおむね次のようなものである。すなわち、(1)問題のあるチップの配合を減らし実質的に大形道管の数を減らす。(2)表面サイズ剤塗布量を増加することなどにより紙層との結合力を向上させる。(3)高濃度叩解を行い道管を破片化する、ことなどである。これらの対策には原料チップの自由度が狭くなることや、紙

品質が低下するなどの欠陥を伴うことは周知の通りである。

紙パ研では、このような欠陥を避けつつ効果的にベッセルピックトラブルを防止しうるプロセスを確立することを目標に様々な検討を重ねてきたが、ここでは、この研究を通して得られた結果を整理し、基本的なベッセルピック対策のあり方について考察した。

2. ベッセルピックに影響を及ぼす 基本的因子

印刷用紙の表面付近にある道管を図1に模式的に示したが、印刷に際してピックされる道管の数は次のような因子に支配されるものと考えられる。

- (1) 紙の表面付近にある道管の数、大きさ、形状
- (2) 道管と紙層との結合力

図1 紙の表面付近にある道管の結合モデル図

- A: 道管とその下の紙層との結合
 B: 道管上に乗っている繊維と下の紙層との結合
 C: 道管とその上に乗っている繊維との結合

(3) 道管を被覆する繊維の数と紙層との結合力

これら諸因子とベッセルピック数との基本的な関係について検討するため、様々な方法で調製したパルプから標準手抄きシートを作製し、IGT印刷試験に供した。

2.1 道管の数・大きさがベッセルピック数に影響する

フラットスクリーン法によって分離した道管フラクションと繊維および柔細胞のフラクションを再混合して、道管含有率の異なるラワンBKPを得た。これをPFIミル叩解したときのIGT印刷の結果を図2に示

図2 ラワンパルプの道管含有率、叩解濃度とベッセルピック数との関係

図4 MD叩解パルプ中の道管総面積とベッセルピック数の関係

図3 PFIミル叩解したMDパルプ中の道管(…)とIGT印刷試験によってピックされた道管(—)の面積分布(縦軸: $\Delta N\% / \Delta A$ mm²) 図5 様々な叩解法によるMD叩解パルプ中の道管面積分布(縦軸: $\Delta N\% / \Delta A$ mm²)

す。それぞれの叩解濃度において、ベッセルピック数は道管含有率にはほぼ比例する。また、印刷によってピックされる道管は、もとのパルプに含まれるものと比較して中形・大形道管の割合が多い(図3)。道管の数や大きさの総合的な効果として、叩解パルプ中の道管の総面積が大きいほどベッセルピック数が多くなるという関係があることが明らかとなった(図4)。

パルプを叩解するとピックされやすい中形・大形道管は破壊、細片化されるが、低濃度叩解より高濃度叩解の方が破壊が著しく(図5)、道管としての原型を留めないものが多くなるために、道管総面積減少の効果は大きい。

2.2 道管-繊維間結合力はどのようにして 発現されるか

多層構造をもつ紙を手抄きできるシートマシン(JPRI マルチヘッド)を考案し、ブナ叩解パルプの表面にラワンの叩解パルプから単離した道管を散在させた構造をもつ手抄き紙を調製した。ブナおよびラワンパルプの叩解条件をそれぞれ変えた組合せの手抄き紙を印刷したところ、ブナパルプの叩解が進むほど、また叩解濃度が高いほどベッセルピックは起きにくくなった(図6)。一方、ラワンの叩解程度や叩解濃度を高くしても、単離したラワン道管のピック数はあまり変化しなかった。したがって、叩解により道管-繊維間結合力が大きくなるのは、主として繊維のコンフォーマビリティが増大し、結合力が大きくなるためであると考えられる。

また、未叩解パルプから単離した道管フラクションを叩解してラワン、ブナ、針葉樹パルプなどに一定量ずつ混合したところ、ベッセルピック数はその組合せにより全く異なったことから、繊維の形態も結合力に大きく影響していることが明らかである。

図7 クラフト蒸解における活性アルカリ添加率とベッセルピック数(ラワン)

蒸解条件もベッセルピックに非常に影響していることが分かった。ラワンチップを活性アルカリ添加率を変えて蒸解し、漂白して得た品質の異なるBKPの手抄き紙の印刷結果を図7に示す。活性アルカリ添加率の高い条件ほどベッセルピック数が増えることが明らかであり、これは希アルカリ可溶ヘミセルロースの含有量や重合度が低下することなど、化学組成の差によって道管と繊維の結合強度の差がもたらされたものと推定される。

2.3 印刷面の道管を被覆する繊維のベッセル ピック防止効果は大きい

多層抄き用シートマシンで、表層をブナ、下層をラワンとする2層構造の紙を手抄きし、ラワン道管を覆うブナパルプのベッセルピック防止効果について検討した。図8に示すように、ブナ表層パルプの坪量がわずかに2g/m²で、ブナパルプ100%で抄いたのと同様にベッセルピックがほとんど起きなくなった。このと

図6 下層ブナパルプの叩解度・叩解濃度と表層叩解ラワン道管のピック率

図 8 二層抄き手抄き紙の印刷結果
表層：ブナ BKP，下層：ラワン BKP，
坪量：60 g/m²
横軸は表層ブナパルプ仕込み量

図 9 長網マシン抄造紙 (67 g/m²) における道
管と填料の Z 方向分布 (縦軸： Δ A/mm²/
mg/ Δ A/mm²)

図10 抄紙機と印刷機の組合せが各種 MD 叩解パルプのベッセルピック数に及ぼす影響
2機のテストマシンにより抄造した上質紙および標準手抄き紙を2台のオフセット
印刷機および IGT 型印刷試験機によって印刷した。

LCR, DF: 12 インチリファイナー (5%) およびデラックスファイナー (3.5%)
による低濃度叩解

12" HCR, 20" HCR, PFI 20%: 12 および 20 インチリファイナー (22.5%), PFI ミ
ル (20%) による高濃度叩解

Ac-LCR, HV-LCR: セントリクリーナー処理アクセプト側パルプおよび高粘度蒸
解パルプの LCR

キラワン道管の表面は4〜7本の繊維で覆われているにすぎない。このことから、紙層表面の道管を覆うわずかな本数の繊維が、ベッセルピック防止に極めて大きな役割を果たすと言える。

3. 紙層構造・印刷条件とベッセルピック

標準手抄き紙を IGT 印刷することにより、パルプの基本的なベッセルピックの起きやすさは評価できるが、実際に印刷用紙を製造したとき、さらにそれを商業印刷したときのベッセルピックは必ずしも予想できるものではない。それは抄紙条件により紙層構造が変化し、また印刷条件により繊維間結合力が変化するためであると考えられる。

3.1 紙層Z方向の道管・填料分布によりベッセルピックの表裏差が生ずる

長網マシン抄造の上質紙ではフェルト面からワイヤ面にかけて道管含有率が減少する傾向があり、ワイヤ面の紙層単位重量当たりの道管総面積はフェルト面の1/2にすぎなかった。また、道管-繊維間結合を妨げると考えられる填料もフェルト面に多く分布していた(図9)。したがって、道管の不均一な分布が填料分布とあいまって、印刷に際しフェルト面のベッセルピックを多くしている原因の一つと考えられる。

一方、ツインワイヤマシン(Bel Baie II)抄造紙では、両面付近の道管含有率は紙層中央部の1/2にすぎず、長網マシン抄造紙よりもベッセルピックが発生しにくいと予想される。

3.2 抄紙条件や印刷機によりベッセルピック傾向は大きく異なる

南洋産広葉樹混合材パルプ(MD-BKP:高粘度蒸解したHV、およびセントリクリーナー処理によるア

クセプト側パルプ Ac を含む)を12、20インチリファイナー、デラックスファイナー、PFIミルなどの叩解機を使用し、叩解濃度、フリーネスを変えた条件で叩解し、抄紙した。2台のテストマシンで抄紙した上質紙の2台のオフセット印刷機による印刷結果を、同じ上質紙および同じ叩解パルプからの標準手抄き紙のIGT印刷結果と対比して図10に示す。

標準手抄き紙の IGT 印刷試験結果と比較すると、テストマシン抄造上質紙を IGT 印刷した場合、叩解パルプのフリーネスの影響が大きく、それぞれの叩解機では低フリーネスまで叩解することによりベッセルピックが大幅に減少することが分かる。さらに、これらの上質紙をオフセット印刷したところ、IGT印刷でピック数が少なかった高濃度叩解(HCR)パルプではピック数が非常に多くなるのに比べ、低濃度叩解パルプで(LCR)は比較的安定しているため、LCRの方が相対的に有利になる点が特に注目値する。

種々の検討をしたところ、LCRパルプに比べ叩解による繊維の変形が大きいHCRパルプでは、抄紙工程における填料の内添、カレンダー掛けや、印刷時の湿し水の影響を大きく受け、ベッセルピック数を増加させることが明らかになった。

4. より汎用性のあるベッセルピック対策を求めて

以上述べてきたように、ベッセルピックトラブルを軽減するためには道管の数を減少すること、道管を小さくすること、繊維間結合力の大きいパルプ繊維を選択することが基本的に重要である。一方、全く同じ叩解パルプであっても抄紙・印刷条件によってベッセルピックの起きやすさが大きく変わりうることも明らか

図11 セントリクリーナー処理濃度と道管分離効率

(A) 道管面積の影響

(B) 道管形状(長辺長さL/短辺長さD)の影響

であり、品質の劣る広葉樹パルプを使用するかぎり、従来通りの対策ではベッセルピックトラブルの不安は根本的にぬぐいさることのできない問題である。

最も基本的なベッセルピック防止方法は、ピックされやすい道管を印刷面から締め出すことである。そのためには製紙工程のうち次の3つの段階、すなわち、(1)チップ、(2)パルプ、そして(3)抄紙の段階で対策をとることができる。

初めのチップの段階で樹種を選択することは、ピックされやすい大形道管を排除すると同時に結合性のよい繊維を選択することでもあり、極めて有効ではあるが汎用性をもつ対策とはなり得ない。

次のパルプの段階で道管を繊維から分離除去するために種々の分離法を検討したところ、液体サイクロン（セントリクリーナー 600）処理が最も効率的であることが分かった。図11に示すように、ラワン BKP の低濃度スラリーを液体サイクロン処理すると、ピックされやすい大形の道管がリジェクト側に効率良く分離される。ただし、細長い道管は大形であっても分離

されにくい傾向をもつため、南洋産混合材パルプの道管の分離効率はラワンパルプに比べると非常に劣るが、それでも図10に示したように、実際のベッセルピック防止効果は極めて大きい。大形道管を完全に分離除去するのは不可能に近いが、有力なベッセルピック軽減手段である。

最後の抄紙の段階で紙表面から道管を排除する方法は2.3項で述べたように極めて効果的である。ベッセルピックを起こしやすいパルプを主原料とする紙であっても、適切な紙層構造、すなわち印刷面となる紙表面を 2g/m^2 以上のベッセルピックを起こさない良質のパルプで覆う構造をもつ紙を製造することにより、ベッセルピックはほぼ完全に防止できる。その様な紙の製造には、抄き合わせによらない、単一ヘッドボックスによる多層抄紙技術が適しており、しかも従来のベッセルピック対策のもつ、使用可能樹種の制約、紙品質の低下、あるいはパルプ調成工程の複雑化などの欠点を伴わず、ベッセルピックトラブルの発生しない印刷用紙の製造が可能である。