洋紙向け DIP におけるフローテーターについて

王子製紙株式会社 技術部 田 中 泰 斗

Flotation for Printing and Writing Paper

Yasuto Tanaka

Technology Division, Oji Paper Co., Ltd.

The utilization rate of waste paper reached 60.2% in 2003. The expansion of utilization for paper instead of board will be necessary to promote above figure (60.2%). This will require an improvement of DIP quality close to virgin pulp without extra cost possible.

In this article, OK Flotator is introduced for high quality as an example of efficient rotary mixing system. This Flotator can be operated over a wide range of G/L and atomizer rotation speed to have stable de-inking effect on every ink sizes depending on material and operation.

Keywords : ONP, de-inking, flotation, Flotator

分類 : G₅ 脱インキ, G₁ 古紙一般

1. はじめに

環境意識の高まりによる再生紙需要の拡大, 古紙回収量の増加などにより, 2003 年の古紙利用率は 60.2% まで達した。これは, 古紙処理技術の向上に伴い, 多種・多様な古紙の利用が可能になってきたことが一因と考えられる。今後, 更なる利用率の向上を図る上では, 既に上限に近づいている板紙よりも, まだ利用率の低い洋紙への拡大は避けて通れない。

洋紙向けに利用される古紙は, 依然新聞古紙が中心であり, 利用拡大を図るにはコスト増にならずにバージンパルプ品質にいかにも近づけるかが重要なポイントとなる。そのため, 従来下記物質の効率的除去対策が必要とされてきた。

- ① 異物(ビニール類, 粘着物, ホットメルトなど)
- ② インキ・顔料(未剥離インキ, 微細インキ, 灰分など)

近年の古紙処理技術の進歩には目を見張るものがある

り, 異物類への対応については, パータイプ化に伴う狭小化スリットスクリーン処理等によって大幅な品質改善がなされてきた。また, 脱墨についても, 日本の新聞古紙は, 軽量化・オフセット印刷化が急速に進んだため, 国際的にも脱墨が困難となっているが, 高性能のデイスパーザー, フローテーター並びに洗浄機などが開発・改良されてきた。今後も古紙利用率の向上, 環境・省エネの観点からも, 更なる新技術の開発や活用が望まれる。

本報告では, 洋紙向け DIP の中で特に重要な工程と考えているフローテーションに焦点をあて考察する。

2. 脱 墨

脱墨方法は, 洗浄法とフローテーション法とに大別される。洗浄法は微細なインキ粒子などの除去に, フローテーション法は, ある程度粗大なインキ粒子などの除去に適している。フローテーション法の原理を図 1 に示す。

図1 フローテーションの原理

気泡サイズ	浮上速度	比表面積	インキ吸着	インキ・繊維分離効率
	大	小	小	大
	小	大	大	小

図2 気泡サイズとインキ脱着の概念

尚、インキ除去に適した粒径は、一般的に洗浄法では $\Phi 10\mu\text{m}$ 以下、フローテーションでは $\Phi 10\sim 150\mu\text{m}$ といわれている¹⁾。脱墨工程では、フローテーションと洗浄をバランス良く組み合わせることが重要である。

フローテーション法は、洗浄法に比べ、インキ等を繊維から効率的に分離し、かつ濃縮排出が可能である特徴をもつが、その特徴を発揮するには、繊維ロスを最小限に抑えつつ、いかにインキを泡へ効率的に接触させるかが鍵となる。フローテーションに関わる重要因子については後述するが、適切な気泡状態（均一な気泡、適切な気泡径）にすることが基本となる。

一般的には、図2に示す通り、気泡が大きすぎると上昇速度が大きくなるため、泡と繊維との分離効率は上がるが、泡の比表面積は小さくなりインキ吸着面積が減少するため脱墨性は悪化する。逆に気泡が小さすぎる場合、泡の比表面積が大きくなり泡へのインキ吸着量は増えるが、泡の上昇速度が遅くなるため、泡と繊維の分離効率は悪化し繊維ロスは大きくなる。

3. フローテーター

3.1 高効率フローテーターの開発

80年代に入り新聞用紙の軽量化・オフセット印刷

化に対応するため、微細インキの除去率アップを狙った高効率フローテーターが開発され、現在では、図3のような、空気を原料とは別に強制的に吹込みながら機械的に攪拌する『ロータリーミキシング方式』[例：タービン式MT型フローテーター（Voith IHI）、回転散気管型OKフローテーター（王子エンジニアリング）]、原料供給圧を利用して自然吸気し、ディフューザーにて気泡を分散混合させる『インジェクター+ディフューザー方式』[例：EcoCell（Voith IHI）、MacCell（相川鉄工）など]に大別できる。

前者は“強制給気と攪拌性アップを図ることによってインキ接触頻度を増加させる”のに対し、後者は“自吸式のため少ない空気ではあるが、吸入・混合の回数を増やすこと（セルのシリーズ配置）でインキとの接触頻度を向上させている”といった違いがある。

3.2 ロータリーミキシング方式の概要

弊社では、ロータリーミキシング方式が高効率化には適していると考え、OKフローテーターを開発した経緯もあり、本方式の運転経験を数多く持っている為、以下OKフローテーターを代表例として述べて頂く。

OKフローテーターは、図4に示すように、内部が2室に仕切られており、各室毎に散気管を配置しフローテーションを2回繰り返す構造となっている。

尚、原料が1室目から2室目へ送られる際、この間で強制的な下降流を作り出すことで気液分離を行い、1室目から気泡を持ち込まないような工夫がされている。2室目に送られた原料は、1室目と同じ作業を繰り返し、アクセプトとして次工程へ送り出される。

フロスは各室上部の樋から自然排出され、シャワーにて破泡され2次処理工程へと送られる。以前はスキマーによる強制掻き出しを採用していたが、スキマー有無で性能に有為差が無かった為、省エネ・機械メン

図3 高効率型フローテーターの概念図

図4 OKフローテーター（王子エンジニアリング）

テナンス状の理由から現在では採用していない。

3.3 フローテーターの重要因子

フローテーターの種類によって各因子の重要度は多少異なると考えられるが、OKフローテーターのようなロータリーミキシング方式を採用するフローテーターの場合、一般的に次の因子が重要と考えられる。

- ① エア供給量（G/L等）
- ② 脱墨剤（種類・添加率）
- ③ 歩留り（フロス率）
- ④ その他（濃度、温度、pH）

3.1.1 エア供給量

フローテーターへのエア供給量の管理指標は、セル有効容積当たりの空気量（G/L、G/Vなど）が用いられる。G/Lは以下のように定義される。

G/L =

$$\frac{\text{空気供給流量 (Nm}^3/\text{分)} \times \text{原料滞留時間 (分)}}{\div \text{セル有効容積 (m}^3\text{)}}$$

G/Lが大きければ脱墨効率は向上するが、ただ空気量を増やすだけでは泡径が大きくなるため、インキ捕捉性の低下、並びに液面の不安定化によるインキ分

離効率の低下が発生する。重要な点は、G/Lを増加させるとともに、気泡径を適切な大きさに保ちながら液面を変動させない攪拌をつくりだすことにある。

3.1.2 脱墨剤

脱墨剤の主な役割は、古紙離解工程ではインキ剥離の促進、フローテーション工程においては、剥離・分散したインキの凝集である。フローテーションでの泡層を確保する目的では、主に非イオン性界面活性剤が用いられ、特にディスペンサーなどにより微細化したインキを除去するため、凝集効果の大きい脂肪酸の単独使用又は非イオン性界面活性剤との併用が望ましい。

また、脱墨剤の選定、並びに発泡性の管理において、フローテーション工程の温度もまた重要な指標となる。

3.1.3 歩留り

インキを効率的に除去するためには、フロス中に含まれるインキ分を増加させることに加え、いかに繊維ロスをさせないかが重要となる。単純に発泡性を増加させる、あるいはセルの滞留時間を長くするとといった対応をとっても、インキの分離効率は向上せず繊維ロスを増加させてしまう。

また、チラシに含まれる塗工紙比率が高い場合、フローテーターで過発泡になりやすく、更に繊維ロスを増加させる原因となる。これは、塗工填料中から溶け出すカルシウムが気泡を安定にすること、填料に含まれる分散剤にも発泡性があることなどが要因と考えられている。特に、高G/Lで操業を行う場合、脱墨剤には低発泡性タイプが求められる。発泡状態は、発泡成分のほかにpHや温度によっても変化するため、古紙原料状況・季節変化に応じた調整が必要になる。

その他、操業において、脱墨剤添加率の増減、フローテーター液レベルの増減などで微調整を行う場合もある。

最終的に歩留りを決定するのはフロス率である。通常、フローテーターは2段カスケード処理を行いフロスを排出し、2次を含めたトータルフロス率は、原料・泡の性状によって多少異なるが大凡10%以下としている。

3.1.4 パルプ濃度

フローテーションの処理濃度は1%程度が最適であるが、濃度が約1.3%以上になると繊維がインキと気泡との接触と分離を妨げるため、インキ分離効率は極度に低下する。濃度の安定化は、フローテーションのインキ分離効率の安定化につながるため、極めて重要である。

4. OK フローテーター

4.1 性 能

OK フローテーターは、大量の空気吐出・分散並びに攪拌機能を兼ね備えた『ロータリー式散気管』を採用することで、インキの吸着・排出に適切なサイズの気泡を大量に原料に吹込むことが可能となり、8~10という高 G/L を達成できることが大きな特徴となっている。

ロータリー式散気管は、一例として、図5に示すような形状をしており、プロアから送られたエアを丸孔状の突起部から吐出させながら回転する。この突起によって気泡のせん断並びに原料の攪拌が行われ、散気管の回転方向の回流に乗って上昇しながら気・液の混合を図る。また、孔形状の異なる散気管にて、周速 17 m/s の高速で使用するケースもある。

散気管の上方には垂直方向に整流板が配置され、散気管から吐出される気泡の流れを安定化させ、原料との混合並びに液面・泡層面の均一化を図っている。この結果、高い白色度上昇ポイントが得られ、DIP の高品質対応を可能にしている。

その他の特徴としては、セル高さが十分確保されているため、気液の接触・分離時間を長く保つことができ、液面の安定化・十分な泡層の確保によりフロス側への繊維流失が最小限に抑えることができるなどが挙げられる。

また、古紙に塗工紙が多く含まれる場合、比重の重い灰分が散気管付近に溜まり、閉塞し易い傾向になるが、散気管形状の変更などを行うことで閉塞傾向は全く見られていない。古紙状況の違いに対しても、フローテーション性能は長期にわたり安定化し、品質・操業面で極めて有効である。

4.2 実 例

OK フローテーターの特徴を整理すると、幅広い G/L 管理、周速変更による幅広いインキ除去対応が可能という点である。主なファクターとインキ除去性の関係の実例は以下の通りである。

- ① 散気管高周速でのインキ粒径毎のインキ除去性
・散気管周速を増加させるとインキ粒径 $\Phi 3 \mu\text{m}$ 以上の全般にわたりインキ除去性は向上
- ② 高 G/L でのインキ粒径毎のインキ除去性
・散気管高周速下において、高 G/L のケースがインキ粒径 $\Phi 3 \mu\text{m}$ 以上の全般にわたり除去性は向上
・上記条件で滞留時間を短縮しても微細インキ（粒径 $\Phi 10 \mu\text{m}$ 以下）の除去性は高い

図5 散気管概略図

図6 フローテーター最適化概念

4.3 洋紙向け DIP フローでのフローテーターの位置づけ

洋紙向け DIP の中でも上質紙や PPC への配合を目的とした場合、ダブルフローテーション、ダブルディスパーザー方式（場合によって +FAS 晒工程）を採用する工場が多いが、プレフローテーションとポストフローテーション工程の役割は大きく異なる。

一般的にプレ工程は、晒効率の向上及びディスパーザーでのインキ微細化影響を最小限にすることを目的に、パルパーで離解された際に遊離した粗大インキの除去性能が求められる。また、ポスト工程は、ディスパーザー・晒工程で発生する微細インキ除去性能が求められる。

前項の性能評価からも示されているように、OK フローテーターは G/L・散気管周速の最適化により、幅広い粒径のインキ除去に対応できるため、プレ・ポスト何れの工程においても適用が可能である。また、短い滞留時間においても、エア供給量・散気管周速を増加すれば微細インキ除去性は向上するため、ポスト工程において、特に効率的な活用が可能である。

4.4 今後の展望

84 年に開発されて以来，いくつかの省エネ対策が施され，98 年には高品質 DIP への対応を目的として以下のような大幅なリニューアルが行われている。

- ① 室間に気液分離槽設置によるインキ除去率アップ（白色度上昇 2 割アップ）
 - ② 散気管の孔形状改良による低動力化（旧型に比べ約 30% の省エネ）他
- フローテーターに要求される性能については，図 6

の概念図に示すように，低動力・短い滞留時間の中で，いかに歩留りを下げずに高いインキ分離効率を出せるかがポイントとなる。

今後も散気管形状，周速，G/L 等の最適化を進め，更なる省エネ・高効率フローテーターの技術発展に努めたい。

参 考 文 献

- 1) 泥谷直大：紙パルプ技術タイムス 1992 年 3，4 月号