平成 17 年度佐々木賞受賞講演*

微細インク除去性能に優れた MT-フローテータ*

株式会社アイ・エイチ・アイ フォイト ペーパーテクノロジー 岩 重 尚 之

High Performance Flotator for Smaller Ink Particles Removal, “MT-Flotator”

Naouki Iwasige

Voith IHI Paper Technology Co., Ltd.

Flotation is the most important process for increasing brightness, removing hydrophobic contaminants in Deinking system. Particularly, smaller ink particles have a big influence on brightness than bigger ones.

Since 1985, many new Technologies were applied for NDIP (News to News) to detach ink particles from fibers and therefore improve appearance of the paper. As an example there is the High consistency pulping, Serial Kneading/Dispersing, high consistency soaking and new type of Soap with strong penetration.

The result was that ink particles were made smaller and smaller during the detachment of the deinking process. Because of that deinking system requires the removal of smaller particles by innovative flotators.

In 1990, the MT-Flotator has been developed by Ishikawajima Heavy Industries (IHI), Ishikawajima Industrial Machinery (IIM) and was awarded the Sasaki's prize by Japan Tappi on 2005. Since 2001, Voith-IHI Paper Technology Co., Ltd. Is the developing centre of MT-Flotator technology. This presentation picks up some of the advanced technologies of the MT-Flotator. Additional to that the new generation of MT II-Flotator is also introduced.

分類：G₁ 古紙一般，G₅ 脱インキ

* (株)アイ・エイチ・アイ フォイトペーパーテクノロジーは、微細インク除去性能に優れた MT-フローテータにより平成 17 年度（第 33 回）佐々木賞を受賞。本報は平成 17 年度年次大会における講演内容である（講演 No. B1）。

1. はじめに

1980年代のDIPが抱えていた問題点は、急速に広まった新聞紙の高速オフセット化、カラー化による難剥離性に起因する未剥離インクの増加であり、一方の一般印刷紙においてはインパクト式から高速ノンインパクト化によるインクの難剥離性、難分散性に起因する残存粗大インクの増加であった。1990年代には、これらの対策として各工程に次のような新技術が適用された。

- ・ 離解工程：低濃度パルピングから高濃度パルピングへ、高剥離浸透性界面活性剤への変更
- ・ ソーキング・漂白工程：中濃度長時間ソーキングから高濃度高温ソーキング&漂白とディスパーキング、ニーディングの併用
- ・ 高濃度剥離分散工程（ディスパージョン）の2重・3重化

これらの対策は結果として 10μ 以下の微細インクを大量発生させ、従来型フローテータでは除去できずに完成原料中に残留したため大きな白色度低下を招いた。

粒径 10μ 以下の微細インクは残インク面積が例え小さくても白色度への影響は非常に大きく、DIP工程中のフローテータの微細インク除去性能がシステム構成や様々な原単位を決定付ける要因となった。また、微細インク除去対策として高速洗浄機を利用する例も多くなったが、その白水に分離された微細インクを選択的に除去するには従来型浮選機や加圧浮上装置では不十分であり、この分野においても微細インク除去性能の高いフローテータが待ち望まれていた。

この要求に答えるフローテータとして約3年の歳月を掛け、1990年（平成2年）に完成したのが「MT-フローテータ」である。基礎研究は、石川島産業機械㈱/石川島播磨重工業㈱にて行われ、2次元、3次元モデルによる研究、実機試作研究は、石川島産業機械㈱にて行われ完成に至った。発売開始以来、微細インクの除去能力が高いだけでなく、動力原単位・薬品原単位が低く、濃度変動に強く、リジェクト率が少ない等、安定した脱墨性能が実ラインで実証された結果、本年度の紙パルプ技術協会 佐々木賞の栄誉を頂いた。

本稿では「MT-フローテータ」とその中心技術を更に発展させた「MTⅡ-フローテータ」についても一部を紹介する。

尚、両機種共に平成13年4月 Voith Paper 社と IHI 社によって設立された Joint Venture 会社である㈱アイ・エイチ・アイ・フォイト・ペーパーテクノロジー

（略称 VIPT）がエンジニアリングと販売を行っている。

2. MT-フローテータの基本構造

MT-フローテータの基本構造を図1,2,3及び写真1, 次世代フローテータであるMTⅡの外観を写真2,3に示す。

MT-フローテータは、円筒横型セル本体、微細気泡発生装置（半月形給気管と高速回転タービン）、フロス排出用スキマーとトラフまたは、配管、タービン駆動用ドライブから成る。図3, 写真1の微細気泡発生装置の基本構造は、MT及び、MTⅡ共通である。写真2,3の次世代フローテータとして開発されたMTⅡは密閉型のためフロス出口は配管接続でありスキマー装置は不要となっている。

3. MT-フローテータの中心技術

1) 微細気泡と微細インクの除去性能

一定体積の空気を液中に混入させる場合、気泡の総

図1 MT-50型フローテータ

図2 MT-フローテータの基本構造

図 3 微細気泡発生装置

写真 3 MT II-03 型フローテータ

写真 1 高速回転タービン

図 4 流量リジェクト率と白色度

写真 2 MT II-15 型フローテータ

表面積は気泡径に反比例するので気泡径が小さいほど総表面積は大きくなる。また、気泡の上昇速度は気泡径にほぼ比例するため液深さが一定の場合、滞留時間

は気泡径に反比例する。

即ち、気泡径を小さくできればその 2 乗に反比例して気泡表面積が増え、滞留時間の増加により微細インクが気泡に接触するチャンスが飛躍的に増えることになる。

一方、気泡径が小さいことは繊維分が泡に付着することを防止でき固形分リジェクト率は小さくなる。

気泡を多量に発生させるため流量リジェクト率は高くなるが、選択的な分離を行えるため一般的な 1 次処理の場合、固形分リジェクト率は流量リジェクト率よりも低くなる。図 4 に流量リジェクト率と白色度を示す。

2) 回転タービンの小径・高速化

MT フローテータの気泡発生装置は微細気泡を多量に発生させるために数多くの剪断エッジを有した小

図 5 MT-50 型フローテータ断面構造図

図 6 タービン回転数と溶存空気量

図 7 タービン回転数と最大 G/V

なポンプブレードをコアパイプ周りに配置し、このブレード吸い込み口に加圧空気を供給し、ブレードの内外エッジの剪断によって微細な気泡を発生できるように設計されている（図5）。

一方、原料とのミキシングを行うためには供給空気量を遥かに上回る吸い込み・吐き出し能力を持つ必要があり、回転タービン径は可能な限り小さく且つ、高速回転させる設計となっている（図6,7）。

MT II の気泡発生装置は、MT より小径のタービンをより高速で回転させることにより、微細気泡の発生能力を飛躍的に向上させたものである。

3) 気泡発生装置の配置と筒体セル

微細気泡発生装置はら旋状流れの上昇側の底部に偏芯して配置され気泡の浮上流と液流れに大きな相対速度差を発生させないようにし、気泡に付着したインク粒子の剥離を防止している。

図 8 MT-フローテータ斜影図

また、原料入口を端面底の接線方向から流入させ筒体内にらせん状の流れを発生させ徐々に出口側へ進めながら微細気泡との接触を繰り返すよう気泡発生装置は入口側から出口側に筒体セル流れ方向に配置されている。図 8 に MT-フローテータ斜影図を示す。

4) 微細気泡層によるリフトアップと自由表面での破泡とスパイラルフロー

多量の気泡表面水膜にトラップされたインク粒子は上昇し、厚い泡層を形成しながら徐々に自由表面に近づき自由表面で破泡した前後にスキマーブレードにより系外に排出される。均一な微細気泡が下部から多量に発生しているため破泡後のインク凝集体もドロップダウンすることなくインク粒子が排出される。

その後、原料流れは緩やかに下降流となり再度、気泡発生装置吸い込み口へ導かれ新たな原料、気泡とミキシング・接触→上昇→排出を繰り返す。自由表面、泡層が排出トラフ方向に向かうよう筒体セル内のスパイラルフロー方向や気泡発生装置の偏芯配置、連通口配置が決められている。

5) 脱墨性能の安定性を向上させた内部仕切り

筒体セル内部には 3 箇所の仕切り板が設置されセルは 4 分割されており、原料は仕切り板底部の気泡発生装置貫通部の開口を通過しないと次槽へ行けない構造とし、原料のショートカットを防止し、脱墨性能の安定性を向上させている。

4. MT-フローテータの改良

1) 上部カバーとセル内洗浄装置

セル上部に大型 SUS カバーを標準装備とし機外にヒュームが漏れることなく、フローテータ周りの汚れが少なくなった。また、定期的なセル内部の洗浄用にバルブを開くだけでセル内を旋回ノズルが洗浄してくれる洗浄装置を標準装備。

MT II ではセル本体内部にフロストラフが内蔵されており、上部カバーも不要となり、フローテータ周りの汚れが一掃された。

2) 給気管自動洗浄装置

給気管内の詰まりは構造改良により少なくなったが、原料運転中に給気管内の洗浄ができるよう自動給気管洗浄装置を開発し、メンテナンスフリーを実現。MT II では給気管形状を見直し、詰まりそのものを無くすることができ洗浄装置は不要となった。

3) 軸シール部の改良、チェーン消耗品の削減

軸シール部は標準仕様 G1 シール方式と長寿命型メカニカルシール方式が装備可能となり、メンテナンスフリーを実現。スキマーチェーンは軽量化によって消耗部品が大幅に削減された。MT II は密閉型でフロス排出用スキマーが無い為、消耗部品は軸シール部のみとなった。

5. MT-フローテータの性能と特徴

MT-フローテータは次のような性能と特徴を有している。

- ① インク除去率が高い
 - ・ 90～95%
 - ・ 特に 10 μ 以下の微細インクの除去率が高い (図 9)。
- ② 固形分リジェクト率が小さい
 - ・ 5～8% (ONP-DIP 1 次)
 - ・ 30～50% (ONP-DIP 2 次, 白水)
- ③ 選択的な灰分除去率が高い
- ④ 動力原単位が低い
- ⑤ リジェクト中の灰分含有率が高く、繊維分含有量が非常に少ない

6. MT-フローテータの応用

画期的な洗浄機であるコンパクトウォッシャー (Compact Washer) とその白水処理機として MT-フ

図 9 粒径別インク面積除去率

ローテータを組み合わせた Pre-Deinking, Final-Deinking システムによって微細インクを除去している例も多い (図 10, 11)。

PD/FD システムにおけるコンパクトウォッシャーと MT-フローテータは以下の機能を分担している。

コンパクトウォッシャーは、高濃度下 (少量の水) において疎水性・親水性に関係なく、約 60μ 以下の微細な成分 (インク粒子・灰分・繊維) を白水側へ分離集積する。

MT-フローテータは、その白水中からインク粒子、悪玉灰分 (インク粒子を抱いた灰分やタルク・炭カル等の比較的表面電位の低い灰分)、スティッキー等の疎水性粒子を選択的に除去し、繊維分・善玉灰分及び水を回収する。この白水処理こそ微細インク粒子の除去性能の高いフローテーションが必要となる。図 12 に PD システムの微細成分除去効果を示す。

図 13 は PD システムにより悪玉微細成分が除去されることで後段の漂白工程の薬品原単位が大幅に削減されることを示す。

印刷用紙用 DIP において不透明性に寄与する微細成分を回収したい場合に白水フローテーションを推奨

PDシステムによる微細インク除去効果
JONP-DIP, LCP後

図 12 PD システムの微細成分除去効果

図 10 PD/FD システム

図 13 PD システムの効果

図 11 システム構成

するが単純な微細成分除去を目的とする場合は、MT-フローテータではなく、繊維回収用コナストレーナと DAF (加圧浮上処理) の組み合わせを推奨する。

7. おわりに

佐々木賞受賞の栄誉を戴けたのはひとえに日本の製紙業界の皆様方のご愛顧とご指導の賜物である。われわれ VIPT は製紙機械の総合サプライヤとして 4 年目を迎えたが、今後共、機器単体はもとよりシステムサプライヤとして皆様方のご期待に答えて行く所存である。