原 質 分 科 会

プレッシャーディフューザーの操業経験

王子製紙(株)江別工場 山 田 裕 良

Mill Experience of Pressure Diffuser

Hiroyoshi Yamada

Oji Paper Co., Ltd.

Oji Paper Co. Ebetsu mill has introduced Kamyr's Pressure Diffuser into the blow line of Kamyr continuous digester to improve the washing efficiency. At the beginning of operation, an expected result had not been obtained especially in the case of hard wood pulping. Through the successive improvements in the mechanics, our purpose has been achieved sufficiently.

Keywords: Pressure diffuser

1. はじめに

当江別工場の未晒パルプの洗浄力の強化のために、58年7月にカミヤ連続加圧式ディフューザー洗浄装置（プレッシャーディフューザー）を設置した。プレッシャーディフューザーは1980年に1号機が稼動して以来、当工場で5基目、我が国では初めての導入であった。設置当初より NUKP では目標の洗浄効果が得られたものの、LUKP では目標の洗浄度が得られなかった。しかしその後の設備上の一部改善、操業方法の変更などにより現在では十分満足し得る性能を発揮している。ここでこの装置の概要と、これまでの操業経験について述べたい。

2. プレッシャーディフューザーの設置理由

当江別工場は工場近代化の目的で昭和53年にそれまでのパッチ釜に加えて連続蒸解釜、ディフューザーウォッシャー、スクリーン、置換晒という一連の原質設備を設置した。連釜は LUKP 550 t/D というところで設計されたものであるが、省エネルギーの目的と当社苫小牧工場への NBKP 供給量の増加に対処するために、翌54年から連釜についての NL 交互蒸解を始めた。その後連釜の生産量を徐々にあげていき、56年にはパッチ釜を停止するに至った。現在では LUKP 700 t/D、NUKP 550 t/D の生産を行っている。

連釜はカミヤのハイヒート洗浄付き気相釜であり、

洗浄はこのハイヒート洗浄とディフューザーウォッシャーとの組合せで行っていた。釜の増産に伴いハイヒートでの洗浄液のアップフローによるチップ降下の阻害トラブル、いわゆるハンギングトラブルが起き易くなってきた。このためやむを得ず釜内へ入れる洗浄水量を減少させる、つまり DF（稀釈係数）を下げる操業を行わざるを得なくなった。その結果釜内洗浄が充分行われず、ブローパルプの持ち出しアルカリが増加し、蒸解用アルカリ、消泡剤、晒用薬品などの使用増、稀黒液濃度低下によるエバポレーターの蒸気増などを招く結果となった。これらの問題解決のために洗浄装置の増強をせまられたわけである。

洗浄装置としてドラムタイプ、従来型ディフューザーウォッシャー、プレッシャーディフューザーとあったわけだが、ブローラインに直結できるため既設のフローに組み込み易い、設置面積が小さい、省エネルギータイプである、洗浄能力も充分高いということでプレッシャーディフューザーの設置を決定した。

3. プレッシャーディフューザーの概要

3.1 プレッシャーディフューザーの特徴

プレッシャーディフューザーはカミヤ社が開発したもので、10%程度のパルプを全密閉のシエルの中で処理するタイプのものである。その特徴をあげると次のようになる。

(1) 加圧密閉式である

このために圧力を持ったブローラインに直結でき、蒸解釜の圧力でのパルプ移送が可能である

(2) 中濃度処理である

ドラムウォッシャーのような稀釈濃縮をくり返さず、入口から出口まではほぼ10%前後の一定の濃度で処理できる。このため電力消費も少ない

(3) ストレーナー面積当りの処理量が多い

すなわちストレーナーの面積が小さくてすみ、設備もコンパクトになり設置面積も小さい

(4) 置換洗浄方式である

洗浄効率が高い

(5) 独特の逆洗方式を採用している

(6) 臭気対策が不要である。

3.2 設備仕様

次に当工場に設置したプレッシャーディフューザーの主な設備仕様について記す。

(1) 設計条件

処理能力：LUKP 720 ADt/D 最大 750 ADt/D

NUKP 570 ADt/D 最大 600 ADt/D

入口パルプ濃度：LUKP 9～10%

NUKP 8～9%

稀釈係数 (DF)：2.5

ブロー温度：85～110°C

(2) 機器仕様

型式：カミヤ連続ディフューザーウォッシャー

50型 2ステージ抽出

寸法：2,300 mm ϕ × 18,900 mm H

総容積 45 m³ パルプゾーン 27 m³

スクリーンプレート：板厚 5.0 mm 目穴 1.0 mm ϕ

面積 50 m² 開口率 7.63%

洗浄水チャンバー：容積 18 m³

ボトムスクレーパー：掻羽根式 75 rpm

油圧ポンプ：可変容量ピストンポンプ

500 l/min × 295 kg/cm² × 150 kW

使用圧力 90～180 kg/cm²

油圧シリンダー：内径 215 mm ϕ

ロット径 100 mm ϕ

作動長さ 700～750 mm

3.3 構造

プレッシャーディフューザーは、図1に示すように1度の傾斜で底部に向かって広がった円錐型のケーシング、その内側のスクリーンプレート、洗浄水を注入するチャンバー、ボトムスクレーパーからなっている。頂部にはスクリーンプレートを上下に動かすための油圧ピストンと、付属する油圧装置が据えられている。

本体中央部には2本のリングパイプがあり、それぞ

図1 プレッシャーディフューザーの構造

れこれにつながる8本のパイプによって本体とつながっており、抽出液はここから排出される。本体下部には更にリングパイプがあり、洗浄水はここより10本のパイプを通じて本体内部にある洗浄水チャンバーへ供給される。また下部にはボトムスクレーパーがありバルブの出口が中央最下部にある。

ケーシングの内側には油圧ピストンとそれにつながる6本のアームに支えられたスクリーンプレートがある。このプレートはケーシングと同形の同心円錐台であり、これに径1 mmの穴がけられている。パルプマット層と抽出液はこのスクリーンプレートで分けられるが、そのため上部と下部で接液部をシールする必要があり、それぞれケーシングフランジ部全周にルーロンと呼ばれるテフロン製のスライドベアリングが取り付けられている。スクリーンプレートはこのスライドベアリングとすり合いながら上下する。更にスクリーンプレートと200～300 mmの間隔において洗浄水をパルプマット中に吹き込むためのチャンバーが据えられている。

この洗浄水チャンバーは円筒形で円周方向に6個、上下に14段に分けられた穴があり洗浄水はここより吹き出す。すべての穴にはバルブ逆流防止用のチェック弁と流量コントロールを目的としたオリフィスが入っている。穴の外側には洗浄水を円周方向全体に、より均一に吹き出させることを目的としたパッフルプレートが取り付けられている。

3.4 オイルユニット

オイルユニットは油圧によりスクリーンプレートを上下動させるためのものである。これはオイルポンプ、油圧シリンダー、高圧および低圧アキュムレーター各種の特殊なバルブよりなっている。

1) 上昇運動 (図2)

スクリーンプレートの逆流のために急激な上昇運動を行わせる。スクリーンプレートが下端に達しリミットスイッチが働くとダイレクショナルパイロット弁が作動し、ダウンストロークカートリッジ弁が閉じる。それと同時にアップストロークカートリッジ弁が開き、

高圧アキュムレーター内のオイルをシリンダー下部に送り込み、ピストンを上方に急激に押し上げる。シリンダー上部のオイルは低圧アキュムレーターへ流れ込む。

2) 下降運動 (図3)

バルブの洗浄はスクリーンプレートの下降運動中に行われる。急激な上昇運動が完了し、頂部のリミットスイッチが作動するとダイレクショナルパイロット弁が作動し、ダウンストロークカートリッジ弁が開き、アップストロークカートリッジ弁が閉じる。高圧オイルはフローコントロール弁、ダウンストロークカートリッジ弁を通してピストン上部に流れる。ピストン上下の圧力は同じであるが、断面積が下部の方がピストンロッドの分だけ小さいため、ピストンは下降する。この下降スピードはフローコントロール弁で制御される。また、上昇スピードは、オイルポンプの圧力によって調整される。

3.5 洗浄機構

プレッシャーディフューザーの洗浄サイクルは置換洗浄とスクリーンプレートの逆洗よりなる。次にこの洗浄機構について述べる。

1) 置換洗浄 (図4)

図2 オイルユニット (上昇運動)

図4 洗浄機構 (置換洗浄時)

図3 オイルユニット (下降運動)

図5 洗浄機構 (逆洗時)

プレッシャーディフューザー上部より入ったパルプはスクリーンプレートとチャンバー間を下降する。このパルプ下降速度に近い速度でスクリーンプレートも下降し、チャンバーより洗浄水がパルプマット中に吹き込まれる。ブローパルプ中の黒液は洗浄水で置換されスクリーンプレートを通して抽出パイプより排出される。

2) スクリーンプレートの逆洗 (図5)

置換洗浄が行われるにつれてスクリーンプレートにパルプマットが押しつけられ、次第に汙濁抵抗が増してくる。この状態が続いた場合スクリーンプレートの抽出液側とパルプマット側との差圧が増大し、パルプ詰りにより抽出ができなくなる。これを防ぐためにパルプマットを強制的にはがす逆洗が必要となる。

逆洗はスクリーンプレートを急激に上方に押し上げることによって行われる。プレッシャーディフューザー本体ケーシング及びその内側のスクリーンプレートは1度の傾斜で下方へ広がっている。そのためスクリーンプレートが急激に押し上げられるとケーシングとプレート間の体積が急激に減少し、逆にパルプマット側の体積が増加する。これにより置換洗浄時と逆の圧力差が生じ、体積変化ぶんに相当する抽出液がプレートを通りパルプマット中に流れ込むことになり、プレートを押しつけられたパルプマットをはがし、逆洗が完了する。

完了後は下降に移り再び置換洗浄が行われる。通常下降時間は7～11秒、上昇時間は0.5～0.7秒で、1サイクル8～12秒位で抽出と逆洗が繰り返されている。

3.6 設置フロー (図6)

プレッシャーディフューザーは連釜と既設ディフューザーの中間に位置し、釜からブローしたパルプはブローユニット、三方切替弁を経てプレッシャーディフューザーに入り、洗浄されたあと底部より排出されてディフューザーへ送られる。洗浄液はディフューザーの抽出液がタンクを経てポンプでプレッシャーディフューザーへ送られる。プレッシャーディフューザーの抽出液は釜のハイヒート洗浄へ送られる向流洗浄方式となっている。

抽出液は上下2本のリングパイプより排出されるが、上部抽出液の方が下部より濃い黒液が抽出される。この抽出液は一部釜を通さずに直接エバポレーターへ送っているが、上部抽出液が優先的に送られるようにポンプのサクションにつながっている。

3.7 制御機構

プレッシャーディフューザーは安全の確保及び装置の保護のため各種のインターロックが組まれている。プレッシャーディフューザー入口のブローパイプに圧力計と温度計があり、入口圧力異常の場合は入口の三方弁が切り替ると同時にブローパルプも閉じる。入口温度は115℃を越えたと三方弁が切り替るようセットしてある。

プレッシャーディフューザー内をパルプが正常に降下しているかどうかを見るために、本体の上部と下部の圧力差(差圧)を検出している。この差圧がある値以上に達するとやはり三方弁が切り替り、プレッシャーディフューザーをバイパスするようになる。この上下

図6 フローシート

の差圧はパルプマットの状態、パルプの濃度、パルプのスクリーンへのはりつき、スクリーンの降下速度などの影響を受けて通常時でも水柱 1～4m 位の値で動いている。この差圧（上下差圧）は後に述べるように、洗浄効果を保つための操業管理上も重要な役目を果たしている。

置換洗浄が行われている間、本体内部のスクリーンプレートにパルプマットがはりつき、正常な抽出が阻害されることもあり、これを早く見つけるためにスクリーンプレートを挟んでパルプマット側と抽出液側の差圧（これをスクリーン間差圧という）を検出している。スクリーン間差圧が一定圧以下であってはじめて洗浄水量コントロール弁と抽出水量コントロール弁が開く。スクリーン間差圧が異常となった場合は、洗浄水及び抽出水のバルブが閉り、パルプは洗浄されずにプレッシャーディフューザーを素通りする。

オイルユニットはオイルポンプ、洗浄水ポンプ、ボトムスクレーパーが運転され、スクリーン作動のコントロールシステムが作動していれば上下動を始める。オイルユニットは三方弁が切替っても、洗浄水抽出水のバルブが閉っても停止はしないが、スクリーンプレートにパルプマットが強くはりつき、スクリーンプレートの上昇または下降時間が設定値を越えると停止する。

4. プレッシャーディフューザーの操業経過

4.1 洗浄効率向上対策

58年7月に運転を開始したが、スタート直後より NUKP についてはほぼ問題なく置換率（DR）が 83～88% に達した。しかし LUKP の操業になるとスクリーンの上昇速度が遅くなり逆洗不良をおこし、パルプのスクリーンプレートへのはりつきによる差圧の上昇がおきた。またボトムスクレーパーの能力不足もあってパルプ濃度を通常のプローク濃度より 1% 程度稀釈してやらなければならなかった。またそれだけでなく抽出水量を洗浄水量よりもやや押えて、プレッシャーディフューザー出口濃度を入口濃度より更に下げるといふ変則的な操業を行わざるを得なかった。この結果 DF はほぼ 0 で DR は 40～45% 程度しか上がらなかった。以下に LUKP の洗浄効率を上げるためにとった対策について述べる。

1) ボトムスクレーパーモーター馬力アップ

これは直ちに行い、これによりパルプ濃度は 9.5% から 10.5% 程度まで上げることが可能となった。また DF も 1.0 程度とれるようになったが DR のアップはわずかであった。

2) 油圧ポンプ増強

スクリーンの下降速度は当初一定で操業していたが、これを徐々に遅くすることによりそれだけ置換洗浄の時間が長くなって洗浄効果が上がることがわかった。しかし下降時間、すなわち洗浄時間が長くなるとパルプマットのはりつきがそれだけ強くなり、差圧も高くなり逆洗時の上昇のための力がより必要となってくる。そのためには油圧を高く保つ必要があり、当初の油圧ポンプでは能力不足と考え増強を行った。すなわち 8 月末に油圧ポンプを $355\text{ l/min} \times 295\text{ kg/cm}^2 \times 110\text{ kW}$ のものから、 $500\text{ l/min} \times 295\text{ kg/cm}^2 \times 150\text{ kW}$ に変えた。これにより油圧の設定値を上げることが可能となり、上昇時間が 10～20% 短くなり差圧も低くなった。この結果 DR は 70% まで上がった。

3) 差圧コントロール

スクリーン間差圧、上下差圧がある値以上に高くなるとインターロックが働きプレッシャーディフューザーは機能を停止してしまう。これら差圧はプローク濃度、流量等の変動によって 1 時的に高くなることもあるため、平均的には 1m（水柱）程度しかかけられなかった。しかし下降速度を遅くするためには差圧の増大が避けられず、これをできるだけ高くとれるようにインターロック停止の差圧の設定値を 5 割以上アップした。これにより平均差圧は 2m までかけられるようになり、下降速度を落すことができ、DR で 70～80% まで上るようになった。

4) バッフルプレートの設置

スクリーン上部ではパルプ側の内圧が下部より高いため、抽出時はよりパルプマットが強く押しつけられ、逆洗時は逆洗液が流れにくく、逆洗が不十分となる。

図 7 逆洗時のパルプマットのはりつき

(図7) このため抽出はスクリーン下部で行われ、下部での抽出負荷が大きくなり、スクリーン間差圧が大となる。またスクリーン上昇時、上部でのパルプとスクリーンとの抵抗が大きくなり、パルプの下降が阻害されるため上下差圧が増大する。これらによりパルプマットがこわされ置換洗浄がうまくいかないと推測され、スクリーン上部での逆洗効果を高めるため、上部のスクリーンプレートとケーシング間にバッフルプレートを取り付けた。(図8) このバッフルプレートにより上部では抽出は押えられ、逆洗の圧力は高くなる。

図8 バッフルプレート取付

バッフルプレートの取付は11月に行われたが、この結果 DR は80～85% までになった。

5) スクリーン下降速度自動コントロール

これまでの説明にもあったように差圧が許す限りは、できるだけ下降速度を遅くして洗浄時間を長くとり、逆洗回数を減らした方がよいわけである。この下降速度の設定は差圧を見ながら手動で行っていたが、ブロー状態によって変る差圧に追従することはなかなか難しく、限界まで遅くすることはできなかった。これを差圧の目標値を設定すると自動的にそれに近づくように下降速度をコントロールするようにした。

6) パイロットシリンダーの設置

逆洗が行われスクリーンが最上端に達した時にはパルプマットとスクリーン間に 12～13 mm のすき間ができ、逆洗した液で満たされている。また反対側は洗浄水の層がありパルプマットは液中に浮いている状態となっている。(図9) 次にスクリーンが降下し抽出が始まるが、パルプマットとスクリーンが接するまで約3秒かかると考えられ、実際の置換洗浄時間は4～5秒しかないことになる。この間に液を抽出するには大きなスクリーン間差圧が必要となる。続いてスクリ

図9 逆洗時のパルプマットのひび割れ

ーンの再上昇時、つまり逆洗時にこの大きなスクリーン差圧が急激に開放され、この時特に LUKP では繊維長が短いためパルプマットの強度が弱いこともあって、パルプマットにひび割れがおき、洗浄水がショートパスしているのではないかと推測された。この対策としてパイロットシリンダーを設置した。(図10)

図10 パイロットシリンダー設置フロー

パイロットシリンダーは抽出ラインと洗浄水ラインを結んだ所に設けられ、スクリーンプレートの上下動と同調してピストンが上下に動く。ピストンの上部は抽出ライン、下部は洗浄水ラインとつながっている。抽出の初期にはピストンを上下に動かし、抽出ラインから液を抜き洗浄水ラインに液を排出する。これによって早くパルプマットとスクリーンの間の液を抽出し、実質の置換洗浄時間を長くとする。抽出の後半はピストンを逆に洗浄水側から抽出側に動かすことにより抽出量を押さえ、差圧を下げる。スクリーンプレートの動きとパイロットシリンダーの動き、及び抽出水量の時

図 11 スクリーン及びパイロットシリンダーストロークと抽出水量

間による変化を図 11 に示す。これらによってパルプマットへの衝撃をやわらげ、ひび割れを防止する。

この対策 5)、6) を 59 年 2 月に行い、その結果 85～90% という目標の DR を得ることができた。

4.2 プレッシャーディフューザーの設置効果

前項で述べたように、設置当初より LUKP の洗浄度アップのための種々の対策をとったが、その間の主な操業データを表 1 に示す。比較として NUKP の 550 t/D のデータも示した。表で明らかなように 58 年 7 月のスタート時は処理濃度も低く、DF もとれなかった。10 月には処理濃度も上がり、下降時間すなわち洗浄時間も長くなり DR が 70～80% になった。59 年 3 月には差圧をぎりぎりまで上げることにより、更に下降速度を遅くでき DR が 85～90% まで上がるようになった。

設置による主な原単位の減少は次の通りである。

蒸解用苛性ソーダ	20%減
晒薬品	8%減
エバポレーター蒸気	8%減
消泡剤	30%減

表 1 プレッシャーディフューザー操業データ (LUKP 700 t/D)

年 月	58. 7	58. 10	59. 3	NUKP 550 t/D
プ ロ ー 量 m ³ /H	270	250	250	220
洗浄水量 m ³ /H	250	290	290	250
抽 出 量 m ³ /H	240	290	290	260
スクリー ン間差圧 m	0.1～0.5	0.5～2.0	0.5～2.0	0 ～1.0
上下差圧 m	0.8～0.2	0 ～1.5	0.5～2.0	0 ～0.5
上昇時間 sec	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7
下降時間 sec	5～5.5	6～7	7～8	10～11
入口濃度 %	9.8	10.5	10.5	9.4
出口濃度 %	9.4	10.5	10.5	9.8
D F t/ADt	0	2.3	2.3	2.6
D R %	40～45	70～80	85～90	88～92

5. おわりに

プレッシャーディフューザーは当工場運転開始時には他工場での操業経験も少く、LUKP については目標の洗浄度を得るまでに思った以上の時間がかかった。しかし現在では順調に操業しており、当初の予想以上の効果を発揮している。操業性も悪くなくほぼ満足し得るものと考えている。10 秒間に 1 回スクリーンが上下するというはかなり機械的にきつuitと考えられ、耐久性がどうかということが今後に残された問題と考えている。