

スラリー対応型薄膜蒸発機の検討

Development of Wiped Film Evaporator for Slurry



細見 優*
Masaru Hosomi



山本哲也**
Tetsuya Yamamoto



坂東将司*
Masashi Bando

当社の薄膜蒸発機ワイプレネ®とエクセバ®は優れた特長を有し、多数の納入実績がある。しかし、スラリー処理に対しては、ワイパの摩耗や蒸発面等への付着の問題があり、適用が難しい場合が多かった。今回、より広い顧客ニーズに応えるため、スラリーへの対応性能を高めた新しい薄膜蒸発機の開発に取り組んだ。その結果、摩耗を防止し、内部の付着を抑制するブレード構造を見出し、食塩水のように濃縮過程で高粘性になりにくいスラリーへ適用できる目途が得られた。ただし、蒸発機内部での挙動は処理液によりさまざまなため、引続きテストを通じて知見の蓄積と改良を進めていく。

Wiped film evaporators WIPRENE® and EXEVA® have some excellent characteristics and have been used by a large number of customers. However, there were some difficult cases in regard to slurry because of wear of the wipers, adhesion on the evaporating surfaces etc. To respond to customer needs, we tried to develop a new evaporator with greater function in regard to slurry. As a result, we have found a blade shape that can prevent adhesion and wear from occurring. Also, we have developed a new evaporator that can be used with slurry which, like saline solution, does not become highly viscous in the condensation process. Because slurry shows various different behaviors in the evaporator with the solution, we will continue to store the knowledge gained from tests for slurry application and improve the evaporator.

Key Words :

| | |
|-----------|-----------------------|
| 薄 膜 蒸 発 機 | Wiped Film Evaporator |
| ス ラ リ ー | Slurry |
| 付 着 | Adhesion |
| 摩 耗 | Wear |

【セールスポイント】

- ・付着防止板付きの非接触ブレードにより、ワイパの摩耗を防止し、ヒンジ部への付着を抑制したスラリー対応型薄膜蒸発機。
- ・当社薄膜蒸発機（ワイプレネ、エクセバ）技術の融合による柔軟な対応。

ま え が き

薄膜蒸発機は、処理液を薄膜にして蒸発させる装置であり、伝熱係数が大きく受熱時間が短いため、熱影響を受けやすい物質の蒸留、濃縮、脱揮等のプロセスに使用されている。熱影響抑制に加え、真空

操作対応、高粘度液対応、連続処理等の特長を有し、薄膜形成機構により数種類の装置があり、それぞれ特長を持つ。

当社のワイプレネは接触式ワイパで薄膜を形成する構造で、高真空操作や高粘度液に対する高い伝熱

性能、付着性物質の付着抑制等の特長を有し、約2000台の納入実績がある^{1, 2)}。また、10000 Pa・sの超高粘度液を処理可能なエクセバは、非接触多段傾斜翼とユニークな排出構造を有する当社独自の商品である³⁾。当社はこれらの特長ある薄膜蒸発機の適用方法と機能の改善に顧客とともに取組んできた。

しかし、スラリー処理に関して、ワイブレン、エクセバともに以下に述べるように適用困難な用途がある。

ワイブレンは、回転による遠心力でワイバを壁面に押し当てて薄膜を形成するが、スラリーに対しては板バネ付きのB型ワイバを用い、面圧を下げて本体胴やワイバの摩耗を抑制して使用可能なケースがある²⁾。しかし、固形分濃度が高い処理液では、摩耗と付着を抑制できず適用困難なケースがある。

エクセバは、非接触のため摩耗の問題は少なくスラリー処理可能⁴⁾なケースもあるが、固形分濃度が高い場合、攪拌動力上昇や振動、排出スクリューでの閉塞等の問題が発生し適用困難なケースがある。

今回、顧客の要望に応えるべく、スラリーへの適用性能を高めた新しい薄膜蒸発機の開発に取り組んだ。検討にあたっては、模擬液として溶解度の温度依存性が小さい食塩水を使用し、薄膜蒸発により食塩粉末を得る操作を行った。

1. 薄膜形成ブレードの構造

ワイバ摩耗の問題をなくすため、エクセバと同様に本体胴内面とブレード間にクリアランスを有する非接触構造を採用した。エクセバのような固定ブレードでは、蒸発過程において本体胴蒸発面に形成される圧密された固体により生じる不連続な抵抗力により、過負荷や振動が起こるケースがある。そのような固体による不連続の大きな抵抗力の発生を防止するのに適した可動ブレードを採用した。

可動ブレードでは、ヒンジ部の付着物が成長すると動きが阻害されるため、ヒンジ部への付着を防止する必要がある。ヒンジ部への付着には主に2つのケースがある。1つは、処理液と接触し薄膜を形成するブレードの先端で生じるケースであり、ブレードの裏面に飛散した処理液が回込み、付着物が成長する。ブレード裏面の付着物は、前面と異なり更新されることがなく、また、通液での洗浄が困難なことから、徐々にヒンジ部へ向かい付着物が成長する。このブレード裏面への付着を抑制するために、ブレードの回転方向後方の先端に付着防止板を設けた。もう一つは、回転方向前方のブレードにより飛散した液が後方のブレードに付着するケースであ

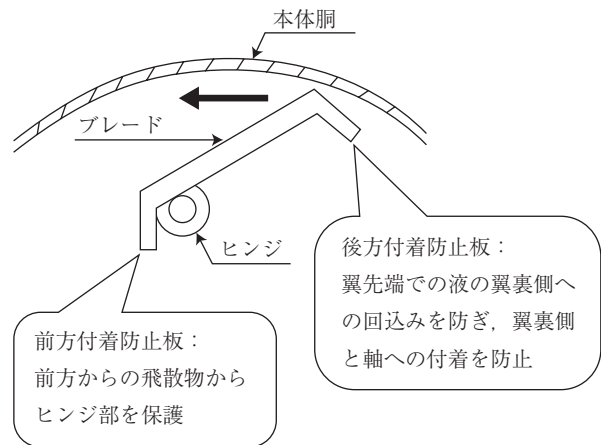


図1 付着防止ブレード模式図

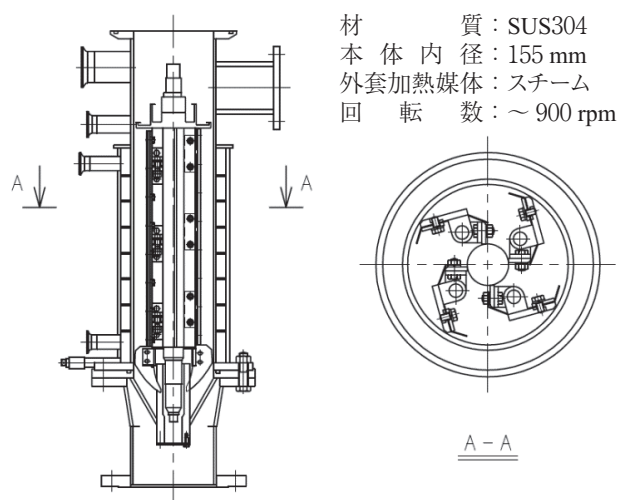


図2 0.2 m²テスト装置本体

る。この付着を防止するため、ブレードの回転方向前方にも付着防止板を設けた。このように、図1の模式図に示す付着防止板を有するブレードを考案し、ヒンジ部への付着を抑制した。

2. スラリー対応型薄膜蒸発機の性能評価

図2に示す伝熱面積0.2 m²のテスト装置を使用し、性能を評価した。操作条件は、外套加熱温度：160℃、圧力：大気圧、回転数：450 rpm、原料の食塩濃度：25 wt%とした。

2.1 本体胴伝熱面への付着物の影響

図3は、蒸発処理後の食塩粉末の含有水分率の時間変化を各流量毎に示したものである。流量18, 21 kg/hでは含有水分率は4%以内で安定している。しかし、流量を23, 29 kg/hに増加させると約90分後に含水率が8%から約30%に大幅に上昇した。この原因は、本体胴伝熱面で付着物が成長し伝熱性

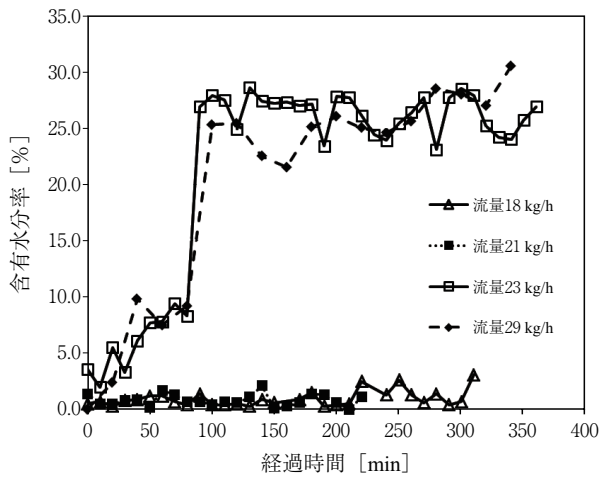


図3 蒸発処理後食塩粉末の含有水分率

能を低下させたためと考えられる。

このことを確認するため、本体胴伝熱面への付着状況を調査した。図4は、運転後の本体胴伝熱面への付着範囲と厚さを示している。流量が大きいほど、付着物は厚くなり、付着範囲も広くなり伝熱面下部まで成長することがわかった。

次に着色原料を用い、付着物の成長過程を調査した。その結果、付着物は図5のイメージ図のように起点から下方へ層状に成長することがわかった。流量23 kg/h 以上の場合の急激な含有水分率の上昇は、下方へ成長した付着物が伝熱面積の下方全面を覆うと同時に伝熱性能が急激に低下したためと考えられる。

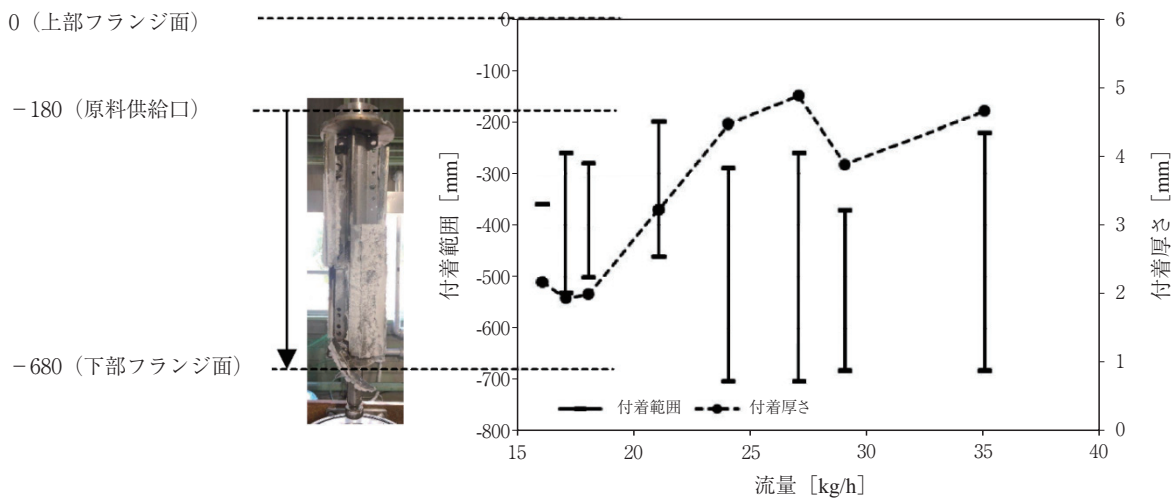


図4 本体胴伝熱面への付着物の最大厚さと範囲

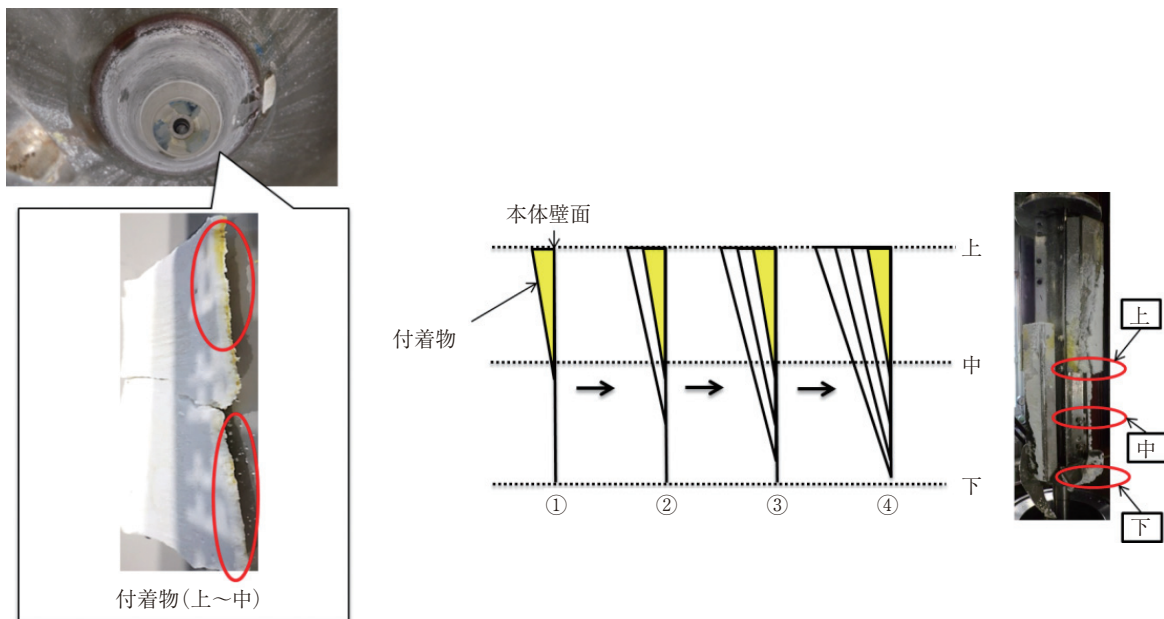


図5 本体胴伝熱面への付着物の成長過程

また、着色した付着層が、数時間運転後に消失していたことから、付着層が更新されていくことを確認した。この更新は、連続的なものではなく、あるタイミングで層が剥がれ、新しい層が形成されていく不連続なものと考えられる。

以上より、安定した処理性能を得るためには、付着物の最大範囲よりも伝熱面を大きくとる必要があることがわかった。このように、スラリー処理の場合、伝熱性能だけでなく、本体胴伝熱面への付着範囲も考慮し、伝熱面積を決定する必要がある。

2.2 回転数が蒸発性能に及ぼす影響

回転数の影響を確認するため、回転数450 rpm, 600 rpm, 750 rpm で性能を比較した。図6に示すように、回転数が高いほど、伝熱係数が大きくなった。非接触薄膜蒸発機の場合、内面境膜係数は回転数の0.5乗に比例して増大⁵⁾するはずであるが、図6に示す内面境膜係数は、壁面付着状況の影響を受けて変化していると考えられる。実際、運転後の本体胴伝熱面の付着物は、回転数が高いほど範囲、厚さともに減少していた。

また、ブレード裏面の付着量も、回転数が高い方が少なくなることがわかった。

ただし、回転数750 rpmにすると、伝熱面以外の本体内面への付着量が増えた。分散盤や下部軸受部での飛散量が増えたと考えられる。以上の結果から、壁面およびブレードヒンジ部への付着を低減する対策として、回転数アップが有効であるが、内部全体の付着や飛散状況を考慮し適切な回転数を見極める必要がある。

2.3 連続運転

得られた知見を基に、付着物が伝熱面をすべて覆わない下記操作条件で、36時間連続運転を実施した。

- ・供給流量：14 kg/h
- ・圧力：大気圧
- ・外套温度：160 °C
- ・回転数：450 rpm
- ・原料の食塩濃度：25 wt%

その結果、蒸発処理後の食塩粉末の含有水分率は約4%以下で安定した性能が得られた。これより、本体胴伝熱面への付着範囲を考慮した操作条件で運転すれば、ある程度の連続運転が可能であることを確認した。

3. まとめ

- ・食塩水のように濃縮過程で高粘性になりにくいス

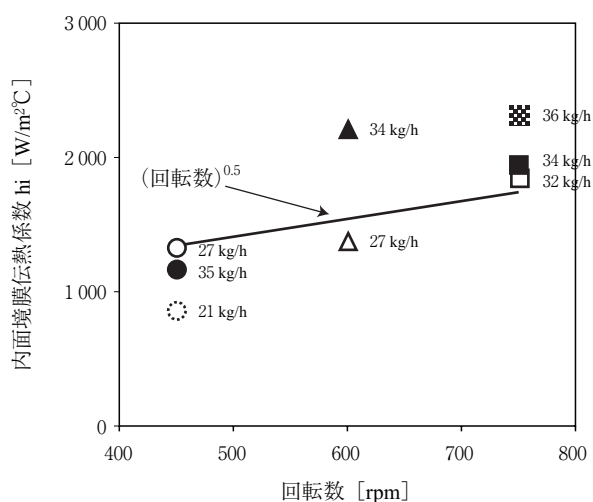


図6 回転数と伝熱係数との関係

ラリーの粉末化が可能な非接触可動ブレード式薄膜蒸発機のプロトタイプを開発した。

- ・ブレードヒンジ部への付着を抑制できる付着防止板付きの薄膜形成ブレードを考案した。
- ・スラリー処理の場合、伝熱性能だけでなく、本体胴伝熱面への付着範囲も考慮し、伝熱面積を決定する必要がある。
- ・伝熱面およびブレードへの付着を低減する対策として、回転数アップが有効であることがわかった。
- ・蒸発機内部での挙動は、物質によりさまざまなため、引続き知見の蓄積と改良が必要である。

むすび

当社の低粘度から高粘度液に対応した薄膜蒸発技術をベースに、スラリー対応型薄膜蒸発機のプロトタイプを開発した。今後、本プロトタイプの完成度を高めながら、顧客サンプルテスト等を通じて、実際の処理液への対応で改良を重ね、より優れたスラリー対応型薄膜蒸発機を開発して行きたい。

【参考文献】

- 1) 池田幸雄：神鋼ファウダー技報, Vol.30, No.1 (1986), 高真空蒸留におけるWFE 薄膜蒸留装置
- 2) 三木洋二：神鋼パンテック技報, Vol.34, No.2 (1990), WFE 薄膜蒸留装置の新適用分野の紹介
- 3) 山崎忠成, 吉村武司：神鋼パンテック技報, Vol.38, No.2 (1994), 高粘度液用薄膜蒸発機「エクセバ」
- 4) 永田純洋：神鋼パンテック技報, Vol.42, No.1 (1998), 高粘度液用薄膜蒸発機「エクセバ」の実績紹介
- 5) 尾花英朗：熱交換器設計ハンドブック (1974), P812