

コンパクト型高効率蒸発濃縮・回収装置 「すっきり君」

1. 概要

蒸発装置には通常、蒸発蒸気のコンデンサーが付帯されてペアになっているが、これらを一体化して設置スペースも小さくコンパクト化できないかというニーズから「すっきり君」は生まれました。蒸発缶にはジャケット伝熱面を常に100%有効に活用できるウォールウェッターWWを搭載し、蒸発した蒸気を凝縮するコンデンサーを蒸発缶上部に一体化してユニット化したコンパクトな蒸発装置です。従来のシステムのように蒸発缶とコンデンサーを配管により繋ぐのではなく、蒸発缶の真上にコンデンサーが装備されて「すっきり」と一体化しているため、据え付け床面積が非常にコンパクトになり、単品のように、ユニット装置として取り扱いが楽になるなどの利点を有しています。ウォールウェッター（WW）を搭載していますので、蒸発すべき液は周期的に界面更新するようにジャケット面伝熱面を薄膜状で流下しますので伝熱が大きく促進され、残渣液の減容化や省エネだけでなく、処理時間が短縮されて節電効果も大きい装置です。

2. 構造

WWを装備した回分蒸発缶の上部に多管式あるいはコイルの冷却管の内装されたコンデンサーを搭載して一体化した非常にコンパクトな構造です。ジャケットに温水やスチームを通す通常の常圧付近の蒸発プロセスだけでなく、コンデンサー部に真空ポンプを繋いで蒸発缶を減圧にして、ジャケットには熱媒を流通させれば、高沸点物の蒸発にも使える便利な減圧蒸発装置となります。

3. 適用例

基本的にはウォールウェッター蒸発装置を適用できるプロセスにはほとんど適用できます。ユニット化されているので、溶剤回収には便利な装置です。かなり広い操作圧力範囲で有用物質の精製回収に適用できます。

- (1) 洗浄液からの溶媒の回収：常圧での通常の溶媒回収から数 torr 程度の減圧下での高沸点成分の蒸発回収まで。WWを用いますので釜残には不要な残渣と極少量の液が残るだけで、廃棄物の減容化ができます。
- (2) 高沸点成分の蒸発：高沸点有用成分から不揮発性不純物を除去することができます。

沸点を 200℃程度に下げて、例えば 1 torr 程度の真空度にして高沸点有用成分を蒸発回収し、不揮発性不純物などを濃縮除去することができます。このように沸点が高い場合はジャケットには熱媒を用います。

- (3) エステル交換反応のバッチ反応器としての適用：メチルエステルを目的のアルコールで置換して有用なエステルを生成するエステル交換反応は通常、可逆反応ですが、遊離したメチルアルコールの揮発度が大きいのでウォールウェッター蒸発釜部で蒸発させ、上のコンデンサー部で凝縮させ、装置外へ抜き出せば反応容器内のメチルアルコール濃度は低く維持できるので、エステル交換反応は正反応が一方的に進み、高い反応率が得られます。

4. 実用化のためのテスト例

溶媒に溶けた熱に弱い高沸点のポリマーから溶媒を除去して有用な高沸点ポリマーと溶媒を回収するプロセスに「すっきり君」の適用の可能性を調べるテストをした例を示します。原料として模擬洗浄廃溶剤（組成：溶解ポリマー 1 kg, 溶剤 19.0 kg）20 kg を容積 50 L の試験機（写真1）に仕込み、ジャケット部には温水を、冷却コイル部には冷却水を流して溶剤を除去するバッチ蒸発テストをしました。このポリマーは温度が高いと熱変性するので沸点を下げるために釜内を減圧にして約 100 min で溶剤を除去できました。

図2に操作圧力 P (mmHg), ジャケット温水温度 T_j (°C), コンデンサー部の冷却コイル中の平均冷却水温度 T_c

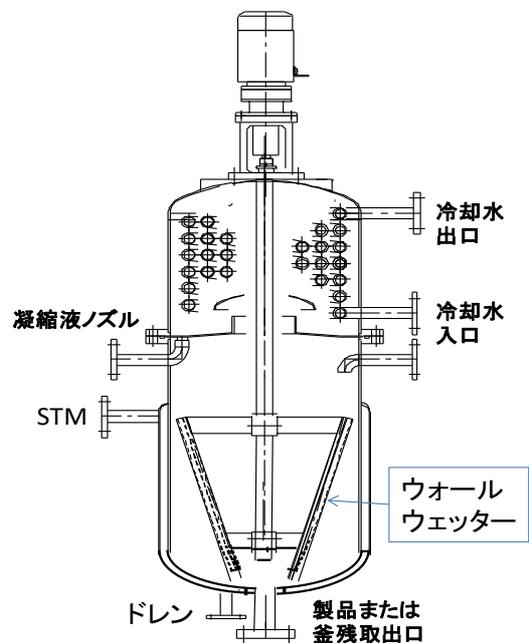


図1 すっきり君の内部構造

(°C), WW 蒸発部の釜内液の温度 T_i (°C) の経時変化を示します。釜内液に溶剤が含有されている間 (85 min まで) は液温はほぼ一定であったが、溶剤分がなくなってくる 85 min 以降の終盤には温度が急激に上昇しています。ウォールウェッターを用いる蒸発缶部では時間経過とともに液面が下降しても全ジャケット面が有効に使用されていますので液温が少し振動していますが、蒸発速度はほぼ一定です。

この蒸気を凝縮するコンデンサ部の冷却コイルは制御の関係で冷却コイルの冷却水の平均温度が 6~7.3 °C の範囲で振動していますが、蒸発量の累積値を経過時間に対してプロットした図 3 を見ますと、ほぼ直線的に増加しており、蒸発速度が一定であったことを示しています。このようにすっきり君は 2 か所に伝熱面を持っていますので、2 種類の総括伝熱係数で熱的設計をすることになります。図 4 に温水ジャケットからの熱で釜内液が蒸発する (蒸発側) 総括伝熱係数と蒸気がコンデンサ部へ到達して冷却コイルにより凝縮する (凝縮側) 総括伝熱係数を示します。当然ですが、コイル内には冷却水が十分な流速で流れており、コイル外面には溶剤蒸気の凝縮が起きていますので、凝縮側総括伝熱係数の方が蒸発側より 3~4 倍大きい値になっています。凝縮伝熱係数は非常に大きいので、ここでの主たる伝熱抵抗は円管内対流伝熱の冷却水側にあります。

一方、蒸発部ではジャケット内には約 25°C の温水を流しており、釜内には溶剤と高沸点ポリマーの混合物が WW 翼で攪拌されており、ジャケット面から熱をもらって溶剤が蒸発しています。溶剤分濃度が非常に小さくなる操作終盤には図 2 のように、沸点が上昇します。粘度が増加し、レイノルズ数が低下しますので当然ながら蒸発側総括伝熱係数が少し低下しています。内容物が熱的に安定でジャケット温度を上げてもよい場合は水蒸気を入れればジャケット側は凝縮伝熱になりますので、蒸発側総括伝熱係数は釜内液の蒸発が律速となります。

5. 結 び

「すっきり君」はコンパクトで据え付けに場所をとらず、簡便な蒸発装置です。蒸発釜部にウォールウェッターを搭載しているので大きな蒸発速度を一定にして維持できるため優秀なバッチ蒸発装置です。本来は蒸発缶とコンデンサの 2 基で構成されるべき装置をコンパクトに 1 基のユニットにまとめて収容しています。有用物質や溶剤の回収だけでなく、有機系のバッチ反応装置としても適用可能な簡便かつ利口な装置です。



写真 内容積 50 L の「すっきり君」試験機

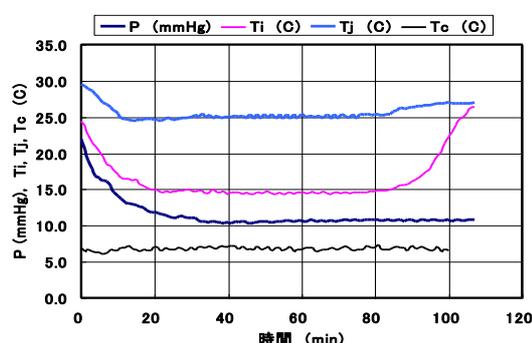


図 2 操作圧力, 釜内蒸気・液および冷却水温度

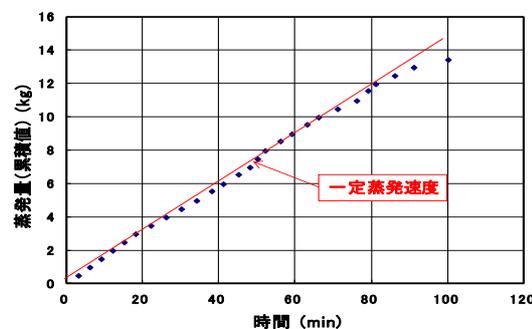


図 3 蒸発量の経時変化

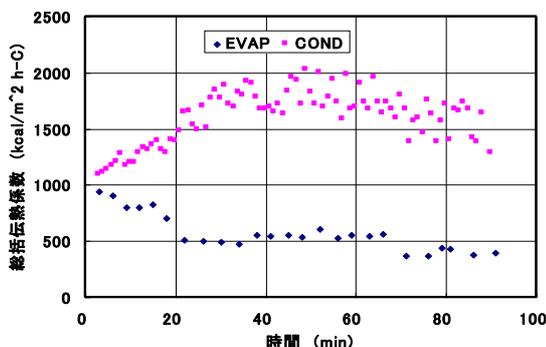


図 4 蒸発側および凝縮側の総括伝熱係数の経時変化