

並流式多槽混合反応装置 MSリアクター

1. 概略

固液や液液、気固液などの混相流で反応や抽出、酸、アルカリ処理するプロセス等々はいずれも混合特性の制御が非常に重要で、いろいろな考案がなされています。分散相が液体の場合はもちろん、固体の場合でも、その粒径が小さかったり、比重差が大きい場合が多いため、連続操作を並流にする場合も多いです。単一混合槽では完全混合状態に近いために、反応転化率や分離度は高くないので、槽列モデルのように押し出し流の混合特性にして、最終出口での転化率や分離度を高くする工夫がなされています。当社で開発した高さ方向に混合槽と熟成室を積んだ多槽混合反応装置の一例を図1に示します。気体が発生あるいは供給する場合は塔頂に排出口を設けます。各混合槽内すなわち局所的には十分な混合効果があるが、各槽間に設けた逆止弁により逆混合を極力防止することによって、より大きな槽列効果を発揮することになり全体の流れとしては押し出し流れ効果を向上させることができ、反応速度、転化率や分離度を大きくアップすることができました。互いに混合されにくい液液の場合に特に効果的です。

2. 構造

図1は7室の場合の例で、下から第1、2、4、6室が混合室で、第3、5、7室が熟成室です。図のように逆止弁を設け並流連続操作にしており、底部から原料は供給され、最下段の中間供給ノズルから溶液、スラリーなどにした反応開始剤（溶液、試薬、粉体触媒など）またはガスを供給して反応を開始します。各混合槽で反応あるいは（抽出などの）異相間物質移動をしながら、上方の混合槽へと移動するにつれて転化率や分離度が上昇します。逐次反応や次の反応を付加する場合は、途中の槽に新たな原料や触媒などを加える中間供給ノズルを設けます。攪拌翼の直下に逆止弁つきの開口が穿設されており、下方から供給される熟成室や混合室の反応混合物が効果的に再分散され、反応速度や物質移動速度が促進される構造になっています。対象とするプロセスに適した攪拌翼を自由に装備できますが、図2には吐出速度が大きく、液液系の接触効果の高い当社攪拌翼を示しています。プロセスの温度制御のために加熱あるいは冷却用ジャケットを自由に塔外壁に設けられます。本装置は塔頂の混合物貯留部で気体を分

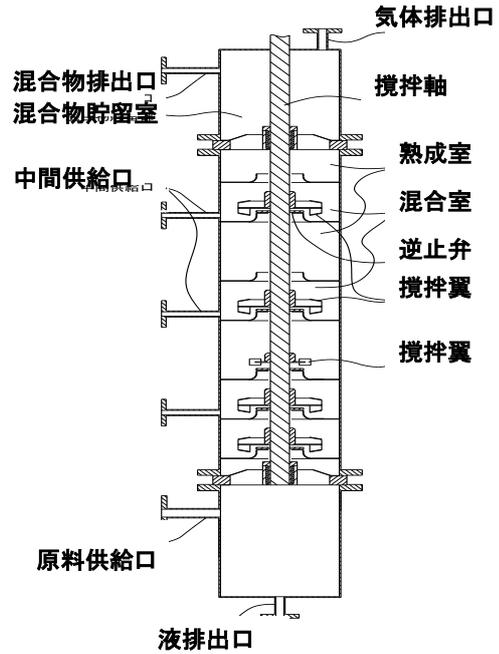


図1 多槽混合反応装置

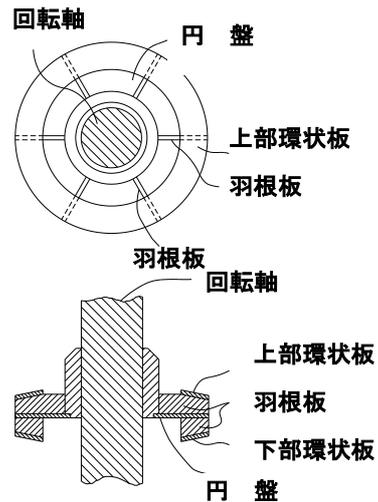


図2 攪拌翼

離できるので、気体が分散混在したり、発生するプロセスでも対応できる利便性を有しています。対象プロセスの反応速度を支配する分散層の液滴径、あるいは後工程での液液分離に関連して望む液滴径を得るに適合した攪拌翼を選定することが重要です。

3. 混合・反応特性 ----- 槽列モデル

等温 1 次不可逆反応 $A \rightarrow B$ をよく攪拌された単一の混合反応槽で行う場合を例に説明すると、物質収支は原料供給速度を F 、反応速度定数を k とする時、次式で表されます：

$$V \frac{dc_A}{dt} + (F+k)c_A = Fc_{A,0}$$

$$V \frac{dc_B}{dt} - kc_A + Fc_B = 0$$

定常状態では反応装置から出る A, B 両成分濃度および転化率は

$$c_A = \frac{Fc_{A,0}}{F+k} \quad c_B = \frac{kc_{A,0}}{F+k}$$

$$\varphi = \frac{k}{F+k}$$

図 3 のように装置を分割して多槽 (n 槽) にすれば転化率は

$$\varphi = \frac{c_{A,0} - c_{A,n}}{c_{A,0}} = 1 - \left(\frac{F}{F+k} \right)^n$$

分割した槽の数が多くなるにつれて転化率が 1 に近づくことがわかります。

この場合、第 n 槽の反応している溶液が第 $n-1$ へ逆混合すれば、転化率は低下するので、本装置のように逆止弁により逆混合を抑制すれば効果的です。

一般的な実際の反応ははるかに複雑で、温度、圧力以外に攪拌効果に関連する反応成分の分散の程度やマイクロ混合など、より高度な考察が必要で、対象とする反応のメカニズムに対応して、槽数や中間ノズル、攪拌翼等々を考慮して装置設計をします。

4. 特徴

本混合装置は吐出速度が大きい割にはせん断が大きい、気液、液液、固液などの接触効果の高い攪拌翼を組み合わせた装置として特許を取っています。3. の槽列モデルのように反応速度が支配的な場合、並流を採用して単位断面積当たりの質量流速を大きくできるので処理量の割には設置面積が大きくなく、逆止弁により逆混合を抑制できるため高い反応率や分離度などを実現でき、かつ、攪拌やポンプの所要動力も節減できます。

5. 結び

向流接触操作の場合、軽液と重液を分離するために下降流と上昇流の相対流速を大きくできないが、並流操作の場合は同じ方向に移動するため大きな質量流速をとることができ、塔単位断面積当たりの処理流量を大きくすることができます。したがって、塔径の割には処理量が多く、設置床面積も大きくならない利点があります。疎水性溶液中に分散する親水性溶液（微細液滴）を酸やアルカリにより中和反応・洗浄するプロセスやオイル中に数百 ppm 程度含有される可溶性有害物質を粉体や触媒、試薬溶液を添加して 1 ppm 以下まで反応除去するプロセスなどに適用して良好な成果を挙げた実績があります。液体を伴う混相流を扱う反応プロセスに応用範囲が広いです。

特 許 日本 No.3129394

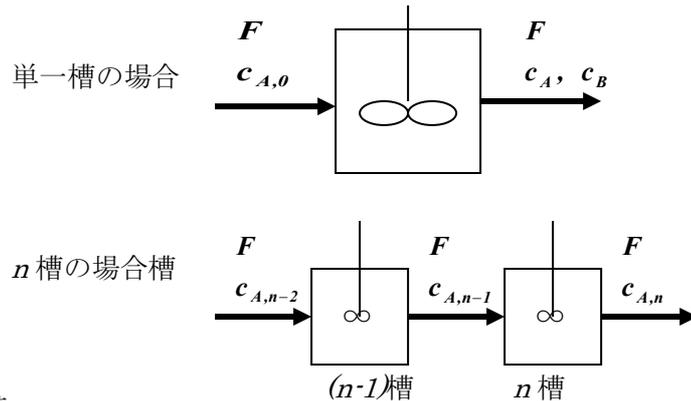


図 3 槽列モデル