

# 排気速度制御技術による圧力制御方法

## 3種類の真空排気速度の制御方法について比較してみる

フジインバック株式会社

小林 洋一

一般に、真空装置の圧力制御を行うときに、流入するガスフローレートに影響されずに、流出する側の排気速度の調整によってプロセスチャンバーの全圧を独立して制御できることは、その中でさまざまな化学反応の条件を押さえて行く上で、まことに都合のよい技術である。排気速度を制御するには、次のような方法がある。

1. ポンプのモーターの回転数を制御。
2. チャンバーと真空排気系の中にスロットルバルブを入れる。
3. 真空ポンプの手前にガスを流入する（ガスバラスト）

ここではこれら3つの方法について、それぞれの利点と欠点を検討してみたい。

### モーターの回転数の制御

いくつかの真空ポンプのなかには、モーター又は翼の回転数を連続的に変化させることのできるものがある。この方法は交流ドライブであれば周波数、直流ドライブであればSCRコントロールである。

ルーツプロア型ポンプとターボ分子ポンプの一部に回転数を一定の範囲内で連続的に可変できるものがある。

この方法にはいくつかの欠点がある。まず第一に、回転体の質量により回転の加速や減速に時間がかかるため、プラズマなどの早い圧力の変動に追いついてゆけない。

また枚葉式などのスピードが要求されるプロセスには向かない。第二に、ポンプの入り口とチャンバー圧力が同じになるので、ポンプの吸入圧力限界以上は制御できない。長所としては、メンテナンスがポンプ自体のみであること、コントローラーに回転数の制御機能がついていれば、他に費用がかからない。

図1にシステム構成を示す。

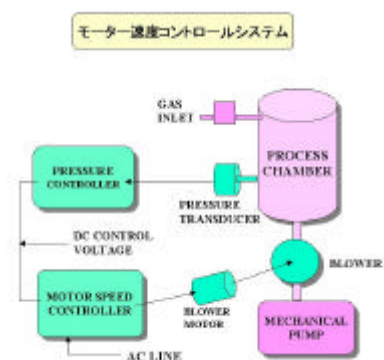


図1 モーターの回転数を制御

### スロットルバルブによる制御

もっとも一般的なのが、チャンバーと真空ポンプの間にスロットルバルブを入れる方法である。スロットルバルブはモーターでドライブされ、専用のコントローラーが必要となる。



図2 4インチバタフライ型バルブ



図3 6インチウイング型バルブ

バルブは、チャンバー内の圧力が上がると開く方向へ動き、チャンバー内の圧力が下がると閉じる方向へ動く、この動作をコントローラーで自動的に制御することで、圧力を常に一定に保つことができる。(図4)

スロットルバルブは、バタフライ型が多く用いられている。(図2)これは構造が比較的簡単にできているため、信頼性がある。最近では6インチ以上の大口径になるとバルブのフラッパーを分割したウイング型や(図3)フラッパーを水平方向に動かすものがある。これらは、バルブが全開したときフラッパーの上下の

スペースがいらす結果としてポンプの排気速度の損失が少なく設計できる。スロットルバルブの長所は次のような点である。第一に、応答速度がきわめて早く、数秒で目的の圧力に到達させることができる。第二に、どのような真空ポンプにも使用することができ、ポンプはプロセスチャンバーの圧力よりも低い吸気圧力で運転できるため過負荷になりにくい。第三に、広いダイナミックレンジが得られる。欠点としては、バルブが常にガスにさらされるため材質に気をつけなければならない。

### 3 1 6 ステンレススチール

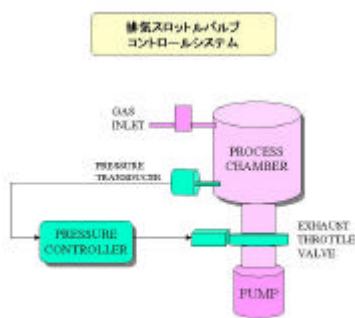


図4 スロットルバルブ法

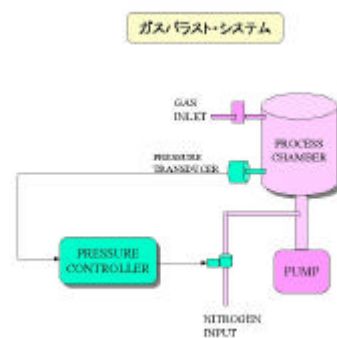


図5 ガスバラスト法

を選択することが多い。プロセスによっては、バルブを積極的に加熱して反応生成物をトラップしにくくしている物もある。また樹脂やアルミでバルブを作ることもある。

量のガスが導入されるため、ガス負荷が急に大きくなり、ポンプによってはインターロックがかかってしまう。またこの時、プロセスチャンバーにガスが逆流する恐れもあるので注意しなければならない。

### ガスバラスト

この方法は、図5に示すようにポンプの直前に窒素ガスを注入して、必要な圧力までガス量を調節するものである。プロセスチャンバーにガスを導入するシステム（マスフローなど）が、この注入口にあると思えばよい。長所としては、バルブが排気系外につくので、反応ガスによる汚染の心配がない。また圧力応答も速い。短所の第一は、常に窒素ガスを導入するため運転コストを考慮する必要がある。特に大型ポンプを用いたシステムは大量の窒素ガスが必要になる。第二に、導入するガス負荷が大きすぎると、ポンプに悪影響が出る。特にチャンバー内の圧力を急激に上げたい場合、はじめは大

### 結論

下記の表に排気速度制御の典型的な例をまとめてみた。実際にはポンプの種類や大きさ、チャンバーの容量やガス流量などの条件で差は生じるが、標準的なプロセスでは参考になるであろう。

ガスバラスト法とスロットルバルブ法では圧力応答時間にほぼ差異のないことがわかった。しかし、ガスバラストではチャンバーへの逆流などに注意をしなければならず、応答速度を犠牲にする場合もある。ガスバラスト法は腐食ガスの影響を受けない、しかし窒素ガスの大量消費と逆流の問題がある。

スロットルバルブ法は、制御範囲が広く、どのようなポンプにも簡単に取りつける

### 圧力制御技術の比較

|                    | ポンプ回転数制御           | スロットルバルブ                  | ガスバラスト                  |
|--------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|
| ダイナミックレンジ          | 狭い<br>10:1         | 広い<br>1000:1から<br>10000:1 | 中間<br>500:1から<br>1000:1 |
| 適用真空ポンプ            | 回転制御ができる<br>一部のポンプ | すべてのポンプ                   | すべてのポンプ                 |
| 圧力応答               | 遅い                 | 早い<br>5- 6sec             | 早い<br>5- 6sec<br>過負荷に注意 |
| 初期コスト              | モーターコントローラー        | スロットルバルブ及び<br>コントローラー     | バイパスバルブ                 |
| 運転コスト<br>プロセスガスの影響 | なし<br>なし           | なし<br>あり                  | 窒素ガス<br>なし              |

事ができる。バルブに付着する物があれば定期的にメンテナンスをする必要があるが、バルブの表面を加工したり、積極的に加熱するなどしてメンテナンスサイクルを長くすることができる。

### その他の応用例

#### 高い圧力の制御

一般的に真空ポンプを使用するプロセスでは、真空ポンプの特性の制限があり、数百 Torr の圧力制御は困難である。しかしガスバラスト法とスロットルバルブ法を併用することで可能になる。とくにフラッパーに O - リングシールをつけたスロットルバルブを使用すれば、大気圧近辺の圧力制御も可能である。

#### 負圧の制御

大気圧をゼロとして、それより低い圧力を負圧（ゲージ圧）と言う。工場の排気ダクトなどの負圧制御は、スロットルバルブ法とゲージ圧力計とで簡単に制御することができる。バルブ自体は塩ビやテフロンのような樹脂系の材質でも制作することができる。

#### 超高真空での圧力制御

超高真空ではチャンバーを高温（150 350 ）でベーキングする必要があるため、バルブも高温に耐える構造でなければならない。スロットルバルブの軸シール部をベ

ローズなどのメタルにし、フランジも金属ガスケット用を使用すれば、対応できる。



図6 スロットルバルブ・コントローラー



図7 超高真空用スロットルバルブ

#### 参考文献

- 1 W.R.Clark J.J.Sullivan "solid state technology"  
1982