

E106

マイクロリアクタの多重閉塞診断

(奈良先端大) ○ (正) 野田 賢*・(学) 栗原奈巳・(正) 西谷紘一

1. はじめに

多数のマイクロチャンネルを持つプレートがナンバリングアップされたスタック型マイクロリアクタ (図 1) では、閉塞プレートのみを交換することで生産を継続できる。本発表では、二ヶ所までの閉塞プレートを検出できる多重閉塞診断法を提案する。なお、プレート閉塞率の推定は行わない。

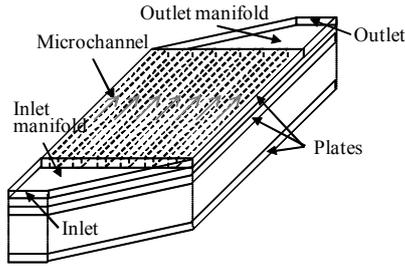


図 1 スタック型マイクロリアクタ

2. データベース構築法

N_p 枚プレートからなるスタック型マイクロリアクタのいくつかのプレート入口に圧力センサが設置されているとする。圧力センサが設置されているプレート番号を s 、その集合を S とする。閉塞プレートを検出するためのデータベースを以下の手順にしたがって構築する。

- (1) 非閉塞時の圧力測定値 $\tilde{p}_{N,s}$ ($s \in S$) からなる圧力分布データベクトル \tilde{P}_N を測定する。数値流体解析 (CFD) シミュレーションによる計算値を用いてもよい。
- (2) プレート i ($i=1, \dots, N_p$) で、 $x\%$ ($x \in X$) の閉塞が発生したときの圧力測定箇所の圧力値からなる圧力分布ベクトル $\hat{P}_{B,i,x}$ を、CFD シミュレーションにより求める。閉塞率 $x\%$ は、閉塞時のプレート入口流量と非閉塞時のプレート入口流量の比で、 X は閉塞率の集合である。
- (3) 非閉塞時と閉塞時の圧力測定位置における圧力差ベクトル $\Delta\hat{P}_{B,i,x} = \hat{P}_{B,i,x} - \tilde{P}_N$ ($i \in I, x \in X$) を計算する。
- (4) すべての二組のプレート (同じプレート同士の組合せも含む) と閉塞率の組合せについて圧力差ベクトル $\Delta\hat{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2}$ を合成する。

$$\Delta\hat{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2} = \Delta\hat{P}_{B,i_1,x_1} + \Delta\hat{P}_{B,i_2,x_2} \quad (1)$$

$$(i_1, i_2 \in I, x_1, x_2 \in X)$$

3. 閉塞プレート検出法

構築したデータベースを用いて、閉塞プレートを以下の手順にしたがって検出する。

- (1) 圧力分布データ \tilde{P}_B を測定する。
- (2) 圧力差ベクトル $\Delta\tilde{P} = \tilde{P}_B - \tilde{P}_N$ を計算する。
- (3) Eq.(2)の相関係数 R_{i_1,i_2,x_1,x_2} を最大とする (i_1, i_2) を特定する。

$$R_{i_1,i_2,x_1,x_2} = \frac{(\Delta\tilde{P} - \Delta\tilde{P})^T (\Delta\hat{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2} - \Delta\tilde{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2})}{\|\Delta\tilde{P} - \Delta\tilde{P}\| \|\Delta\hat{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2} - \Delta\tilde{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2}\|} \quad (2)$$

$$(i_1, i_2 \in I, x_1, x_2 \in X)$$

$\Delta\tilde{P}$ および $\Delta\tilde{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2}$ は、 $\Delta\tilde{P}$ および $\Delta\hat{P}_{S,i_1,i_2,x_1,x_2}$ の全要素の平均値を要素とするベクトルである。 $i_1=i_2$ のときは、単一のプレートで閉塞が発生したと判定する。

4. ケーススタディ

10枚のプレートからなるスタック型マイクロリアクタの閉塞診断を提案手法によって行い、その有効性を検証した。各プレートは1本のマイクロチャンネルからなり、チャンネル断面形状は $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の正方形、チャンネル長さは 20mm とした。圧力センサは、2プレートごとに設置されているとする。10枚のうち一枚のプレートが10%、20%、30%、50%、70%閉塞したときの圧力分布データ (合計50通り) をCFDシミュレーションにより求めた。それらの圧力分布データから、Eq.(1)を用いて1175通りの圧力差ベクトルを合成した。

プレート1および6で15%の閉塞が発生したときの相関係数の大きな上位4組を表1に示す。表より閉塞プレート(1と6)が正しく検出できていることがわかる。提案手法の全体的な検出精度については発表時に報告する。

表 1 閉塞プレート検出結果

Rank	i_1	x_1	i_2	x_2
1	1	50%	6	30%
2	1	70%	6	30%
3	1	70%	6	50%
4	1	20%	6	10%

5. おわりに

スタック型マイクロリアクタの閉塞プレートの検出法を提案した。データベース構築に必要な圧力分布のデータ数は、プレート数に対して線形にしか増加しない。三箇所以上の同時閉塞発生時の閉塞プレート検出法の提案が今後の課題である。

参考文献

- [1] 山本ら, 化学工学論文集, 35(1) (2009)

* E-mail: noda@is.naist.jp