

マイクロマシニング技術を援用したマイクロチャネル内の流体の流動および熱伝達に関する実験的研究

東京大学 生産技術研究所 教授 西尾 茂文 助手 高野 清

1. はじめに

近年、管内の代表寸法の微小化に伴い、「特殊な熱流体効果」が出現することが指摘されている。このことは、通常スケールでの見積りが大きな誤差を生み、流体の流動、および熱伝達特性を正しく予測できなくなる可能性があることを意味している。そこで、本研究では、特殊な熱流動現象がどの程度の流路寸法で出現し、どのような流動・熱伝達特性を示すかについて実験的に調べることとした。一般には、熱伝達は等価直径の減少とともに増大するが、本研究ではある直径で熱伝達が最大値をとる可能性を想定しており、この結果は広範な応用分野に対し極めて有用な知見を与えるものと考えられる。

2. 実験装置および方法

図1に実験装置の概略を示す。実験装置は、試験液体供給系（マイクロポンプ、バッファータンク、フィルター、ひずみ式圧力計、流量計）、試験液体加熱・真空断熱系（恒温槽、真空ポンプ）、熱交換流体供給系（恒温槽、ポンプ、あるいはブロアー、電磁流量計）を設置したユニットにより構成されている。

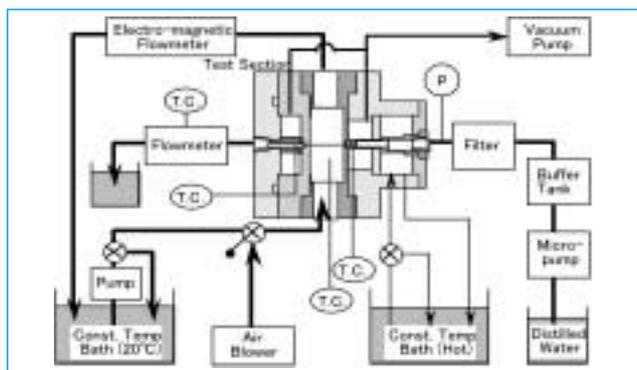


図1 実験装置概略

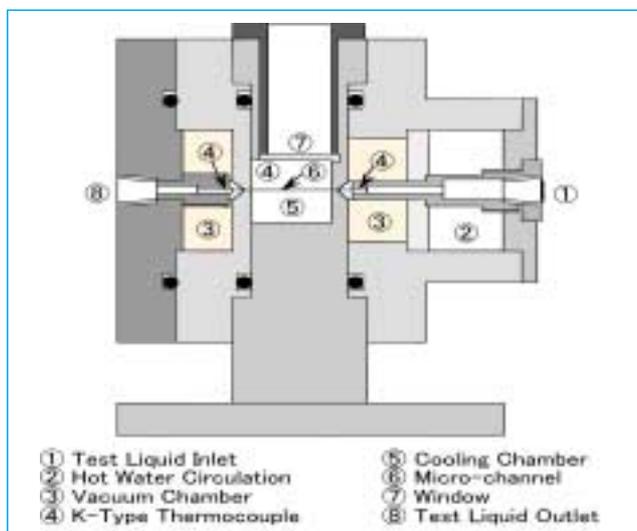


図2 テストセクションの詳細構造

図2にテストセクションの詳細構造を示す。テストセクションはマイクロチャネル周辺へのヒートロスを極力低減させるため、入口の試験液体加熱部以外は全てアクリル樹脂で作成した。試験液体入口より流入した試験液体は、で所定の温度(50)に加熱された後、真空断熱部を経てマイクロチャネルに導かれる。実験では、マイクロチャネル入口・出口の試験液体の温度、試験液体の流量、冷却水の温度と流量、およびマイクロチャネル入口部での試験液体の圧力を測定した。

3. 実験結果

通常スケールでは $f \cdot Re$ の値は64一定値となるが、本実験では、 $f \cdot Re$ の値は通常スケールの2倍程度の値を示した。この結果はこれまでに報告されているマイクロチャネルの測定結果に比べてかなり高い値であるが、現在のところその理由を特定するに至っていない。

図3に管内平均ヌセルト数 Nu_i の測定結果を示す。本実験で測定したヌセルト数 Nu_i の値は約0.7~1.0の範囲であった。この値は通常スケールでの層流、等熱流束の場合の一定値4.36に比べ明らかに小さく、Choiらの結果に比べ、3~1.7倍高い値である。また、管内平均ヌセルト数 Nu_i はレイルズ数 Re の減少に伴い減少しており、明らかなレイルズ数依存性が確認された。

4. まとめ

内径 $52.9 \mu\text{m}$ 、長さ 30 mm の寸法のマイクロチャネルについて摩擦係数、平均ヌセルト数の測定を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 平均ヌセルト数は通常スケールの値を下回り、そしてレイルズ数に依存して減少するというマイクロチャネル特有と考えられる熱伝達特性を示すことが確認された。
- (2) 上述の結果より、種々の熱交換デバイスを設計する場合、通常スケールの熱伝達特性を示す下限程度程度の代表長さをも有するデバイスが最適であると考えられるが、詳細は今後の検討課題である。

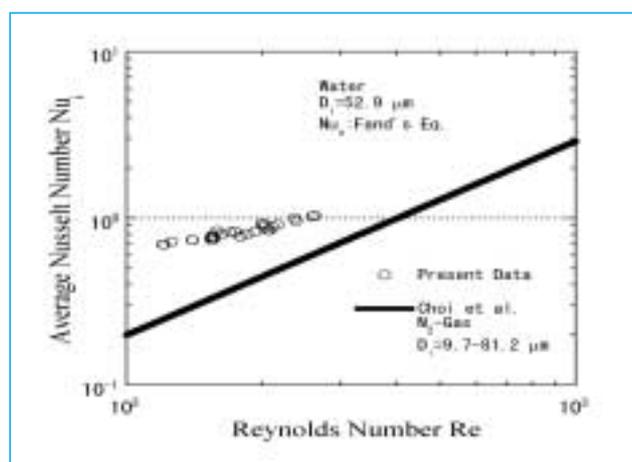


図3 平均ヌセルト数の測定結果