

УДК 532.5

ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО И КРИВОЛИНЕЙНОГО МИКРОКАНАЛОВ

© 2011 г.

В.М. Анискин¹, К.В. Адаменко²

¹Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирск

²Новосибирский госуниверситет

aniskin@itam.nsc.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Представлены результаты экспериментов по определению распределения давления внутри микроканалов круглого сечения, но различной формы – прямолинейной и криволинейной. Диаметр каналов в обоих случаях составлял 68.9 мкм. В экспериментах использовались как вода, так и газ (гелий и азот). На основе измерений распределения давления внутри микроканалов вычислены коэффициенты гидравлического сопротивления микроканалов. Экспериментальные результаты сравниваются с расчетами, выполненными с помощью программного пакета Fluent.

Ключевые слова: микротечения, микроканалы, коэффициент гидравлического сопротивления.

Введение

Получающие все большее распространение микро- и нанотехнологии диктуют необходимость миниатюризации жидкостных систем. В силу эффективности микрожидкостных систем применение их для охлаждения микроэлектронных компонентов является перспективным. Наряду с системами охлаждения они находят применение в медико-биологических приложениях. Но для оптимизации дизайна микрожидкостных систем необходимо ясное понимание механизмов переноса жидкости как при ламинарном, так и при турбулентном ее течении.

При определении гидравлического сопротивления микроканалов обычно измеряют давление в коллекторах на входе и выходе микроканала. Однако в нескольких работах приведены данные по измерению распределения давления непосредственно внутри микроканала. В работе [1] исследовалось течение жидкости в микроканалах прямоугольного сечения гидравлическим диаметром от 25 до 100 мкм. В качестве рабочей жидкости использовались вода и воздух, для которых числа Рейнольдса составляли $4.9 < Re < 2068$ и $6.8 < Re < 18814$ соответственно.

Был изготовлен прямоугольный микроканал гидравлическим диаметром 169 мкм [2]. Канал по длине имел 8 отверстий диаметром 27 мкм. В начальной области микроканала было сосредоточено 5 дренажных отверстий для подробного изучения области развивающегося течения. Рабочей жидкостью являлась вода, а диапазон чисел Рей-

нольдса составлял от 230 до 4740.

Что касается течения жидкости в искривленных микроканалах, то потребность в такого рода исследованиях очень высока с точки зрения разработки пассивных микромиксеров. Однако экспериментальных работ по определению коэффициента сопротивления искривленных участков микроканалов нет, за исключением работы [3].

Цель исследования – разработка технологии изготовления микроканалов прямолинейной и искривленной формы с возможностью внутреннего измерения давления по длине канала, а также вычисление на основе полученного распределения давления коэффициентов гидравлического сопротивления прямолинейного и криволинейного микроканалов.

Микроканалы

Была разработана технология изготовления микроканалов круглого сечения, которая позволяла создавать отверстия в стенке микроканала. На основе этой технологии были изготовлены два стенда: один с прямолинейным (показан на рис. 1), другой с криволинейным микроканалами.

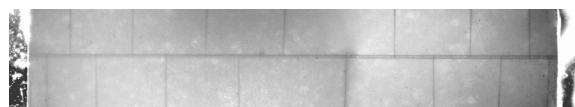


Рис. 1

Длина прямолинейного канала составляла 11.33 мм, криволинейного 12.2 мм. Диаметр обо-

их микроканалов составлял 68.9 мкм. По длине каналов было сделано по 16 отверстий для измерения статического давления. Криволинейный микроканал представлял собой канал U-образной формы с диаметром закругления около 2.5 мм.

Эксперимент

Найдено распределение давления жидкости вдоль прямолинейного (показано на рис. 2) и криволинейного каналов. В качестве рабочей жидкости использовалась деионизованная, дегазованная вода. Диапазон чисел Рейнольдса составлял от 160 до 3200. По данным измерения давления определены коэффициенты гидравлического сопротивления микроканалов.

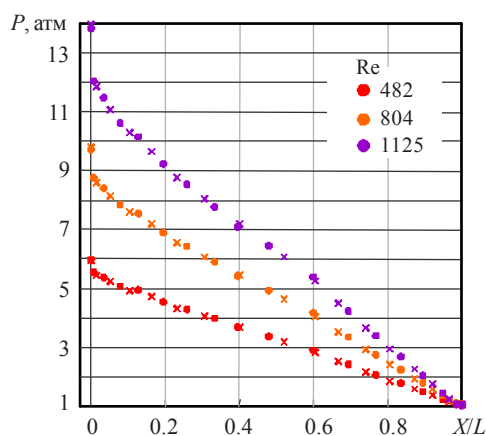


Рис. 2

Показано, что для прямолинейного микроканала распределение давления в области развитого течения для всех экспериментальных чисел Рейнольдса имеет линейный характер и коэффициент гидравлического сопротивления находится в соответствии с теоретическим значением для круглых каналов. Для криволинейного микроканала распределение давления вдоль канала нелинейно, вследствие образования вихрей Дина в криволинейном участке, а общий перепад давления при одинаковом расходе жидкости превышает перепад давления для прямолинейного микроканала. Также показано, что коэффициент сопротивления криволинейного участка меньше справочного значения для плавно изогнутых труб на 17%. Определено число Рейнольдса перехода от ламинарного течения к турбулентному.

Определены область развивающегося течения, а также коэффициенты потери давления на входе и выходе микроканала.

Работа выполнена при поддержке СО РАН (интеграционный проект СО РАН № 110).

Список литературы

- Kohl M.J. et al. // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2005. Vol. 48, No 8. P. 1518–1533.
- Costaschuk D. // Experiments in Fluids. 2007. Vol. 43, No 6. P. 907–916.
- Wei-hua Yang, Jing-zhou Zhang, Hui-er Cheng // Applied Thermal Engineering. 2005. Vol. 25, No 13. P. 1894–1907.

MEASURING THE INTERNAL PRESSURE IN A STRAIGHT AND CURVED MICROCHANNEL

V.M. Aniskin, K.V. Adamenko

The paper presents the results on determining the pressure distribution inside micro-channels of a round cross-section but of different (rectilinear and curvilinear) forms. The channel diameter in both the cases was 68.9 μm. Both water and gas (helium and nitrogen) were used in the experiments. Based on the measurements of the pressure distribution inside the micro-channels, hydraulic resistance factors of the micro-channels were computed. The experimental results are compared with the computations made using the Fluent software package.

Keywords: microflows, microchannels, friction factor.