

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ВЕРТИКАЛЬНОМ ПОРИСТОМ МИКРОКАНАЛЕ

Ковецкая Ю.Ю.

*Институт технической теплофизики НАН Украины,
Киев, Украина*

В последние годы ввиду перспективности применения микросистем, внимание многих исследователей направлено на изучение потоков жидкости и теплообмена в микроканалах и микропористых средах. Результаты исследования течения в пористых микроканалах находят своё применение в микроэлектронике, энергетике, биомедицине и т.д.

Цель работы – исследование процессов гидродинамики и теплообмена при естественной и вынужденной конвекции в вертикальном микроканале, заполненном пористой средой. Для исследования процессов в пористом микроканале используется модель сплошной среды, учитывающая модифицированное уравнение Навье-Стокса, Фурье-Киргофа и уравнение неразрывности с граничными условиями проскальзывания на стенках канала. Уравнение движения содержит член, учитывающий линейное сопротивление Дарси. Тепловой поток на стенках канала постоянный. Рассматривается полностью развитое ламинарное течение. В результате получена система дифференциальных уравнений второго порядка относительно безразмерных скоростей и температуры.

В результате решение задачи позволяет оценить влияние чисел Кнудсена, Рэлея и параметра M , учитывающего пористость среды на профили относительных скорости и температуры. При незначительном увеличении числа Рэлея (1...10) величина проскальзывания на стенке уменьшается, также уменьшается скорость потока в центральной области канала. С увеличением пористости максимум профиля скорости уменьшается и профиль скорости становится более «заполненным». Физическая причина этого явления заключается в увеличении гидравлического сопротивления потока. При более высоких числах Рэлея характер профиля скорости существенно меняется, принимая M -образную форму с минимумом в центре канала. В этом случае влияние свободной конвекции на динамику потока становится преобладающим, что приводит к максимуму профиля скорости на расстоянии $Y = \pm (0,2 \dots 0,4)$ от нагретых стенок, вызванных сильными восходящими конвективными потоками. Максимальное влияние параметра M наблюдается в диапазоне $Y = \pm (0,5 \dots 0,9)$, а минимальное – в центре канала.

HYDRODYNAMICS AND HEAT TRANSFER IN A VERTICAL POROUS MICROCHANNELS

Kovetskaya J.J.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

03057, Kiev, vul. Zhelyabova 2a, (044) 456-90-49; e-mail: tgetu.ittf@gmail.com

In recent years, the prospect of application microsystems directed attention of many researchers to the study of the heat transfer and fluid flow in microchannels and microcellular media. The results of the researches of the flow in the porous microchannels can be found their application in microelectronics, energy, biomedicine, etc.

The aim of this work is to study the processes of hydrodynamics and heat transfer in natural and forced convection in a vertical microchannel filled with a porous medium. To investigate the processes in a porous microchannel, a continuous medium model is which employs the Navier-Stokes, Fourier-Kirchhoff equations and Reynolds equations with slip boundary conditions on the channel walls. The equation of motion contains a term that takes into account Darcy's linear resistance. The boundary condition can interpreted as a constant heat flux on the wall. A fully developed laminar flow is considered. As a result, the system of second-order differential equations is obtained with respect to dimensionless velocities and temperatures.

As a result, the solution of the problem makes it possible to estimate the influence of Knudsen numbers, Rayleigh numbers, and the parameter M , taking into account the porosity of the medium on the profiles of velocity and temperature. With a slight increase in the Rayleigh number (1 ... 10), the amount of slip on the wall decreases, and the velocity of the flow in the central region of the channel also decreases. As the porosity increases, the maximum velocity profile decreases and the velocity profile becomes more "filled". The physical reason for this phenomenon consists in the decrease in the total hydraulic resistance of the channel. For the highest Rayleigh number the velocity profile becomes M-shaped exhibiting a point of minimum in the centerline of the channel. In this case, the influence of free convection becomes prevailing, which results in two local maxima of the velocity profile at the distance of (0.2...0.4) from the heated walls caused by strong upward free convective flows. The maximum influence of the parameter M are observed in the range $Y = \pm (0.5 \dots 0.9)$, and the minimum effect in the center of the channel observed.