

«Численное моделирование трехмерного течения в микро-/наноканале методом ПСМ». Ващенко Павел Валерьевич

Работа по совместному Российско-Японскому научно-исследовательскому проекту IFS J17I083

Состав коллектива:

Российская сторона:

Ващенко Павел Валерьевич, научный сотрудник лаборатории неравновесных течений НИЧ НГУ, ИТПМ СО РАН

Бондарь Евгений Александрович, научный сотрудник лаборатории неравновесных течений НИЧ НГУ, ИТПМ СО РАН

Японская сторона:

Шигеру Ёнемура, профессор института жидкости и газа, Сендай, Япония

Ёшияки Кавагое, отделение наномеханики института жидкости и газа, Сендай, Япония

Введение

Для снижения трения между поверхностями в подшипниках применяется смазка. Но для микроподшипников, в которых расстояние между трущимися поверхностями измеряется микронами, жидкая смазка не подходит, однако газовая прослойка между этими поверхностями сама ведет себя как смазочный материал. На шероховатостях поверхности давление повышается, и при некоторых условиях подъемной силы газа достаточно, чтобы заставить поверхность левитировать.

Постановка задачи

В работе исследуется распределение давления в микроканале, в котором нижняя плоская поверхность движется вдоль канала со скоростью 10 м/с, а верхняя поверхность – текстурованная с квадратными впадинами (см. рис. 1 и 2). Высота канала составляет 0.028 мкм, высота впадины – 0.288 мкм. Длина впадины – 2.88 мкм. Расстояние между впадинами также составляет 2.88 мкм. Одна из сторон микроканала – плоскость симметрии, вторая – выход во внешний поток. Снаружи канала поддерживалось давление 1 атм.

Исследовалось два типа передней кромки. В первом случае передняя кромка начиналась в узкой части канала, во втором – впадина располагалась на передней кромке канала. Исследовалось распределение давления внутри канал в зависимости от типа переднего края, а также различие между внутренним рядом впадин и внешним.

Расчеты проводились методом прямого статистического моделирования Монте-Карло. Для моделирования использовался программный комплекс SMILE++.

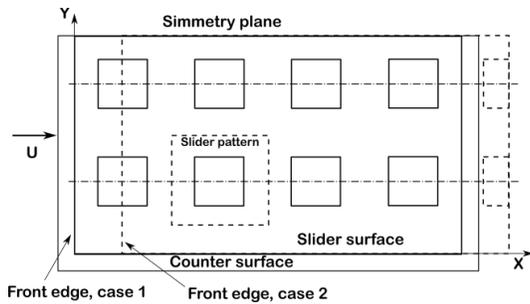


Рисунок 1 - Схема геометрической модели

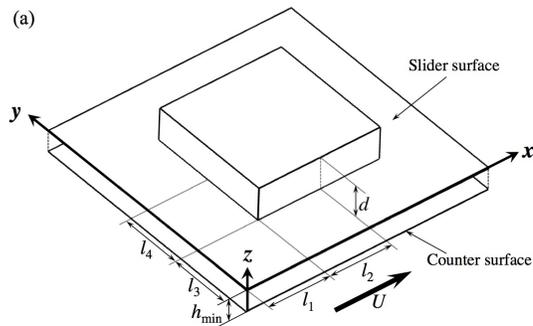


Рисунок 2 - Схема впадины

Результаты

На рисунке 3 показано распределение давления на нижней поверхности канала для двух типов формы передней кромки. Как видно, распределение давления сильно практически одинаково для всех впадин в случае, когда передний край расположен в узкой части канала. Во втором случае, когда впадины располагаются на переднем крае канала, давление на ней резко отличается от давления на других впадинах. На рисунке 4 показаны значения давления на нижней поверхности под внутренним и внешним рядом впадин. Как видно, в первом случае пики давления практически одинаковы для всех впадин, а во втором случае давление максимальное под первой впадиной и постепенно снижается вниз по потоку.

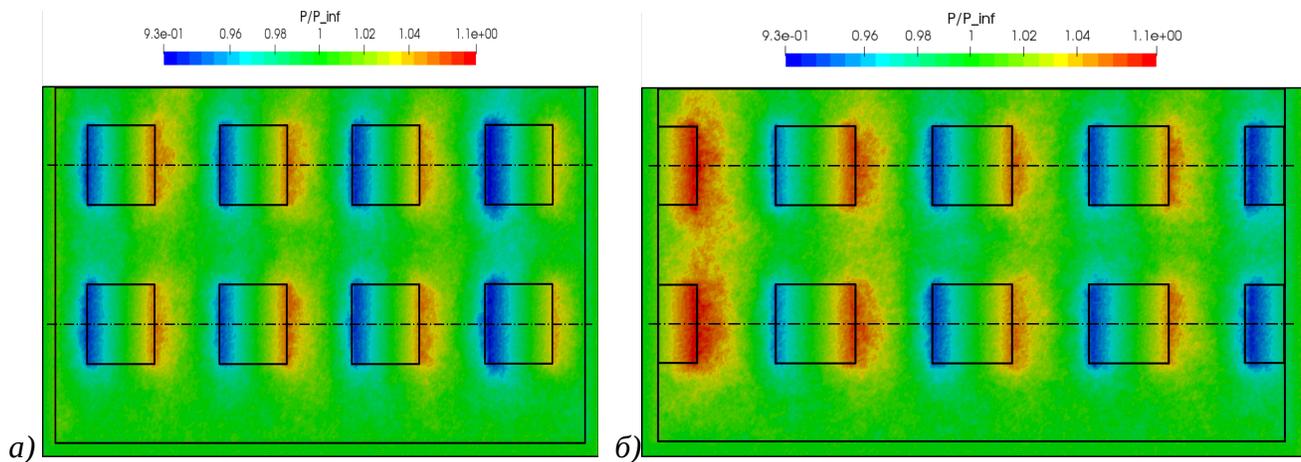


Рисунок 3 - Распределение давления на нижней поверхности. а) – передняя кромка в узкой части канала, б) – передняя кромка начинается со впадины.

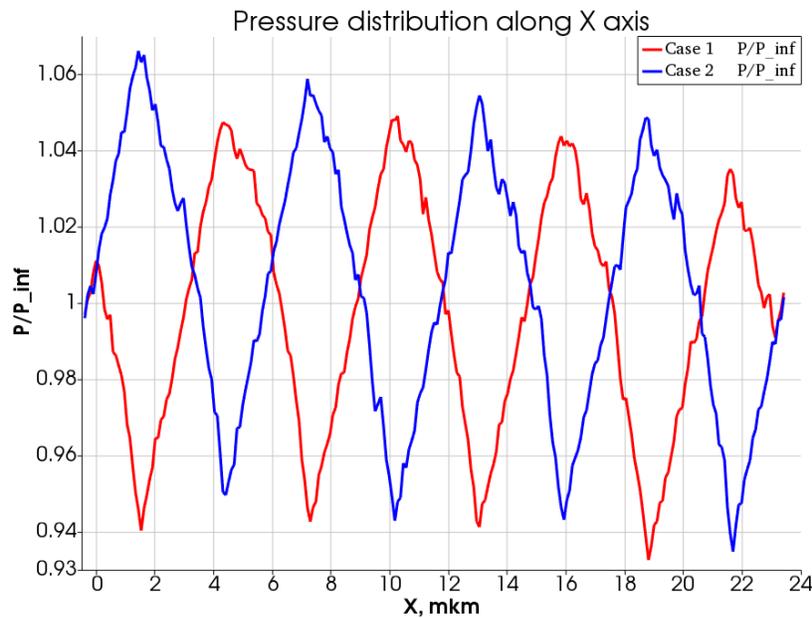


Рисунок 4 - Давление на нижней поверхности канала

Заключение

Было проведено численное моделирование распределения давления в микроканале. Показано, что форма передней кромки влияет на давление.

Перечень публикаций по теме исследования

1. Vashchenkov P.V., Belyaeva A.A., Yonemura S., Kawagoe Yo. Numerical investigation of the effect of the rotating disk surface microstructure on the lift force // XVIII International Conference on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR-16) (Russia, Perm, 27 Jun.-3 Jul., 2016) : abstracts. pt. II. -Perm, 2016. -P. 219-220.
2. Vashchenkov P.V., Belyaeva A., Bondar Y., Yonemura S., Kawagoe Y. Numerical investigation of 3D flow in micro-/nanoscale channel with sliding surface // [Thirteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2016)] (Japan, Sendai, 10-12 Oct., 2016) : Proceedings of the The Sixteenth International Symposium on Advanced Fluid Information AFI2016. -Sendai, 2016. -P. 44-45.
3. Vashchenkov P.V., Bondar Y.A., Kawagoe Y., Yonemura S. Numerical Investigation of 3D Flow in Textured Micro-/Nanoscale Channel by the DSMC method // Proceedings of the Seventeenth International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2017) (Japan, Sendai, 1-3 Nov., 2017). -Sendai, 2017. -P. 114-115.