

Экспериментальное исследование влияния акустического поля на подвижность пузырька по твердой поверхности в сдвиговом потоке¹

Саметов С.П., Питюк Ю.А.

Центр микро- и наномасштабной динамики дисперсных систем,
Башкирский государственный университет, Уфа

Изучение свойств течения вязкой жидкости с пузырьками газа в пористых структурах имеет важное практическое значение для разработки технологий увеличения нефтеотдачи, производства композитных материалов, разработки медицинских, био-, микро-, и многих других технологий. Так, например, по форме и ориентации движущихся в потоке вязкой жидкости пузырьков оцениваются напряжения и скорости сдвига. Такая методика может быть использована для определения скоростей сдвига в вулканических каналах, а также для изучения динамики потока вулканического стекла [1]. При изготовлении композитов пузырьки возникают естественным образом в результате захвата полостей на фронте пропитки армирующего волокнистого материала [2]. Существуют технологии использования пузырьков для очистки поверхностей от микро- и нанозагрязнений [3]. Например, при производстве микроэлектронных изделий осуществляется прохождение полупроводниковых пластин по технологическому маршруту, в котором очистка поверхности микрочипа от различных загрязнений является важным этапом подготовки подложек к последующим технологическим операциям.

В работе экспериментально исследовано влияние акустического воздействия на подвижность пузырьков, находящихся в контакте с твердой поверхностью, в сдвиговом потоке вязкой жидкости. Рассмотрено изменение контактных углов смачивания и длины контактной линии пузырька при отдельном и совместном воздействии сдвигового потока и акустического поля.

Для проведения экспериментальных исследований была собрана лабораторная установка на базе длиннофокусного оптического микроскопа K2/SC (Infinity Photo-Optical Company) и высокоскоростной видеокамеры FASTCAM SA5 (Photron) со скоростью записи изображений до 300000 кадров в секунду [4].

Основной частью установки является прочная экспериментальная ячейка из прозрачного оргстекла с внутренними размерами $71 \times 7 \times 7$ мм. На верхней крышке ячейки располагается дисковый пьезокерамический элемент (STEMiNC), на который подается напряжение синусоидальной формы с помощью генератора сигналов WFG 33522A (Agilent Technologies) и усилителя сигналов AG 1012 (T&C Power Conversion). Сдвиговой поток жидкости в ячейке создавался шприцевым насосом 200-CE (Cole-Parmer) при объемном расходе 15 – 70 мл/мин.

В качестве рабочей жидкости использовался водный раствор глицерина вязкостью 40 мПа·с при 25° С. Размер пузырька варьировался в пределах 200 – 800 мкм, частота акустического поля изменялась в диапазоне от 10 до 100 кГц.

Координаты вершин наступающего и отступающего углов, контактные углы смачивания определялись на основе цифровой обработки изображений из видеоряда с помощью программы ImageJ. Методика позволяет оценивать значения контактных углов с погрешностью $\pm 2^\circ$, а координаты вершин с погрешностью 20 мкм.

В работе показано увеличение подвижности пузырьков, контактирующих с поверхностью, при совместном воздействии сдвигового потока вязкой жидкости и акустического поля.

Список литературы:

- [1] Rust A. C., Manga M., Cashman K. V. Determining flow type, shear rate and shear stress in magmas from bubble shapes and orientations // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2003. Vol. 122, No. 1-2. P. 111–132.
- [2] Michaud V. A review of non-saturated resin flow in liquid composite moulding processes // *Transport in porous media*. 2016. Vol. 115, No. 3. P. 581–601.
- [3] Frommhold P.E., Mettin R., Holsteyns F., Lippert A. Surface cleaning by soft acoustic cavitation bubbles // *DAGA*. 2012. P. 455–456.
- [4] Gumerov N.A., Akhatov I.S., Ohl C.D., Sametov S.P., Khazimullin M.V., Gonzalez-Avila S.R. // *Applied physics letters*. 2016. Vol. 108, No. 13. P. 134102.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-20102.