

Изучение смачиваемости твердых тел методом математического моделирования контактных углов

Исследование краевых углов смачивания позволяет получить важную информацию о взаимодействии твердых тел, жидкости и молекул газа. В частности, смачиваемость поверхности взаимосвязана с характеристиками топографии поверхности (шероховатость, отношение полной площади поверхности к проективной), составом поверхности, межфазными взаимодействиями и свободной поверхностной энергией [1–2]. Метод сидячей капли широко используется для измерения краевых углов смачивания. В данной работе проводится измерение краевых углов смачивания поверхности методом математического моделирования изображения контура сидячей капли, которое получено на ранее описанной установке [3], с использованием математического пакета Maple.

Непосредственный эксперимент осуществляли при комнатной температуре 20 °С и влажности 75 %. Вначале включают источник света, затем специальным устройством размещают каплю на исследуемой поверхности. Образец находится на предметном столе, выровненном по горизонтали. Камеру CCD устанавливают согласно образцу. Система капля/образец стабилизируется в течение 10–15 минут, а потом фотографируется. Изображение сохраняется в формате BMP (рисунок *a*). В качестве тестовых образцов нами были использованы системы Mo-покрытие/стеклянная подложка, полученные методом осаждения металла в условиях облучения собственными ионами с разным временем нанесения (1–3 часа) и ускоряющим потенциалом.

В нашей работе для определения контура капли применяли групповые фильтры графических редакторов и ранее разработанную программу Angle, которая обрабатывает изображение системы капля – подложка – воздух та-

ким образом, чтобы выделенной оказалась граница раздела жидкости и газа и изображение системы оказалось спроецировано на плоскость. После обработки получали следующие изображения (рисунок б).

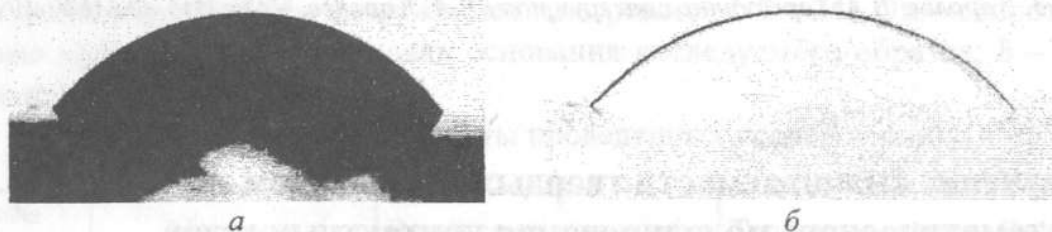


Рисунок – Полученное (а) и обработанное (б) изображение

Для нахождения краевых углов смачивания нами была предпринята попытка смоделировать контур капли. При этом было сделано допущение, что контур капли будет представлять собой сегмент эллипса. Тогда форму капли можно описать функцией второго порядка. Для этого на обработанном групповыми фильтрами изображении с установленной границей раздела жидкость-газ выбираем 6 точек в каждом изображении. Выборкой 4 из 6 строим уравнения эллипса, которые максимально точно укладываются на эти точки, и все полученные уравнения усредняем.

Решая в программном пакете Maple систему уравнений $\frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2} = 1$, для выбранных точек находим параметры эллипса: координаты центра $(x_0; y_0)$, большую (а) и малую полуоси (b). Найдя все эти параметры, мы получаем функцию, описывающую контур капли.

После этого определяем по изображению точки трехфазного контакта на проекции полученного изображения и по их координатам строим прямую, проходящую вдоль поверхности твердого тела, касательные слева и справа. После чего получаем уравнение тангенса угла между касательными к полученному эллипсу в точках трехфазного контакта и прямой, проходящей вдоль поверхности: $\operatorname{tg}\alpha = \left| \frac{k_2 - k_1}{1 + k_2 k_1} \right|$, откуда всегда можно найти непосредственно краевой угол смачивания в изучаемой системе.

Проведя анализ изображений капли, математическое моделирование контура капли и краевых углов для поверхности стекла с нанесенным на него покрытием на основе молибдена, моделирование проекции поверхности капли как эллипса дает результаты, близкие к результатам прямых измерений, схожие с результатами, полученными прямыми измерениями с применением ранее описанной установки и методики [4].

Разброс значений относительно медианного в пределах 0,6 %, что позволяет использовать этот метод для определения краевого угла смачивания в дальнейшем, так как он математически хорошо воспроизводим и не требует значительных изменений в экспериментальной части.

Литература

1. Kwok X.D. et all. /Selfaggregation of vapor—liquid phase transition // *Journal Progress in Natural Science*. – 2003. – 13 (6). – P. 451–456.

2. E. Chibowski, R. Perea-Carpio /Problems of contact angle and solid surface energy determination // *Journal Advances in colloid and Imerface Science*. – 2002. – 98 (2). – P. 245–246.

3. Барайшук, С.М. Экспериментальнае вивучэнне змочвання цвёрдых паверхняў вадкасцямі ў курсе агульнай фізікі / С.М. Барайшук, И.В. Дедюля // *Весці БДПУ. Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка*. – 2011. – № 4(70). – С. 29–32.

4. Автоматизированный комплекс для измерения равновесного краевого угла смачивания на плоских поверхностях / Патент РБ 7074 по заявке 20100661, от 12.10.2010 // Е.П. Макаревич, И.С. Ташлыков, С.М. Барайшук, М.А. Андреев.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ