

**ДИНАМИКА СМАЧИВАНИЯ ПРИ ВЫСОКИХ СКОРОСТЯХ ДВИЖЕНИЯ ЛИНИИ
ТРЕХФАЗНОГО КОНТАКТА**

Пономарев К.О., Феоктистов Д.В., Орлова Е.Г.

Научный руководитель: Феоктистов Д.В., к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kotyaponomarev@gmail.com

WETTING DYNAMICS AT HIGH VALUES OF CONTACT LINE SPEED

Ponomarev K.O., Feoktistov D.V., Orlova E.G.

Scientific Supervisor: Feoktistov D.V.

634050, National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: kotyaponomarev@gmail.com

Abstract. Experimental results analyses of dynamic contact angle change under the conditions of substrate wetting by distilled water at high values of the contact line speed was conducted. Three spreading modes for copper substrates with different roughness were selected: drop formation, spreading and equilibrium contact angle formation. Peculiarity of droplet spreading on superhydrophobic surface is found. It consists in a monotonic increase of the advancing dynamic contact angle. The effect of the drop growth rate on the value of the dynamic contact angle is found.

Введение

Динамический краевой угол (ДКУ), скорость перемещения линии трехфазного контакта (ЛТФК) и диаметр пятна контакта - основные параметры, характеризующие процесс растекания капли по поверхности. Они зависят от микроструктуры поверхности, физико-химических свойств смачивающей жидкости, условий образования капли на подложке. Результаты изучения динамики ЛТФК и изменения контактного диаметра от различных параметров опубликованы во многих работах отечественных и зарубежных ведущих ученых. Стоит отметить, что изменение ДКУ в процессе смачивания поверхностей “наступающими” и “отступающими” каплями исследованы только при медленном движении линии трехфазного контакта до 1 мм/с [1-3]. Динамика смачивания при скоростях движения линии трехфазного контакта больше 1 мм/с остается мало изученной, поскольку регистрация физических механизмов быстропротекающих процессов стала возможной в последнее десятилетие в связи с усовершенствованием фото и видеоаппаратуры. Целью работы является исследование изменения динамического контактного угла капли в условиях смачивания подложек при высоких скоростях движения линии трехфазного контакта.

Методика проведения эксперимента

Экспериментальные исследования проводились на установке (рис.1) с использованием теневой и Шлирен оптических методов [4].

В ходе проведения предварительных экспериментов определены основные факторы воздействия, которые сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Основные факторы воздействия

Объем жидкости	0,3 мл
Скорость накачки дистиллированной воды	0,005; 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,16 мл/с
Материал подложек	Медь, поверхность с супергидрофобным покрытием
Параметр шероховатости (Ra) поверхности подложек	отожженная медь Ra=0,591 мкм; медь Ra=5,190 мкм; медь Ra=6,210 мкм; поверхность с супергидрофобным покрытием Ra=0,751 мкм
Смачивающая жидкость	Недеаэрированная дистиллированная вода

Результаты экспериментов

По результатам серии экспериментов (рисунок 1 (а–в)) выделены три режима растекания капли дистиллированной воды по медным подложкам с достаточно типичными шероховатостями 0,591, 5,190 и 6,210 мкм.

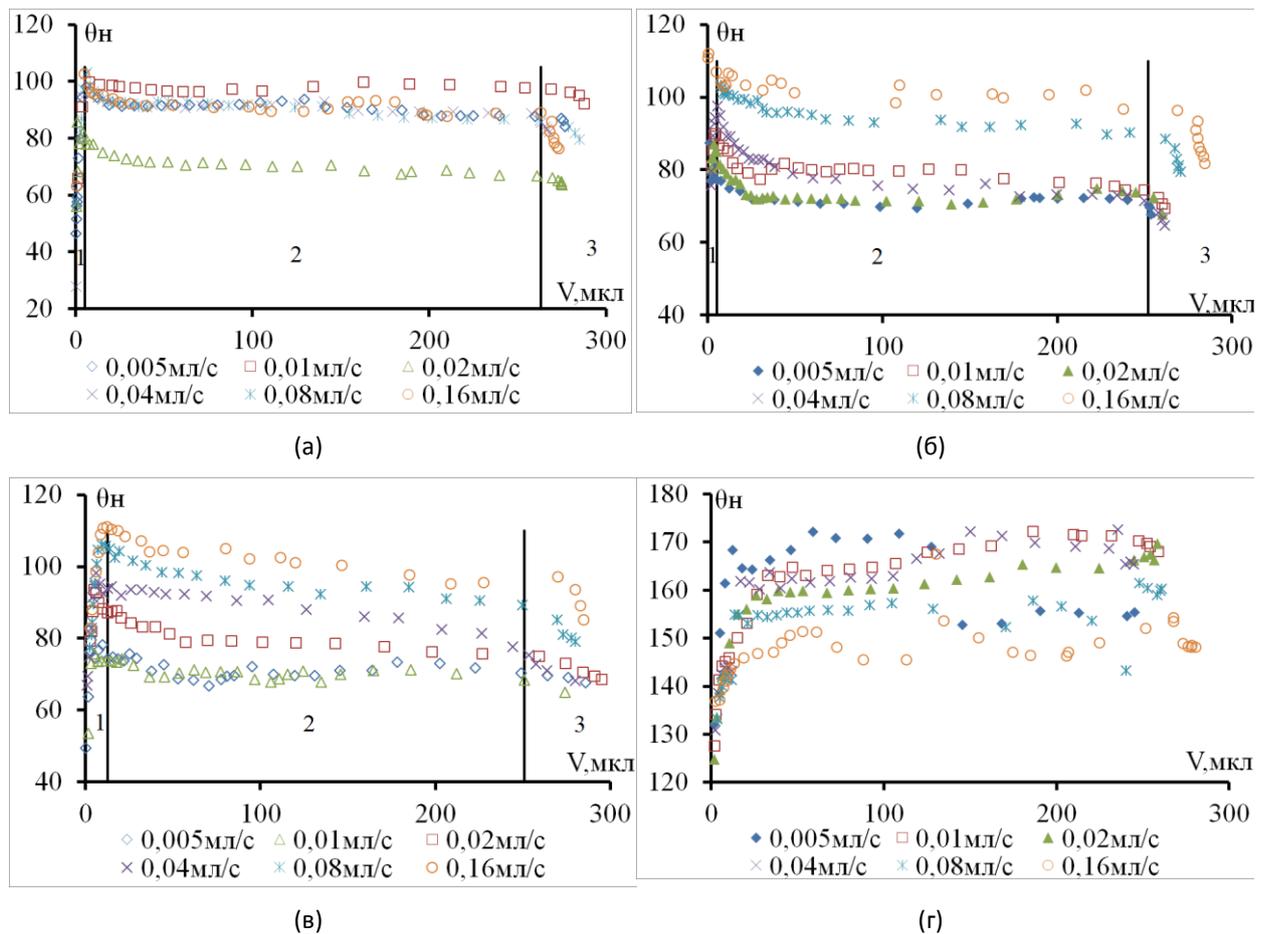


Рисунок 1. Зависимость наступающего краевого угла от объёма капли при растекании дистиллированной воды по подложкам: а) медь ($Ra=0,591 \mu\text{м}$); б) медь ($Ra=5,190 \mu\text{м}$); в) медь ($Ra=6,210 \mu\text{м}$); г) супергидрофобная поверхность ($Ra=0,751 \mu\text{м}$).

Первый – формирование капли (скорость перемещения ЛТФК и ДКУ натекания увеличиваются)

“скачком”). Второй – растекание капли (характеризуется монотонным уменьшением скорости перемещения ЛТФК и ДКУ натекания). Третий – формирование равновесного краевого угла при постоянном значении смоченной площади (скорость перемещения ЛТФК стремится к нулю, а растекание капли происходит до тех пор, пока движущая сила больше нуля).

Длительность режимов в экспериментах составила: первый – 1-2% от всего времени растекания, второй – 39-50%, третий – 48-60%.

На супергидрофобной поверхности с шероховатостью 0,751 мкм (рисунок 1 (г)) в сравнении с остальными подложками выделен ряд особенностей в режимах растекания. В процессе формирования капли жидкости за “скачкообразным” увеличением скорости перемещения ЛТФК и ДКУ натекания следует режим растекания, который сопровождается уменьшением скорости ЛТФК и монотонным увеличением наступающего ДКУ.

Следует отметить, что анализ значений ДКУ натекания проводился для стадий 2 и 3.

Установлено, что увеличение объемной скорости образования капли дистиллированной воды (с 0,005 мл/с до 0,160 мл/с) при растекании по медным подложкам с шероховатостью 5,190 мкм привело к повышению максимального значения краевого угла натекания на 30%; при Ra=6,210 мкм на 37%.

Увеличение объемной скорости образования капли дистиллированной воды на медной подложке с шероховатостью 0,591 мкм не привело к повышению значения краевого угла натекания. Наступающий ДКУ в диапазоне объёмных скоростей роста капли 0,040–0,160 мл/с не зависит от объёма капли. В процессе ее растекания по таким подложкам несмачивание поверхности сменяется смачиванием. Динамический краевой угол натекания в процессе движения ЛТФК уменьшается и через некоторое время, зависящее от объёмной скорости образования капли, материала подложки и микрорельефа поверхности, становится меньше 90°.

Работа выполнена в рамках НИР Госзадания «Наука» №13.1339.2014/К (шифр Федеральной целевой научно-технической программы 2.1410.2014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bartashevich M.V., Marchuk I.V., Kabov O.A. Numerical simulation of natural convection in a sessile liquid droplet // Microgravity Science and Technology. – 2012. – V. 24 (1). – PP. 17–31.
2. Мисюра С.Я., Накоряков В.Е., Елистратов С.Л. Особенности испарения капель воды на нагреваемой поверхности // Доклады Академии Наук. – 2013. – Т. 448. – № 3. – С. 293–296.
3. Orlova E.G., Kuznetsov G.V., Feoktistov D.V. The evaporation of the water-sodium chlorides solution droplets on the heated substrate // EPJ Web of Conferences. – 2014. – V. 76. – PP. 1–8.
4. Кабов О.А., Зайцев Д.В. Влияние гистерезиса смачивания на растекание капли под действием гравитации // Доклады академии наук. – 2013. – Т.451. – №1. – С.37-40.