

РАЗРАБОТКА ТЕРМО-ХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ СМАЧИВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Гришина А.И. (Университет ИТМО), Щедрина Н.Н. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, Одинцова Г.В.
(Университет ИТМО)

Введение. Смачиваемость играет важную роль во многих промышленных технологических областях от антикоррозийной обработки до биомедицинских применений. Возможность управлять смачиванием с помощью лазерного структурирования, а особенно, создание градиентов смачивания и различных поверхностей с комбинированным гидрофильно-гидрофобным смачиванием открывают новые возможности для этих применений. Это можно использовать, например, в системах управления температурным режимом для отвода конденсированной влаги [1], для конденсации пара [2], в микрофлюидных системах [3], для создания самоочищающихся поверхностей и поверхностей с защитой от обледенения [4], а также для разделения жидкостей с различным поверхностным натяжением [5].

Существуют различные методы управления смачиванием такие как химический, механический и термический. Лазерный метод является наиболее конкурентоспособным поскольку позволяет локально управлять смачиванием, модифицировать как рельеф, так и состав поверхности. Однако у такого метода существуют ограничения, в частности гидрофобные поверхности, создаваемые только лазером с последующей обработкой обжигом в печи или выдержкой на воздухе, приобретают свои свойства за счёт органических соединений на поверхности, и из-за этого обладают низкой износостойкостью и высокой адгезией.

Основная часть. В данной работе представлено исследование влияния различных свойств поверхности нержавеющей стали марки AISI 304, обработанной иттербиевым волоконным лазером “МиниМаркер-2” мощностью 50 Вт с длиной волны 1,064 мкм, частота 50-100 кГц, длительность 100 нс. Также для получения гидрофобных поверхностей использовалась гидрофобизирующая жидкость Glaco Mirror Coat, которая представляет собой спиртовую суспензию из силанизированных наночастиц кремния [6]. Эта жидкость была выбрана в силу высокой износостойкости её свойств, низкой адгезии и химической инертности при контакте с водой. Ранее было выяснено, что обработка поверхности лазерным структурированием может только уменьшить угол смачивания [7], а нанесение покрытия Glaco на необработанную поверхность даёт угол смачивания около 150°. Было принято решение совместить лазерное структурирование и нанесение гидрофобизирующего покрытия для достижения большего диапазона углов смачивания и при этом получать поверхности с низкой адгезией. Для проведения эксперимента было выбрано два подхода: нанесение Glaco на сталь и удаление лазером некоторых участков покрытия и второй – нанесение покрытия Glaco после лазерной обработки. Также было проведено исследование влияния геометрических параметров лазерно-индуцированного рельефа поверхности на изменение угла смачивания после нанесения покрытия. Данные режимы будут использоваться для создания градиента смачивания путём последовательного расположения областей с различной смачиваемостью и изучить влияние геометрической формы образца с градиентом смачивания на направленное течение жидкости.

Исследования гидрофобности проводились с помощью метода лежащей капли и измерения контактного краевого угла. Изображения структурированной поверхности получались при помощи оптической микроскопии. Степень адгезии качественно измерялась путём наклона поверхности до предельного угла, начиная с которого капля начинала скатываться с поверхности.

Выводы. В процессе работы была получена зависимость угла смачивания и адгезии капли дистиллированной воды на поверхности от режимов лазерного воздействия и нанесения гидрофобизирующего покрытия. Для экспериментов по лазерному структурированию поверхности стали с предварительно нанесенным гидрофобизирующим покрытием получился большой диапазон углов смачивания, максимальное значение достигло 150° , но для такого метода характерна высокая адгезия. Для экспериментов по лазерному структурированию стали с последующим нанесением гидрофобизирующего покрытия максимальный угол смачивания достиг $\sim 176^\circ$ и адгезия была низкой, но диапазон углов небольшой. Будут созданы градиенты смачивания, которые могут использоваться в микрофлюидных системах для транспортировки капель и смешивания жидкостей малых объемов.

Список использованных источников:

1. Lowrey S. et al. Survey of micro/nanofabricated chemical, topographical, and compound passive wetting gradient surfaces //Langmuir. – 2021. – Т. 38. №. 2. – С. 605-619.
2. Sommers A. D. et al. Self-propelled water droplet movement on a laser-etched radial gradient copper surface //Applied Thermal Engineering. – 2020. – Т. 173. – С. 115226.
3. Morrissette J. M. et al. Rapid, self-driven liquid mixing on open-surface microfluidic platforms //Scientific reports. – 2017. – Т. 7. – №. 1. – С. 1800.
4. Prime H. et al. Micro-fabricated aluminium surfaces for reduced ice adhesion //Experimental Thermal and Fluid Science. – 2022. – Т. 136. – С. 110646.
5. Chowdhury I. U. et al. Autonomous transport and splitting of a droplet on an open surface //Physical Review Fluids. – 2021. – Т. 6. – №. 9. – С. 094003.
6. Luo J. T. et al. Slippery liquid-infused porous surfaces and droplet transportation by surface acoustic waves //Physical Review Applied. – 2017. – Т. 7. – №. 1. – С. 014017.
7. Shchedrina N. et al. Wetting angle stability of steel surface structures after laser treatment //Optical and Quantum Electronics. – 2020. – Т. 52. – С. 1-12.

Гришина А.И. (автор)

Одинцова Г.В. (научный руководитель)