

ТЕРМОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ СТРУКТУР ДЛЯ АВТОНОМНОГО НАПРАВЛЕННОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

Гришина А.И. (ИТМО), Филатов И.А. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Романова Г.В. (ИТМО)

Введение. Благодаря локальности и возможности управлять не только рельефом, но и составом поверхности, технологии лазерной обработки в последние годы стремительно развиваются и находят применение во многих областях. В частности, лазерные технологии получили значительное распространение в области структурирования поверхностей для изменения их функциональных свойств, например, таких как смачивание. Возможность управлять смачиванием с помощью лазерного структурирования позволяет создавать поверхности с комбинацией последовательно расположенных по уменьшению угла смачивания областей, так называемых градиентов смачивания или зонных структур. Поверхности с градиентом смачивания находят свое применение в микрофлюидных системах Lab-On-a-Chip и Point-Of-Care [1], в системах управления температурным режимом для отвода конденсированной влаги [2], для конденсации пара [3] и разделения жидкостей с различным поверхностным натяжением [4]. Уже существующие гидрофобные градиенты смачивания создаются методами, включающими в себя большое количество продолжительных по времени этапов обработки поверхности [5-7]. Созданный нашей научной группой ранее с помощью лазерного структурирования градиент [8] обладал гидрофильными свойствами и оставался стабильным только в течение короткого периода времени.

Целью настоящей работы является создание лазерно-химического метода формирования структур для направленного течения жидкости путём создания зонной структуры с убывающим гидрофобным углом смачивания. С использованием лазерного структурирования и гидрофобизирующей жидкости предполагается научиться создавать износостойкие стабильные поверхности с высоким смачиванием.

Основная часть. В данной работе для модификации поверхности нержавеющей стали марки AISI 304 использовалась установка “МиниМаркер-2” на базе импульсного иттербиевого волоконного лазера мощностью 50 Вт с длиной волны 1064 нм, частотой 50-100 кГц и длительностью импульса 100 нс. Для придания поверхности гидрофобных свойств использовалась гидрофобизирующий спрей Soft99 Glaco Zero Mirror Coat, который является спиртовой суспензией из силанизированных наночастиц кремния [9]. Также были проведены эксперименты с аналоговой гидрофобизирующей жидкостью, созданной в нашей лаборатории.

Поверхность нержавеющей стали марки AISI 304 была модифицирована режимами с перекрытиями от 0% до 90% и плотностями мощности от 28.2 МВт/см² до 282.9 МВт/см², и после распыления гидрофобизирующего агента был получен диапазон углов смачивания от 140° до 180°, также была измерена поверхностная адгезия этих областей. На основе полученных данных о зависимости угла смачивания и угла гистерезиса от параметров обработки были выбраны 6 режимов, с помощью которых была создана зонная структура. Были проведены эксперименты для проверки существования автономного потока жидкости и направленности такого потока. Также была проведена серия тестов для определения возможности многократного использования и проверка выдерживания образцами старения.

Выводы. В ходе исследования был получен образец зонной структуры с гидрофобным убывающим углом смачивания. Длина зонной структуры составила 12 мм, средняя скорость течения капли на данном образце соответствует 33 мм/с. Возможность многократного использования была подтверждена и было установлено, что после 30 проходов капля продолжает течение. Выдерживание старения также было проверено – спустя 6 месяцев образцы показывали удовлетворительный результат. К тому же, полученная зонная структура показывает работоспособность под обратным гравитационным уклоном в 1.5 градуса. Также был создан образец с поворачивающей геометрией, и протекающие по нему капли автономно меняли направление. Такие градиенты можно использовать для отвода капель жидкости в терморегулирующих системах и для смешивания жидкостей малых объемов.

Список использованных источников:

1. Morrissette J. M. et al. Rapid, self-driven liquid mixing on open-surface microfluidic platforms //Scientific reports. – 2017. – Т. 7. – №. 1. – С. 1800.
2. Lowrey S. et al. Survey of micro/nanofabricated chemical, topographical, and compound passive wetting gradient surfaces //Langmuir. – 2021. – Т. 38. №. 2. – С. 605-619.
3. 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.
4. 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.
5. Liu C. et al. Long-range spontaneous droplet self-propulsion on wettability gradient surfaces //Scientific Reports. – 2017. – Т. 7. – №. 1 – С. 7552.
6. Tang X. et al. A combined structural and wettability gradient surface for directional droplet transport and efficient fog collection //Journal of Colloid and Interface Science. – 2021. – Т. 604. – С. 526–536.
7. Funayama K. et al. Flexibly designable wettability gradient for passive control of fluid motion via physical surface modification //Scientific Reports. – 2023. – Т. 13. – С. 6440.
8. Shchedrina N. et al. Wetting angle stability of steel surface structures after laser treatment //Optical and Quantum Electronics. – 2020. – Т. 52. – С. 1-12.
9. 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.

Гришина А.И. (автор)

Романова Г.В. (научный руководитель)