

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СТРУКТУРИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ПАССИВНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЖИДКОСТИ НА МЕТАЛЛЕ

Млоток О. В.¹, Голубев Л. В.², Повстяный В. Н.³

Научный руководитель – Гришина А. И.⁴

¹ГБОУ гимназия №397

²ГБОУ МО СП ФМЛ

³Агалатовский ЦО

⁴Университет ИТМО

olgarus1412@mail.ru

Введение

Управление поведением жидкости на поверхности твердого тела является одной из ключевых задач современной микрофлюидики, теплотехники и материаловедения [1,2]. Способность направлять поток жидкости без использования внешних насосов или сложных механических систем открывает широкие перспективы для обеспечения пассивного охлаждения электроники, управления конденсатом, усовершенствования биосенсоров и создания самоочищающихся поверхностей. В связи с этим особый интерес вызывает разработка методов пассивного управления течением.

В последние годы лазерное структурирование зарекомендовало себя как высокоточный и производительный метод создания микрорельефов, способных кардинально изменять смачиваемость материала [2]. Однако, несмотря на успехи в создании таких поверхностей, вопросы долговечности таких структур, их устойчивости к многократному использованию и возможности точного контроля скорости и траектории движения остаются открытыми. Показано, что формирование гидрофильных каналов позволяет жидкости самопроизвольно растекаться в заданном направлении [3], в то время как создание супергидрофобных «дорожек» удерживает жидкость в пределах определенных зон (режим смачивания Касси-Бакстера) [2]. Комбинируя лазерную обработку с нанесением гидрофобных покрытий возможно создание поверхностей с контрастными зонами смачивания [2].

В данной работе представлен метод высокопроизводительного лазерного структурирования стали с последующей гидрофобной обработкой для создания зонно-структурированной поверхности с убывающим краевым углом смачивания. Лазерная технология обеспечивает высокую точность формирования микрорельефа, а также возможность локальной обработки отдельных участков материала с контролируемыми геометрическими параметрами структур. Это позволяет целенаправленно задавать направление и получать воспроизводимые результаты. Главной целью работы является усовершенствование структуры за счет модификации рельефных «дорожек» на поверхности, увеличения их количества и изменения их траектории.

Основная часть

В работе исследуется влияние лазерного структурирования поверхности металлов на способность управлять пассивным течением жидкости. С помощью наносекундного лазерного излучения на поверхности создаются микроструктуры, которые меняют рельеф, как следствие, смачиваемость материала.

Образцы из нержавеющей стали AISI 304 обрабатывались наносекундным волоконным лазером (1064 нм) для создания микрорельефа, после чего на поверхность наносился гидрофобизатор Soft99 Glaco Zero Mirror Coat в 2 слоя, с сушкой 15 минут. При воздействии излучением на металл угол смачивания уменьшается, с помощью

нанесения гидрофобизатора поверх обработанной области появляется возможность получить углы смачивания больше 150° .

Геометрия структур анализировалась методом оптической микроскопии. Смачиваемость оценивалась методом лежащей капли с использованием камеры ToprCam и ПО ToprView, углы скатывания измерялись на поворотном столике. В результате сформированы зонные структуры с диапазоном углов смачивания: супергидрофобные «дорожки». Подтверждена возможность многократного использования структур без потери свойств.

Выводы

В ходе работы был исследован и усовершенствован метод создания зонной гидрофобной структуры, обеспечивающий пассивное движение капли жидкости. Была подтверждена возможность многократного применения без потери свойств. Увеличение траектории «дорожек» потенциально позволит расширить область применения метода в различных сферах.

Доработанная технология обладает возможностями практического применения в биосенсорах, пассивном охлаждении электроники, создании самоочищающихся поверхностей и в управлении конденсатом.

Литература

1. Fan D., Liu Y., Liu Y. The latest advances in microfluidic DLD cell sorting technology: The optimization of channel design //Biosensors. – 2025. – Т. 15. – №. 2. – С. 126.
2. Grishina A., Filatov I., Shchedrina N., Prokopiev V., Davydova E., Suslov R., Romanova G. Laser-Assisted Structures for Efficient Fluid Management on Stainless Steel Surfaces//Langmuir, 2024, Vol. 40, No. 11, pp. 5632–5638
3. Shchedrina, N. N.; Kudryashov, S. I.; Moskvina, M. K.; Odintsova, G. V.; Krylach, I. V.; Danilov, P. A.; Bondarenko, A. G.; Davydova, E. A.; Fokina, M. I.; Olekhovich, R. O.; Uspenskaya, M. V.; Veiko, V. P. Elementary autonomous surface microfluidic devices based on laser-fabricated wetting gradient microtextures that drive directional water flows. Optics Express 2021, 29, 12616–12624