

УДК: 544.722.132

DOI: 10.20535/iwccmm2024303022

ЗМОЧУВАННЯ ТЕКСТУРОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ З ПОЛІДИМЕТИЛСИЛОКСАНУ

Ангеліна ЛЕБЕДЕНКО,

Студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського

lebedenko.angelina@lil.kpi.ua

Олексій МИРОНЮК,

к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського

o.myronyuk@kpi.ua

Анотація. Зразки поверхонь полідиметилсилоксану платинового отвердження були синтезовані шляхом поліконденсації на алюмінієвому шаблоні, зберігаючи геометрію шаблону на поверхні полімеру з високою точністю, включаючи артефакти текстурування, залишені фемтосекундним лазером. Змочуваність поверхні досліджували за допомогою рідин з низьким поверхневим натягом. Текстуровані поверхні демонстрували помітні відштовхуючі властивості вище 43 мН/м, що пов'язано з досягненням стану змочування за Кассі. Зі зменшенням поверхневого натягу стан Кассі переходить у стан Венцеля. Цей перехід підкреслює динамічну поведінку змочування текстурованих поверхонь, що має вирішальне значення для застосувань, які вимагають індивідуальних властивостей змочування. Реплікація особливостей поверхні з шаблону підкреслює точність методу синтезу, пропонуючи можливості для контрольованої інженерії поверхні в різних галузях, включаючи мікрофлюїдику, біомедичні пристрої та антиобростаючі покриття.

Ключові слова: змочування, водовідштовхування, текстура, мікроскопія:

Abstract. Platinum-cured polydimethylsiloxane samples were synthesized via polycondensation on an aluminum template, preserving the template's geometry on the polymer surface with high fidelity, including femtosecond laser-induced texturing artifacts. Surface wettability was investigated with low surface tension liquids. Textured surfaces exhibited notable repellent properties above 43 mN/m, attributed to achieving the Cassie wetting state. With decreasing surface tension, the Cassie state transitions to the Wenzel state. This transition highlights the dynamic wetting behavior of the textured surfaces, crucial for applications requiring tailored wetting properties. The replication of surface features from the template underscores the precision of the synthesis method, offering opportunities for controlled surface engineering in various fields, including microfluidics, biomedical devices, and anti-fouling coatings.

Key words: wetting, water repellency, texture, microscopy

Структурування поверхонь підвищує їх розвиненість, а отже і здатність до взаємодії з такими рідинами, які мають спорідненість до таких поверхонь. В

протилежному випадку спостерігається підвищене відштовхування таких рідин за рахунок виникнення аномалій змочування.

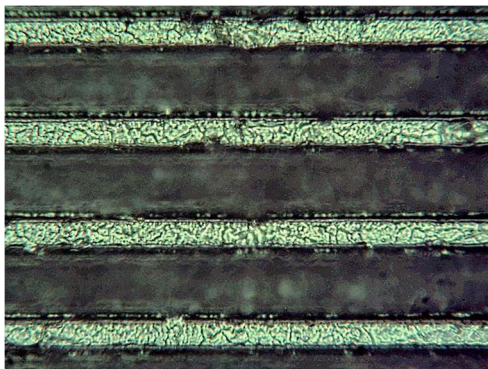
Існує цілий ряд методів формування текстур на поверхні матеріалів, основними з яких є хімічна та електрохімічна обробка (травлення), лазерна та плазмова абляція, нанесення покриттів з газової та рідкої фази, використання шаблонів для тиснення. Більшість із вказаних методів дозволяє одержувати лише стохастичні текстури, на відміну від періодичних текстур з високою відтворюваністю, які можуть формуватися методом лазерної абляції. На теперішній час метод у високій мірі розвинений для поверхонь різних металів, включаючи сталь, алюміній та інші [1]. Найбільш рівна і вільна від артефактів текстура утворюється при використанні короткоімпульсних лазерів - фемто- і пікосекундних [2]. Втім, лазерна абляція безпосередньо поверхонь полімерів використовується не так часто, оскільки не дозволяє досягти надвисокої продуктивності та зниженої собівартості текстурування. Більш придатним з практичної точки зору є використання оброблених лазерним текстуруванням шаблонів для формування відбитків текстур на поверхні широкого спектру полімерних матеріалів [3].

Зокрема в цій роботі розглядається процес формування відбитків текстури на поверхні кремнійорганічного полімеру при проведенні поліконденсації, а також їх здатність до відштовхування води внаслідок формування станів змочування Венцеля і Касі.

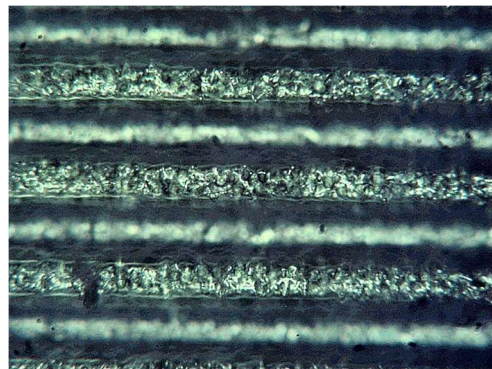
В якості шаблону було використано текстурований фемтосекундним лазером алюміній. Текстура, сформована на ньому мала період 60 мкм, висоту виступів - 25 мкм, профіль текстури - трапеція з нижньою основою 45 мкм, верхньою - 15 мкм. Відбиток було сформовано на поверхні полідиметилсилоксану платинового отвердження марки "СКА-035". Для цього олігомер змішувався з каталізатором, наносився на поверхню алюмінієвого шаблону, вакуумувався і витримувався після зняття вакууму при кімнатній температурі протягом 3 діб, після чого видалявся з поверхні шаблону.

Для вимірювання кута змочування було використано оптичний мікроскоп ДІП-10 з кутовимірною приставкою, а для одержання фотографій поверхні відтиску - мікроскоп Konus Academy.

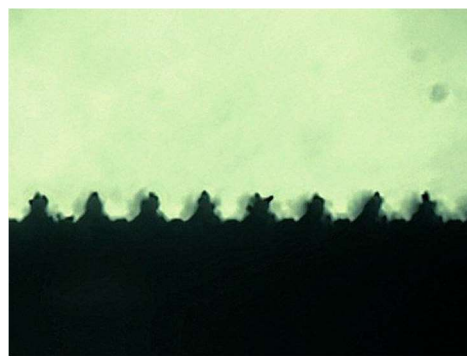
Одержана на поверхні зразка текстура є періодичною, одновісно орієнтованою та добре відтворюваною в межах геометрії зразка (Рис. 2). Субтекстура на поверхні западин (Рис.2 *а*) та випуклостей (Рис.2 *б*) відрізняється, оскільки остання сформована поверхнею шаблону, яка безпосередньо була піддана лазерній абляції і містить артефакти процесу у вигляді невеликих виступів розміром в кілька десятків мікрометрів. Саме нерівності вихідного шаблону є причиною виникнення нерегулярностей профілю поверхні (Рис.2 *в*).



а



б



в

Рис. 2. Структура поверхні зразків.

***а* - нижній рівень текстури $\times 480$, *б* - верхній рівень текстури $\times 480$, *в* - профіль текстури $\times 120$**

Для визначення змочуваності одержаних поверхонь було використано набір водно-етанольних розчинів з різними значеннями поверхневого натягу. Метод сидячої краплі було реалізовано на поверхні текстурованого зразку та відповідного плаского зразку з того ж матеріалу (Таблиця 1).

Таблиця 1-Змочуваність поверхонь

Поверхневий натяг розчину, Н/м	Кут змочування текстурованої поверхні, град.	Кут змочування пласкої поверхні, град.	Різниця кутів, град.
72,73	142	99	43
54,55	136	96	40
47,22	118	93	25
43,57	120	91	29
39,13	104	80	24

Кут змочування при зменшенні поверхневого натягу пробного розчину знижується як у випадку пласкої поверхні, так і у випадку текстурованої. Для останньої це зменшення є більш крутим, що видно з аналізу різниці кутів змочування, що пояснюється порушенням стану Касі і поступовим його переходом до стану змочування Вентцеля. Звертає на себе увагу що все ж таки поверхні полідиметилсилоксану зберігають свої відштовхувальні по відношенню до рідин властивості в діапазоні поверхневих натягів вище за 43 Н/м.

ВИСНОВКИ

Методом поліконденсації на попередньо підготовленому алюмінієвому шаблоні були отримані зразки полідиметилсилоксану платинового отвердження. Показано, що одержані на поверхні полімеру текстури в повторюють геометрію вихідного шаблону в режимі негативу з достатньо високою точністю, зокрема копіюються артефакти від текстурування в точках фокусування фемтосекундного лазера. Одержані поверхні досліджені з огляду на

змочуваність рядом рідин зі зниженим поверхневим натягом. Показано що в діапазоні вище 43 мН/м одержані текстури зберігають помітну здатність до відштовхування, зумовлену досягненням стану змочування Касі, який при зниженні поверхневого натягу перетворюється на стан Венцеля.

Список літератури:

1. Leggio, L., Di Maïo, Y., Pascale-Hamri, A., Egaud, G., Reynaud, S., Sedao, X., & Mauclair, C. (2023). Ultrafast Laser Patterning of Metals Commonly Used in Medical Industry: Surface Roughness Control with Energy Gradient Pulse Sequences. *Micromachines*, 14(2), 251. <https://doi.org/10.3390/mi14020251>
2. Zinnecker, V., Stokes-Griffin, C., Madden, S., Rode, A., & Compston, P. (2019). Investigation of the effects of femtosecond laser metal surface texturing on bonding of PA 6 to steel. *Procedia Manufacturing*, 29, 313–320. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.143>
3. Siddiqui, A. R., Wen, L., Wang, F., Ou, J., & Amirfazli, A. (2021). One-step fabrication of transparent superhydrophobic surface. *Applied Surface Science*, 542, 148534. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.148534>