

УДК: 678

DOI: 10.20535/iwccmm2024302631

ОДЕРЖАННЯ ТЕКСТУРОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ ГУМИ НА ОСНОВІ ЕПДМ КАУЧУКІВ З ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛЕВИХ ШАБЛОНІВ

Володимир СТРАШЕНКО

Аспірант

КПІ ім. Ігоря Сікорського
strashenkowork17@gmail.com

Олексій МИРОНЮК

к.т.н., доц. каф. ХТКМ

КПІ ім. Ігоря Сікорського
o.myronyuk@kpi.ua

Анотація: Предметом дослідження є синтетично створенні текстуровані поверхні із металу та гуми. В якості об'єкта дослідження виступає водовідштовхувальні властивості зразків які були виготовлені темплатним методом. Дослідження властивості відбувалося за допомогою визначення кута змочування текстурованих поверхонь, який досліджувався за допомогою оптичної мікроскопії. В якості основного матеріалу обрано етилен-пропіленовий каучук. При цьому в якості шаблону використовувався металевий шаблон. Також використовуючи цей метод встановлено його поверхню при використанні темплатаного методу виготовлення зразків. Описано поверхні які утворилися та кількісно встановлено зміну кута змочування при текстуровані поверхні. Описано один із можливих способів які можна використовувати при масштабуванні виготовленні текстурованих поверхонь. Додатково вказано позитивні та негативні сторони даного процесу.

Ключові слова: Текстуровані поверхні, водовідштовхувальні поверхні, темплатний метод, кут змочування, мікротекстура.

Abstract: The research focuses on synthetically created textured surfaces made of metal and rubber. The investigation centers on the water-repellent properties of samples manufactured using the templating method. Property analysis was conducted by determining the contact angle of wetting on textured surfaces, examined through optical microscopy. Ethylene-propylene rubber was chosen as the primary material, while a metal template was used. Using this method, the surface was characterized when samples were produced via templating. The surfaces formed are described, and the change in contact angle on textured surfaces is quantitatively assessed. One potential method for scaling up the production of textured surfaces is described, along with the positive and negative aspects of this process.

Keywords: Textured surfaces, water-repellent surfaces, templating method, contact angle, microtexture.

Текстурування поверхонь надає їм особливих властивостей. Насамперед такий метод використовують для покращення властивостей пов'язаних із контактом рідиною [1]. В основі підвищеного водовідштовхування лежить ефект притаманний поверхні листів деяких рослин, а зокрема пелюсткам квітів

[2]. Така природня структура покращує водо- та олеофобні властивості поверхонь, або навпаки гідрофільні властивості. Останнє відбувається у випадку коли використовуються матеріали здатні до полярних вандерваальсівських та водневих взаємодій. Очевидно, що найбільш виражені ефекти можна отримати, використовуючи матеріали, в яких поверхнева енергія полярна, а водневі компоненти значні. До матеріалів із водовідштовхувальними властивостям належать насамперед полімери, тобто поліолефіни, фтор-еластомери та органосилоксанові каучуки[3].

Покращені властивості водовідштовхування та розчинів на її основі є корисною властивістю, оскільки вона може значно зменшити ступінь взаємодії між рідиною та матеріалом. Вплив цього ефекту на такі процеси, як транспортування рідини в трубах[5], антиобледеніння завдяки зменшенню налипання льоду[6], більш контрольовані процеси конденсації та кипіння, певною мірою антикорозійні властивості[7] та менше утримання бруду[8].

Однією з основних проблем, які стримують практичне використання таких поверхонь є низька масштабованість їх виробництва[2], що пояснюється інструментальною складністю одержання. Темплатний метод, що використовує шаблон для передачі оберненої текстури полімерам є одним з кандидатів для вирішення згаданої проблеми масштабування. Виготовлення готових виробів із гуми за часту використовує вище описаний метод. В якості шаблону використовують металевий відбиток виробу. Процес вулканізації гумової суміші включає в себе декілька стадій, які відбуваються при дії двох факторів на неї, а саме температури та тиску. Перша стадія відбувається на початку дії на гумову суміш температури та додаткового тиску і характеризується проміжком часу, який для кожної вулканізуючої групи різни та залежить від температури, вулканізуючої групи та типу каучуку, за який зменшується в'язкість що збільшує пластичність сировини та надає можливість гумовій суміші заповнювати форму виробу. Друга - сам процес вулканізації який полягає в зшивання макромолекул каучуків за допомогою сірки із подальшим отвердженням виробу. Сам темплатний метод може бути оформлений як

створення текстури за рахунок притискання металевого шаблону до розігрітого до температури, необхідної для переходу у в'язко-текучий стан полімеру у формі плівки з наступним охолодженням і фіксацією текстури охолодженням[9]. Інший варіант цього методу включає нанесення розчину полімеру на поверхню шаблону з наступним видаленням розчинника і стабілізацію плівки.[10].

Метою цього дослідження було порівняти однорідність і водовідштовхувальні властивості текстур, отриманих різними методами з використанням металевих майстер-форм;

Матеріали і методи.

Шаблони для темплатного методу були створені шляхом лазерної обробки поверхні алюмінію 7500. Шаблони були створені з використанням з середньою потужністю 6 Вт, довжиною хвилі 1030 нм, частотою повторення 60 кГц і тривалістю імпульсу близько 360 фс. Структури формувалися зі швидкістю 60 мм/с..[11]

Відбиток на етилен-пропіленовому каучуку виготовлявся в декілька етапів[12]. Першим кроком є виготовлено шаблон для відливки. Він виготовляється методом лиття під тиском силіконових гум. В якості основи було взято матеріал FSH-360 в основі якого знаходиться фторсиліконовий каучук із твердістю 60 по Шору А. В якості каталізатору було використано дихлорбензойний компаунд. Сам процес виготовлення шаблону полягав у наданні форми необхідних параметрів. Виготовлення шаблону полягає в процесі при якому твердий силікон розігріваються та під дією тиску заливається до ємності в якій знаходиться металевий шаблон. Отвердження та виготовлення відбувалося при температурі 170° С протягом 15 хвилин. Основним матеріалом для виготовлення текстурованих поверхонь було обрано етилен-пропіленовий каучук марки KEP 570 виробництва Kumho Polichem вміст мономера етилена в якому складає 70% від загальної маси. Також в склад гумової суміші входять компоненти, головне задання яких активувати процес вулканізації. Deovulc BG 187 комплексний прискорювач який виготовляє компанія D.O.G. Chemie. Решта

матеріалів виробництва Granchem. Суміш створювалася за рецептурою, яка наведена в Таблиці 1.

Таблиця 1. Рецептура етилен-пропіленової гуми

№	Назва компоненту	Масова частка.
1	Етилен-пропіленовий каучук KEP 570	100.00
2	Стеаринова кислота	1.00
3	Сірка	1.5
4	Бутил цимат	1.20
5	Deovulc BG 187	6.00
6	Оксид цинку	5.00

Після виготовлення сирої гумової суміші її розчиняли в ксилолі при температурі 90° С із постійним перемішуванням розчину для пришвидшення процесу розчинення. Наносили розчин на поверхню шаблону за допомогою скляної палички, до повного заповнення зразку. Видалення розчинника відбувалося при кімнатній температурі протягом 8 годин. Сам процес необхідно повторити декілька разів для формування зразків товщиною 0,5-0,7мм. Подальша вулканізація проводилася в сушильній шафі при температурі 160° С в протягом 10 хвилин.

Структуру зразків вивчали методом оптичної мікроскопії за допомогою мікроскопа Konus Academy, оснащеного камерою Delta Optical HD5 в трансмісійному режимі. Для отримання зображень профілів текстурованих елементів виготовляли зрізи матеріалу, фіксували їх в еластичному тримачі та видаляли артефакти зображення, використовуючи режим білого фільтра програмного забезпечення ScoreTek Photo для отримання профілограми.

Кут змочування матеріалу водою вимірювали методом сидячої краплі на мікроскопі ДІП-10 М, оснащеному гоніометричною приставкою, з точністю $\pm 3^\circ$.

Результати дослідження.

У результаті дослідження були отримані зразки, структура яких наведена на фотографіях оптичної мікроскопії (рис. 1.)

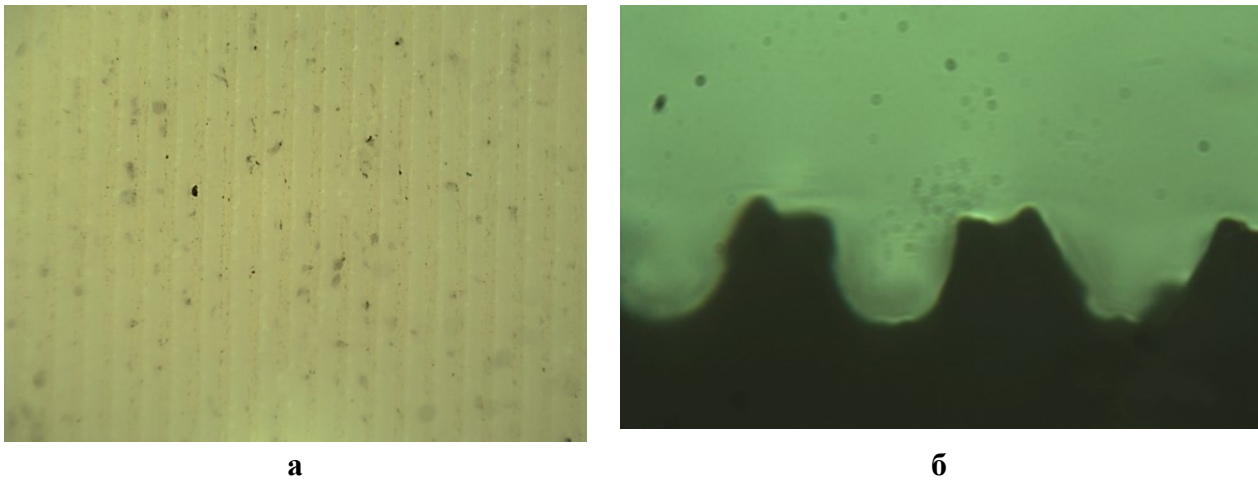


Рис. 1. Оптична мікроскопія текстур на поверхні етилен-пропіленового каучуку зі збільшенням $\times 120$ (а) та профілограма текстури етилен-пропіленового каучуку ($\times 600$) (б)

На знімках можемо бачити періодичність та регулярність структури. Період текстури складає 60 мкм, ширина виступів і западин - по 15 мкм, висота виступів складає 20 мкм.

Додатково було визначені водовідштовхувальні властивості поверхонь за допомогою значень кута змочування водою Таблиця 2. Показано що при текстуровані поверхонь величина кута змочування збільшується, що може бути пояснено досягненням стану Венцеля або Касі [13].

Таблиця 2. Порівняння шорсткості поверхонь

Матеріал	Кут змочування плоскої поверхні, град.	Кут змочування текстури, град.	Шорсткість за Венцелем	Шорсткість геометрична
етилен-пропіленовий каучук	88	126	1,43	1,47

Розраховане значення шорсткості, яке визначається за співвідношенням кута змочування поверхні із та без текстуровання, співпадає з геометричними для обраної сировини.

Даний метод можна використовувати при масштабуванні текстурованих поверхонь, що обумовлено покращеними значенням кута змочування. Проте необхідно створити умови при яких поверхня етилен-пропіленового каучуку не буде деформовано зовнішніми чинниками, що впливають на готовий вибір. Це можна досягти використовуючи один із методів темплатного формування, який полягає в створенні поверхні за допомогою нагрітої майстер-форми із металу.

ВИСНОВКИ

Практично реалізовано техніку темплатного одержання відбитків текстурованих матеріалів поверхні металевого шаблону. Отримано зразок який має схожу структуру із металевим шаблоном проте з деякими дефектами. Вони викликані недостатнім видаленням розчинника із каучуку, що призвело до спотворення поверхні. Дану проблему можна вирішити збільшивши час видалення розчинника при висушуванні.

Список літератури:

1. Agarwal, H., Nyffeler, K. E., Blackwell, H. E., & Lynn, D. M. (2021). Fabrication of slippery Liquid-Infused coatings in flexible Narrow-Bore tubing. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13(46), 55621–55632.
2. Bazyar, H., Xu, L., De Vries, H. J., Porada, S., & Lammertink, R. G. (2021). Application of liquid-infused membranes to mitigate biofouling. *Environmental Science*, 7(1), 68–77.
3. Bhagat, S. D., & Gupta, M. C. (2015). Superhydrophobic microtextured polycarbonate surfaces. *Surface & Coatings Technology*, 270, 117–122.
4. Bohn, H. F., & Federle, W. (2004). Insect aquaplaning: Nepenthes pitcher plants capture prey with the peristome, a fully wettable water-lubricated

anisotropic surface. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(39), 14138–14143. <https://doi.org/10.1073/pnas.0405885101>

5. Myronyuk, O., Baklan, D., Rodin, A. M., Vanagas, E., & Zuo, Y. (2023). Owens–Wendt characterization of Femtosecond-Laser-Textured hydrophobic aluminum surfaces. *Coatings*, 13(6), 1104.

6. Pornea, A. M., Puguan, J. M. C., Deonikar, V. G., & Kim, H. (2020). Fabrication of multifunctional wax infused porous PVDF film with switchable temperature response surface and anti corrosion property. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry/Journal of Industrial and Engineering Chemistry - Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry*, 82, 211–219.

7. Sojoudi, H., Wang, M., Boscher, N. D., McKinley, G. H., & Gleason, K. K. (2016). Durable and scalable icephobic surfaces: similarities and distinctions from superhydrophobic surfaces. *Soft Matter*, 12(7), 1938–1963.

8. Wenzel, R. N. (1936). RESISTANCE OF SOLID SURFACES TO WETTING BY WATER. *Industrial and Engineering Chemistry*, 28(8), 988–994.

9. Wong, T. S., Kang, S. H., Tang, S., Smythe, E. J., Hatton, B. D., Grinthal, A., & Aizenberg, J. (2011). Bioinspired self-repairing slippery surfaces with pressure-stable omniphobicity. *Nature (London)*, 477(7365), 443–447.

10. Yeong, Y. H., Wang, C., Wynne, K. J., & Gupta, M. C. (2016). Oil-Infused Superhydrophobic Silicone Material for Low Ice Adhesion with Long-Term Infusion Stability. *ACS Applied Materials & Interfaces (Print)*, 8(46), 32050–32059.

11. Yu, M., Liu, M., Hou, Y., Fu, S., Zhang, L., Li, M., & Wang, D. (2019). Facile fabrication of biomimetic slippery lubricant-infused transparent and multifunctional omniphobic surfaces. *Journal of Materials Science*, 55(10), 4225–4237.

12. Zhu, G. H., Cho, S., Huan, Z., Zhao, M., & Zacharia, N. S. (2018). Slippery Liquid-Infused porous surfaces (SLIPS) using Layer-by-Layer polyelectrolyte assembly in organic solvent. *Langmuir*, 34(16), 4722–4731.

13. Prudatko A.V., Myronyuk O.V. Sviderskiy V.A. (2015). Analysis of approaches to mathematical description of the characteristics of materials with high hydrophobicity. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(5(77)), 30