

УДК: 535.21

DOI: 10.20535/iwccmm2024301555

ВОДОВІДШТОВХУВАННЯ ТЕМПЛАТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОГО ТИСКУ

Артем Наумчик,
Студент 2-го курсу ХТФ
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
naumchuk.artem@iit.kpi.ua

Олексій Миронюк,
к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського
o.myronyuk@kpi.ua

Анотація: В роботі досліджено формування водовідштовхувальних властивостей текстури на поверхні поліетилену, яка одержується методом гарячого пресування. Показано, що використовуючи в якості шаблону металевий алюміній марки 7500 розігрітий до температури 105-110 °С, при пресуванні поліетиленової плівки, на її поверхні одержуються регулярні рівномірні текстури відповідно до геометрії шаблону. Сформовані елементи поверхневої структури мали форму трапеції з висотою 22 мкм, верхньою основою 11 мкм та періодом 55 мкм. Наявність такої структури на поверхні дозволила досягти підвищення відштовхування рідин поверхнею у порівнянні з вихідною пласкою поверхнею поліетилену. Зокрема, зафіксовано підвищення кутів змочування вище ніж на 40° тестовими рідинами в діапазоні значень поверхневого натягу від 39,1 до 72.5 мН/м.

Ключові слова поліетилен низької густини, темплат, текстура, гаряче штампування, змочування

Abstract The paper investigates the formation of water-repellent texture properties on the surface of polyethylene obtained by hot pressing. It is shown that using 7500 grade aluminium metal heated to a temperature of 105-110 °C as a template, regular uniform textures are obtained on the surface of the polyethylene film during pressing in accordance with the geometry of the template. The formed elements of the surface structure had the shape of a trapezoid with a height of 22 μm, an upper base of 11 μm and a period of 55 μm. The presence of such a structure on the surface made it possible to increase the repulsion of liquids by the surface compared to the original flat polyethylene surface. In particular, an increase in wetting angles of more than 40° was recorded by test liquids in the range of surface tension values from 39.1 to 72.5 mN/m.

Key words low density polyethylene, template, texture, hot pressing, wetting

Вступ

Водовідштовхування матеріалів може бути суттєво підвищене за рахунок реалізації станів змочування Венцеля або Касі-Бакстера, що є можливим за рахунок наявності текстури [1]. Існує цілий ряд методів, що можуть бути

використані для текстурування поверхонь полімерів – від проведення полімеризації на попередньо текстурованих підкладках (шаблонах), до лазерної абляції [2]. При виборі конкретного методу слід враховувати кінцеве призначення і необхідний масштаб текстури, оскільки, як зазначається в роботі [3], масштабування можливе не для всіх методів.

З точки зору відносної неполярності поліолефіни є одним з найкращих кандидатів на роль матеріалу поверхні для формування водовідштовхувальних систем. Другим цінним фактором є те що вони здебільшого є термопластичними, тобто можуть переходити у в'язкотекучій стан зі склоподібного і навпаки. Кількість таких переходів лімітується процесами термоокислювальної деструкції, які можуть виникати при високих температурах. Але враховуючи порівняно низькі температури плавлення, наприклад, поліетилену високого тиску, вірогідність протікання помітного окислення вкрай невисока.

Метою проведеної роботи було встановлення можливості формування текстур з підвищеним водовідштовхуванням на поверхні поліетилену високого тиску методом гарячого пресування.

Об'єктом дослідження було формування водовідштовхувальних властивостей текстури на поверхні поліетилену.

Матеріали і методи дослідження

Для одержання текстур використовувалася плівка товщиною 80 μm з поліетилену високого тиску (низької густини) марки LDPE 352E (Dow). Температура розм'якшення матеріалу складала 96 $^{\circ}\text{C}$ за методом Віка (ISO 306/A). Формування текстур відбувалося на підігрітому до 105-110 $^{\circ}\text{C}$ шаблоні з алюмінію марки 7500. Для цього на попередньо розігрітій шаблон накладалася плівка та прокочувалася силіконовим валом з прямою поверхнею, після чого шаблон знімався з нагрівача та охолоджувався до кімнатної температури, плівка знімалася з поверхні шаблону витягуванням.

Значення кутів змочування встановлювалося в ході аналізу на мікроскопі ДИП-10М з кутовимірною приставкою. Окрім води, використовувалися тестові

рідини з різним поверхневим натягом: №1 – 54,55 мН/м; №2 – 47,22 мН/м; №3 – 43,57; №4 – 39,13 мН/м.

Зображення поверхні були одержані з використанням мікроскопу Konus Academy та USB-камери. Аналіз зображень, розрахунок характеристичних розмірів текстур виконувалося в середовищі Scope Photo.

Результати і обговорення.

Відбиток оригінальної текстури на поверхні поліетилену високого тиску зберігає упорядкованість вихідного штамп, зокрема регулярність розташування виступів та западин структури (Рис. 1).

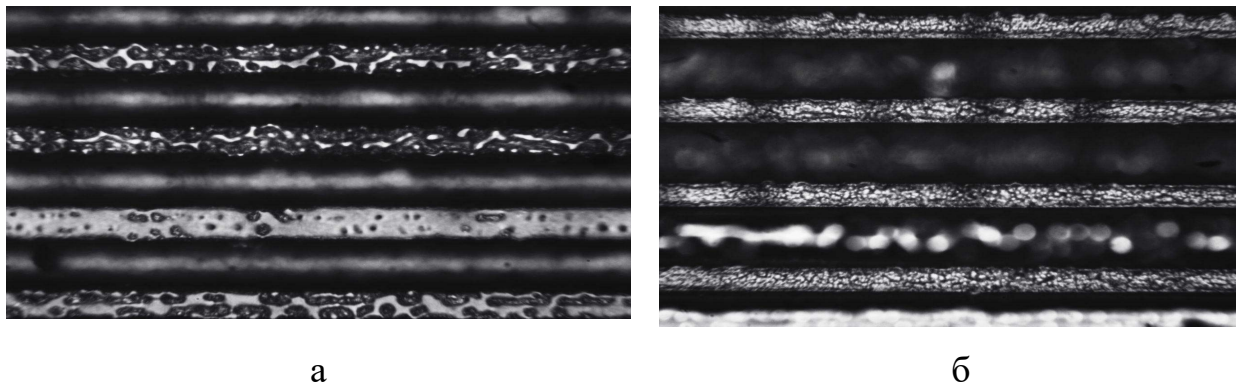
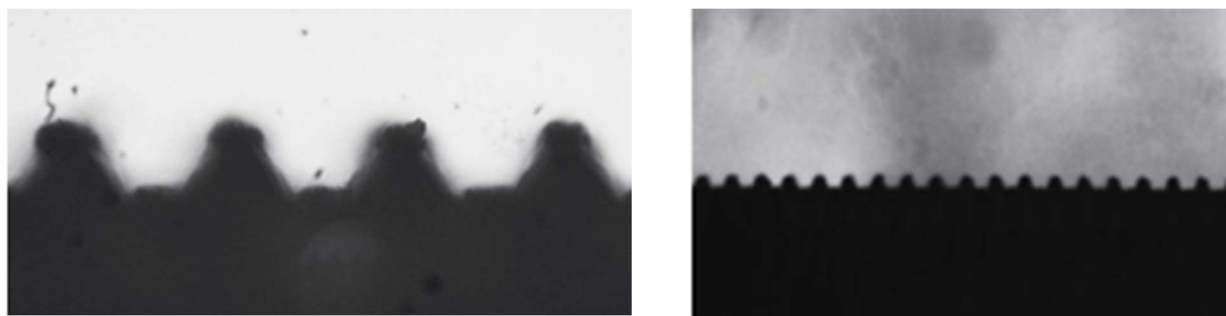


Рис. 1 Фрагмент відбитку текстури: зображення сфокусоване у площині а – западин; б – виступів. Збільшення x480.

Можна помітити, що як у випадку виступів, так і у випадку западин на поверхні елементів розташовано додатковий комплекс нерівностей, що може бути пояснене як геометричними особливостями вихідного шаблону, так і процесами формування надмолекулярних утворень в поліетилені під час охолодження.

Для визначення глибини елементів текстури, були одержані зображення перерізу зразку (Рис.2).



а

б

Рис. 2 Профіль відбитку текстури: а – Збільшення x480.; б – Збільшення x120.

Форма виступів - рівнобічні трапеції, середня довжина нижньої основи яких складає 38 мкм, верхня основа - 11 мкм, довжина бічних сторін - 26 мкм, висота – 22 мкм, період текстури – 55 мкм.

Відхилення форми трапецій від ідеальної може бути пояснено як нерегулярністю на мікророзмірному рівні морфології самого металевого шаблону, так і перебігом процесів кристалізації поліетилену.

Одержані відбитки характеризуються підвищеними у порівнянні з вихідною пласкою поліетиленовою плівкою кутами змочування водою та тестовими рідинами (Таблиця 1).

Таблиця 1 – Кут змочування зразка ПЕВТ водою та тестовими рідинами.

Тестова рідина	Кут змочування текстури	Кут змочування пласкої поверхні
Вода	134°	91°
№1	128°	65°
№2	125°	61°
№3	127°	53°
№4	125°	51°

Наявність текстури, таким чином, дозволяє досягти суттєвого (на більш ніж 40 °) підвищення значень кутів змочування поверхні поліетилену високого

тиску. Таке підвищення зумовлене виникненням станів змочування Венцеля, Касі-Бакстера або їх суміші.

Даний метод виробництва текстурованих матеріалів є перспективним оскільки не потребує тривалого часу проходження хімічних реакцій при формуванні і може використовувати вже готові поліетиленові плівки щоб наносити на них текстуру.

ВИСНОВКИ

В результаті роботи була підтверджена можливість формування водовідштовхуючих текстур на поверхні поліетилену високого тиску методом гарячого пресування в температурному діапазоні 105-110° С. Показано, що сформовані текстири суттєво підвищують здатність поверхонь до відштовхування рідин, а саме кути змочування підвищуються вище ніж на 40 ° в діапазоні поверхневого натягу 39,2-72,5 мН/м.

Список літератури:

1. Придатко, А. В., Миронюк, А. В., Свидерский, В. А. (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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.50647>
2. Ravi-Kumar, S., Lies, B., Lyu, H., & Qin, H. (2019). Laser Ablation of Polymers: a Review. *Procedia Manufacturing*, 34, 316–327. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.155>
3. Erbil, H. Y. (2020). Practical Applications of superhydrophobic Materials and Coatings: Problems and Perspectives. *Langmuir*, 36(10), 2493–2509. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b03908>