

(див. табл. 2). Це вимагає збільшення діаметра частинок до сприятливого розміру, придатного для практичного застосування. Крім того, додавання окисно-відновного прекурсора SFS-TBHP створює високоактивні радикали, які сприяють утворенню частинок, які мають прийнятний діаметр для друку – 8–12 мкм (див. табл. 2). Хоча емульсійні або міні-емульсійні методи полімеризації були б більш цікавими з точки зору потреби в енергії, розмір частинок слід додатково контролювати для якісного друку.

Продуктивність тонерних друкарських і копіювальних машин буде залежати від морфології тонера. Сферичні частинки тонера підвищують якість зображень, водночас знижуючи ефективність очищення через зниження тертя між очисним лезом і барабаном фотокондуктора. Вони також зменшують Ван-дер-Ваальсову адгезію між тонером і основою.

На рис. 1 показано SEM мікрофотографії полімеризованих тонерів, отриманих за допомогою різних способів полімеризації. Сферичні частинки одержуються при суспензійній полімеризації (рис. 1, *a*), що можна пояснити механізмом зародження крапель.

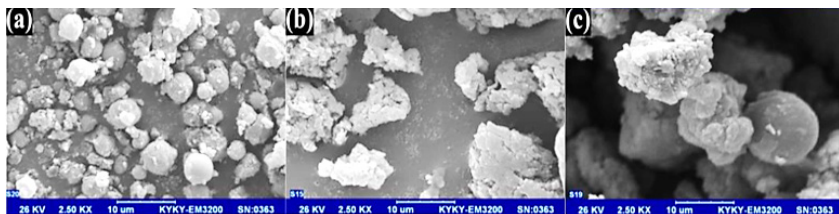


Рисунок 1 – Мікрофотографії SEM частинок тонера, отриманих методами полімеризації в суспензії (*a*), емульсії (*b*) і міні-емульсії (*c*)

Використання окисно-відновного ініціатора дещо порушило форму тонера в емульсійній та міні-емульсійній полімеризації (див. рис. 1, *b* і *c*) [3].

ВИСНОВКИ

Встановлено залежність морфологічних характеристик виготовлених тонерів від способу полімеризації. Так тонери,

одержані суспензійною полімеризацією виявили майже сферичну форму (коефіцієнт форми=1,03) з найменшим розміром частинок (4,95 мкм) порівняно з емульсійними та міні-емульсійними продуктами полімеризації із середнім розміром частинок 12,03 і 16,07 мкм відповідно. Однак розподіл частинок за розміром для продуктів емульсійної та мініемульсійної полімеризації становив 1,84 і 0,77 відповідно, що було значно нижчим, ніж значення 2,05 для тонерів, отриманих методом суспензійної.

Список літератури

1. Andami, F. Ataefard, M., Najafi, F. and Saeb, M. R. (2015). "Fabrication of black printing toner through in situ polymerisation: An effective way to increase conversion", Prog. Colour Colourants Coat. Vol. 8, no. 2. P. 115–21.
2. Arshady, R. (1992). "Suspension, emulsion, and dispersion polymerisation: A methodological survey", Colloid & Polymer Science. Vol. 27, no. 8. P. 717–32.
3. Ataefard, M. (2013). "Production of carbon black acrylic composite as an electrophotographic toner using emulsion aggregation method: Investigation the effect of agitation rate", Composites: Part B. Vol. 64, no. 2. P. 78–83.

УДК 678.742.046:691.175.5.8

ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАДВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

Тетяна Кравець,
Любов Мельник, к. т. н., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. В даній роботі було досліджено вплив поліетиленгліколю (PEG) та поліетилену високої щільності (HDPE) на механічні властивості поліетилену надвисокої молекулярної маси (UHMWPE).

Додавання HDPE покращує механічні властивості (міцність на розрив, міцність на вигин, ударна в'язкість, модуль пружності при вигині) у співвідношенні UHMWPE/HDPE – 60/40. Хоча при додаванні PEG покращується технологічність UHMWPE, але погіршуються механічні властивості суміші.

Ключові слова: поліетилен високої щільності (HDPE), поліетилен надвисокої молекулярної маси (UHMWPE), ударна в'язкість, міцність на вигин, модуль пружності, механічні властивості.

Abstract. This study investigated the effect of polyethylene glycol (PEG) and high-density polyethylene (HDPE) on the mechanical properties of ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE). The addition of HDPE improves the mechanical properties (tensile strength, flexural strength, impact strength, flexural modulus) in the UHMWPE/HDPE ratio of 60/40. Although the addition of PEG improves the processability of UHMWPE, the mechanical properties of the compound deteriorate.

Key words: high-density polyethylene (HDPE), ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE), impact strength, flexural strength, elastic modulus, mechanical properties.

Поліетилен над високомолекулярної маси (UHMWPE) – є підгрупою термопластичного поліетилену. Він має надзвичайно довгі ланцюги, які дозволяють більш ефективно переносити навантаження на полімерний скелет шляхом посилення міжмолекулярної взаємодії. Це призводить до дуже міцного матеріалу з найвищою ударною міцністю серед будь-яких термопластів.

Поліетилен високої щільності (HDPE) це полімер високої густини, отриманий реакцією полімеризації етилену при низькому тиску. В стандартних умовах це твердий, жорсткий, відносно прозора речовина.

Поліетиленгліколь (PEG) – загальна назва поліконденсованих полімерів етиленгліколю або полімеризованих полімерів окису етилену і води, це нейтральний, водорозчинний полімер. Залежно від середньої молекулярної маси полімеру – в'язка рідина, желеподібна або тверда речовина.

В роботі [1] для збільшення ударної міцності полімеру використовують суміш поліетилену високої щільності (HDPE) із поліетиленом надвисокої молекулярної маси (UHMWPE)

та поліетиленгліколем (PEG), що в подальшому демонструють збільшення міцності та ударної в'язкості, порівняно з чистим полімером.

Гранули HDPE подрібнюють в порошок перед змішуванням з UHMWPE і PEG для отримання однорідного складу з подальшим гранулюванням розплаву з використанням одношнекового екструдера зі швидкістю обертання шнека 80 об/хв. Вміст компонентів суміші у відповідності до табл. 1.

Таблиця 1 – Склад сумішей UHMWPE/HDPE/PEG

Позначення зразків	UHMWPE (мас. %)	HDPE (мас. %)	PEG (phr)
U10H90G	10	90	2
U20H80G	20	80	2
U30H70G	30	70	2
U40H60G	40	60	2
U50H50G	50	50	2
U60H40G	60	40	2

Температура по зонам матеріального циліндру екструдера відповідно 195, 220, 220 і 240 °C. Застосовано холодний спосіб грануляції.

Зразки для досліджень розміром 12,7×3,0×150,0 мм (ширина × товщина × довжина) вирізали з відпресованого листа. Технологічні параметри формування листа: температура пресування 210 °C, час пресування 25 хв (15 хв нагріву та 10 хв охолодження під тиском), тиск 14 МПа.

Дослідження проводили у відповідності до стандартних методів випробування ASTM D256-10 (Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics). Випробування на удар за Ізодом проводили на IMPats 15 (ATS FAAR Італія). Зразки для випробувань відповідали типу II ASTM D 256. Насічку на глибину 2,6±0,02 мм виконували за допомогою нарізного інструменту.

Механічні властивості сумішей UHMWPE/HDPE/PEG показані на рис. 1. Міцність на розрив, міцність на вигин і модуль пружності при згині сумішей UHMWPE/HDPE/PEG спочатку зростає, але потім поступово зменшується зі збільшенням частки

HDPE, і максимальне значення досягається, коли співвідношення UHMWPE/HDPE буде становити 60/40. Міцність на розтяг, міцність на вигин і модуль пружності при вигині збільшуються на 13,8 %, 25,7 % та 32,5 % [2]. Це пов'язано з тим, що UHMWPE має високов'язкопружину безперервну фазу, коли дисперсна фаза HDPE є низькою, і в результаті цього молекулярні ланцюги HDPE проникають у молекулярні ланцюги UHMWPE. Цей зв'язок призводить до ефективного протистояння деформації, то ж міцнісні характеристики покращуються із додаванням HDPE.

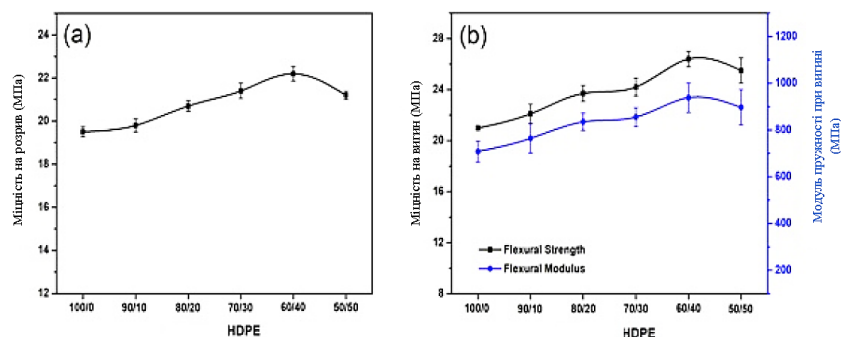


Рисунок 1 – Вплив частки HDPE на механічні властивості сумішей UHMWPE/HDPE/PEG: *a* – властивості на розтяг; *b* – властивості при згині

Ударна в'язкість сумішей UHMWPE/HDPE та UHMWPE/HDPE/PEG продемонстровано на рис. 2 [1]. Як видно, ударна в'язкість UHMWPE/HDPE має вищі та кращі показники це пов'язано з тим, що переплетення ланцюгів дозволяє поглинати більше енергії через переорієнтацію ланцюгів та їх ковзання.

Правильний склад суміші UHMWPE/HDPE (табл. 1) має вагоме значення. Ударна міцність сумішей UHMWPE/HDPE зберігається до 60 мас. % HDPE, та при збільшенні вмісту HDPE спостерігається раптове падіння. Більш ефективно поглинання енергії удару було виявлено для композиції при вмісті UHMWPE 40, 50 і 60 мас. %. У цих композиціях не спостерігалось

розривів дослідних зразків. Це можна пояснити повним сплавленням та хорошою адгезією між поверхнею розділу UHMWPE з HDPE [1]. Але якщо взяти вміст HDPE 70 мас. % і вище, то це призведе до погіршення адгезійної взаємодії між частинками UHMWPE та матрицею HDPE, як наслідок відбудеться деформації пластику. Тому для збереження механічних властивостей вміст HDPE в складі суміші не повинен перевищувати 60 мас. %.

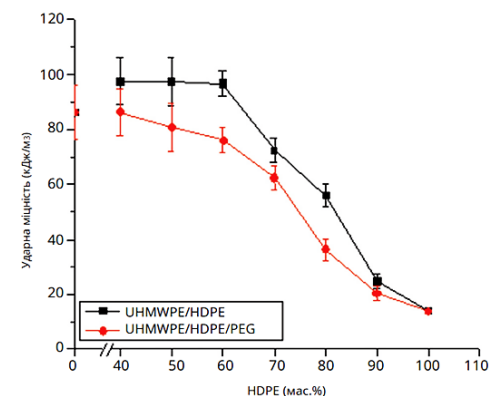


Рисунок 2 – Ударна в'язкість UHMWPE/HDPE та UHMWPE/HDPE/PEG

ВИСНОВКИ

У даній роботі досліджено механічні властивості суміші поліетилену надвисокої молекулярної маси (UHMWPE) із поліетиленом високої щільності (HDPE). Зазначимо, при додаванні PEG у суміш, значно погіршуються механічні властивості UHMWPE, хоча поліетиленгліколь може покращувати технологічність полімеру. Тому додавання HDPE покращує такі показники: міцність на розрив, міцність на вигин, ударна в'язкість, модуль пружності при згині. Оптимальним співвідношенням UHMWPE/HDPE є 60/40.

Список літератури

1. Mazatusziha, Ahmad, Mat, Uzir Wahit, Khairul, Zaman, Mohammad Jawaid. "Thermal and mechanical properties of ultrahigh molecular

weight polyethylene/ high-density polyethylene/ polyethylene glycol blends. Article in Journal of Polymer Engineering. October 2013. URL: https://www.researchgate.net/publication/258223781_Thermal_and_mechanical_properties_of_ultrahigh_molecular_weight_polyethyleneglycol_blends

2. Rheological and mechanical properties of ultrahigh molecular weight polyethylene/ high density polyethylene/polyethylene glycol blends. Article in Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. January 2019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S254250481830006X?via%3Dihub>

UDC 666.9.022.2,691.54

THIN FILM POLYMER COMPOSITES INCORPORATING RED MUD PARTICLES AS AGENTS FOR FORMING TEXTURED SURFACES WITH WATER REPELLENT PROPERTIES

Oleksiy Myronyuk, PhD, As. Prof.,

Denys Baklan, PhD student,

Li Che, PhD student

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Abstract. This study explores a potential approach to derive the foundation for water-resistant coatings from red mud. The process involves annealing to remove the water-soluble components of the waste. The research demonstrates that the utilization of stearic acid as a water-repellent agent yields the highest contact angle of 143°. The findings indicate that red mud could be a viable source for producing hierarchical systems capable of achieving hydrophobicity, in addition to the conventional particulate fillers.

Key words: red mud, hydrophobicity, contact angle, water-repellent coatings, organo-mineral composite.

Nature has a number of water-repellent surfaces that use the stable Cassie state due to their unique structure and chemical composition [1].

The study of lotus leaf surfaces has led to the development of the field of research on hydrophobic surfaces, which has resulted in the creation of theoretical criteria for the most effective water-repellent structures based on geometry [2]. However, the technology of water-repellent coatings is still in the developmental stage and is limited by issues such as scaling difficulties, high costs, and low stability under atmospheric conditions [3]. One potential solution to this problem is the use of waste particles, such as red mud, as components of dispersed particles. However, red mud has high chemical activity and water-soluble components, which can be overcome through inactivation with acid gases, the hydrothermal method, or high-temperature annealing. The aim of the study is to confirm the possibility of producing thin-layer water-repellent coatings based on these particles, which could open up a new way to valorize this approach and contribute to the stability of the Cassie state when using hierarchical structures based on agglomerates of dispersed particles [4].

The study confirms the effectiveness of all water repellents used in achieving contact angle values above 90° for initially hydrophilic sludge particles. When modified with stearic acid, the sludge achieves the highest contact angle values of up to 136°, attributed to the larger amount of this water repellent compared to silane ones. However, Dynasylan OCTEO is also effective in hydrophobization, and a clear difference in efficiency is observed between annealed and unannealed sludge. To form textured surfaces, different compositions were tested by varying the content of the film-forming agent binding the particles on the surface. It is worth noting that the intrinsic contact angle of the styrene-acrylic polymer used is 85°, which is quite close to the hydrophobic state.

The squeegee method used to produce coatings based on red mud and polymer results in a surface with heterogeneous wetting properties. Three types of compositions with the polymer can be identified based on their wetting properties. Type A contains the minimum amount of polymer and high porosity, resulting in the development of the surface structure. Type B has more polymer and fills voids between particles, but the surface remains rough and matte. Type C contains enough polymer to cover the red mud particles completely.