

УДК 678:
620.168.3

БІЛОУСОВА А. О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ВПЛИВ СВІТЛОСТАБІЛІЗАТОРІВ ТА НАНОРОЗМІРНИХ ЧАСТИНОК ДІОКСИДУ КРЕМНІЮ НА ШВИДКІСТЬ ДЕСТРУКЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ ПІД ДІЄЮ УФ-ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета. Дослідження впливу введення до складу тонкошарових покриттів нанорозмірних добавок та ультрафіолетових стабілізаторів на процеси їх деструкції під дією ультрафіолетового випромінювання.

Методика. В даній роботі в якості полімерного зв'язуючого використовувався стирол-акриловий співполімер. Як поглинач ультрафіолетового випромінювання було використано світлостабілізатор основного утрудненого аміну (HALS). Кремнезем використовувався як наповнювач та агент для блокування УФ-випромінювання. Покриття було нанесено на поліровані алюмінієві підкладки сплаву 6063 та на KBr скло методом пневматичного розпилення. Дослідження хімічних перетворень у складі покриття було здійснено за допомогою ІЧ спектроскопії. Для характеристики ступеня деградації полімеру було використано карбонільний індекс. Характеристика хімічних перетворень на поверхні була здійснена за допомогою вимірювання кута змочування.

Результати. В роботі показано, що нанорозмірні частинки при вмісті 30 мас. % прискорюють окислення основного полімеру. При цьому вміст наночастинок 30–50 мас. % сповільнює втрату маси і товщини покриття на підкладці в 2,5–3 рази. Показано, що плівки на основі чистого стиролбутилметакрилата з вихідним кутом змочування водою 88° за годину експозиції значно підвищують гідрофільність: кут змочування знижується до 40°.

Наукова новизна. У результаті роботи встановлено ступінь впливу наночастинок кремнезему на фізико-хімічні властивості покриття в системі плівкоутворювач – неорганічний наповнювач з додаванням УФ стабілізатора.

Практична значимість. Виявлені закономірності показали, що нанорозмірні частинки кремнезему впливають на хід фотодеструкції тонкошарових покриттів на основі стиролбутилметакрилатного плівкоутворювача. З точки зору забезпечення стабільності водовідштовхування для систем, які призначенні до використання в атмосферних умовах, цей вплив є негативним. Питання підвищення стабільності потребує подальшого дослідження.

Ключові слова: термoplastичні полімери; стирол-акрилатний співполімер; діоксид кремнію; УФ-стійкість; фотодеградація полімерів; гідрофобність.

Вступ. Відомо, що карболанцюгові полімери є достатньо нестійкими по відношенню до дії ультрафіолетового випромінювання [1]. Під його дією з макромолекулярними ланцюгами відбувається ряд хімічних перетворень, які відносяться до окислення з утворенням пероксидів і гідропероксидів, зниження молекулярної маси за рахунок реакцій деполімеризації і крекінгу, тощо [2]. Природа цих перетворень залежить як від хімічного складу і структури самого полімеру, так і від умов проходження процесу, наприклад, в присутності води у вигляді атмосферної вологи або конденсату.

Кінцевими продуктами фотодеструкції є низькомолекулярні газоподібні речовини, за рахунок видалення яких спостерігається абляція поверхневого шару матеріалу, що супроводжується втратою його маси та зміною рель'єфу поверхні [3]. Цей процес за своєю суттю схожий на методику озонового травлення, який застосовується в тому числі і для визначення характеру надмолекулярних утворень, основою якого є різниця в стійкості до дії окисників кристалічної і аморфної фази полімерів. Саме цей фактор зумовлює формування рель'єфу поверхні під час ультрафіолетового опромінення.

Фотодеструкція полімерів зазвичай розглядається як негативний фактор, який призводить до втрати експлуатаційних та споживачьких властивостей продуктів: міцності,

водовідштовхувальності, кольору, зносостійкості, тощо. Але, окрім цього, вона може зумовлювати формування певних поверхневих текстур та забезпечувати визначену швидкість абляції матеріалу [4]. Це може бути використано при проектуванні, наприклад, водовідштовхуючих покриттів зі здатністю до самовідновлення за рахунок деструкції зовнішнього шару. При цьому, в якості формуючих гідрофобні властивості елементів текстури можуть використовуватися наповнювачі, функціоналізовані дисперсні частинки яких будуть поступово вивільнятися з поверхні.

Постановка завдання. Не дивлячись на значну кількість досліджень фотодеструкції структурно неоднорідних полімерів, питання про вплив на кінетику деструкції наповнювачів, в тому числі наночастинок, досліджене недостатньо. Для розробки систем, здатних до самовідновлення за рахунок фотоабляційної втрати зовнішнього шару необхідне більш глибоке розуміння цього впливу, а також наявність засобів регулювання швидкості процесу деструкції. Зокрема, повинен бути визначений вплив вмісту наночастинок на швидкість втрати маси плівкоутворюючого матеріалу, його окиснення в процесі опромінення, кінетику зміни змочуваності водою. Використання ультрафіолетових стабілізаторів на основі просторово блокованих амінів може бути розглянуто як ефективний метод зниження швидкості фотодеструкції термопластичних акрилатних полімерів.

Мета роботи – визначення впливу введення до складу тонкошарових покриттів нанорозмірних добавок та ультрафіолетових стабілізаторів на процеси їх деструкції під дією ультрафіолетового випромінювання.

Матеріали і методи дослідження. В якості полімерного зв'язуючого використовувався Pliolite AC-80, позначений як AC-80. Вибір стирол-акрилового співполімеру був обґрунтований його здатності до плівкоутворення, стійкості до високих температур і корозії [5, 6] TINUVIN 5151 (BASF), позначений як Tinuvin, є 2-(2-гідроксифеніл)-бензотріазолом, який використовувався як поглинач ультрафіолетового випромінювання в світлостабілізаторі основного утрудненого аміну (HALS). Аеросил R972 (Evonik), який є пірогенним діоксидом кремнію, обробленим диметилдихлорсиланом, позначений як R972, використовувався як наповнювач та агент для блокування УФ-випромінювання.

Рецептурний склад композицій наступний:

1. 100 мас. ч. AC-80.
2. 100 мас. ч. AC-80; 30 мас. ч. R972.
3. 100 мас. ч. AC-80; 50 мас. ч. R972.
4. 100 мас. ч. AC-80; 30 мас. ч. R972; 6 мас. ч. Tinuvin.
5. 100 мас. ч. AC-80; 50 мас. ч. R972; 6 мас. ч. Tinuvin.
6. 100 мас. ч. AC-80; 80 мас. ч. R972.

Покриття наносили на поліровані алюмінієві підкладки сплаву 6063 розміром 30 x 30 мм і на КВг скло, діаметром 40 мм та товщиною 3 мм. КВг скло було спресовано з подрібненого порошку за допомогою пресу. В результаті отримано таблетки масою 0,5 г, на які в подальшому і наносилося покриття. Нанесення проводили повітряним розпиленням, за допомогою пульверизатора (пневмопістолет 80-898, MIOI, компресор 81-120, MIOI) на відстані 20 см від зразка трьома шарами, з паузою в 30 с для рівномірного розподілення плівки. В якості носія використовували о-ксилол (Merck). Після нанесення зразки сушили в печі протягом 15–20 хв. Значення товщини покриття було розраховано на основі вимірювання площини підкладки, ваги та щільності нанесеного покриття. Випробовування на стійкість до УФ-випромінювання проводилося згідно стандарту ASTM D 4329. Для тесту використовувалася люмінесцентна лампа 340 УФ-А потужністю 400 Вт. Діапазон довжин хвиль УФ-випромінювання складає від середнього до короткого УФ.

Значення статичного кута змочування з водою було визначено методом сидячої краплі. Для кожного зразку вимірювання проводили мінімум у п'яти точках та розраховано середнє

значення. Вимірювання куту змочування було проведено з використанням оптичного мікроскопу, цифрової камери Delta Optical HCDE-50 та відповідного програмного забезпечення ScoreTek View.

Для отримання ІЧ спектрів використовували фур'є-спектрофотометр Nicolet 4700 IR. ІЧ-спектр отримано в діапазоні $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$ методом пропускання.

Для характеристики ступеня деградації полімеру використовували карбонільний індекс (К.І.). Існують різні методи виділення індикативних смуг, які мають різну точність результатів [7]. К.І. розраховували як відношення поглинання карбонільної смуги при $1780-1750 \text{ см}^{-1}$ та контрольної смуги при поглинанні 700 см^{-1} на основі підходів, описаних у [8–11].

Результати дослідження. При експозиції акрилового плівкоутворювача в ультрафіолетовому світлі спостерігається як загальне зменшення інтенсивності спектру, що може бути пов'язане зі зменшенням кількості речовини, зокрема, товщини плівки полімеру на поверхні дослідного зразку, так і зміна спектрального патерну (рис. 1). Зокрема вже після 2 годин експозиції у основного піку валентних коливань карбоксильної групи в складі бокового замісника з координатами 1712 см^{-1} з'являється плече з координатами 1735 см^{-1} , яке відповідає формуванню $\text{C}=\text{O}$ вмісних продуктів окиснення [12]. Інтенсивність цього плеча зростає від 2 до 6 годин з 40% до 70% по відношенню до $\text{C}=\text{O}$ естерного карбоксилу. При цьому появи смуг поглинання, які відповідали б формуванню додаткових ОН груп на поверхні полімеру не відбувається і в цілому спектральний патерн залишається сталим.

Після 4 годин УФ експозиції спостерігається суттєве зменшення інтенсивності піків на ІЧ спектрі. Зокрема, зниження інтенсивності піків, які відповідають асиметричним та симетричним коливанням зв'язку $\text{C}-\text{H}$ при хвильових числах від 2850 до 3000 см^{-1} . Зниження інтенсивності цього піку відбувається разом зі зниженням інтенсивності піку, який відповідає $\text{C}=\text{O}$, що свідчить про загальну втрату матеріалу з підкладки.

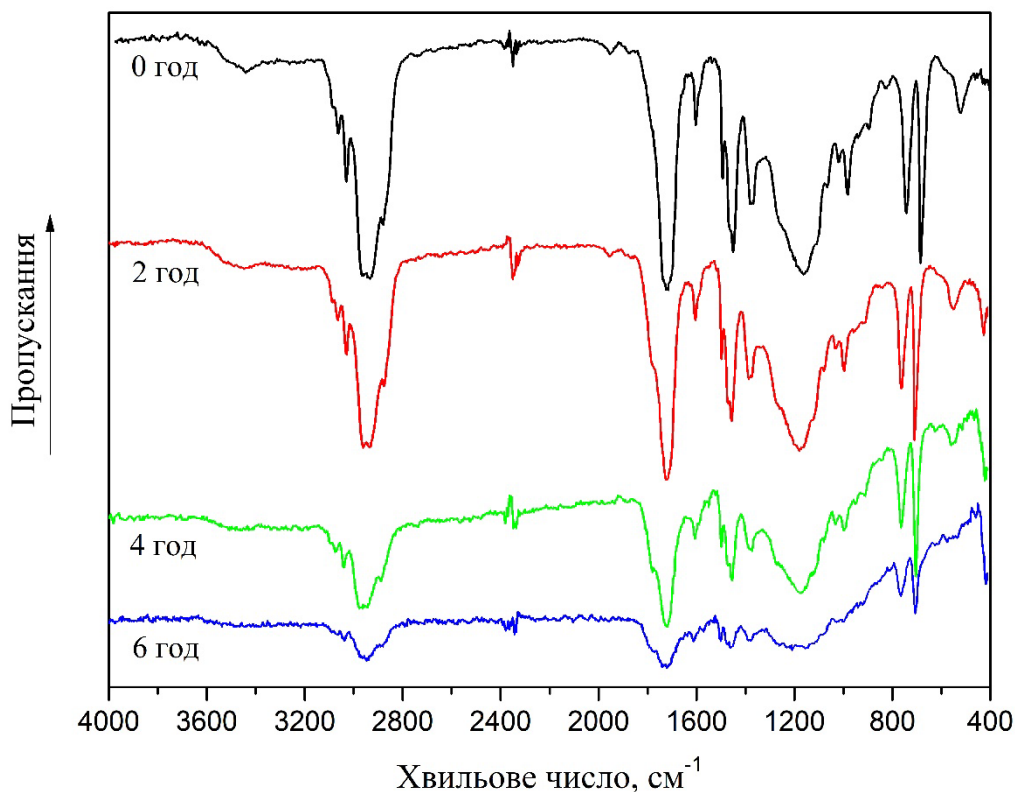


Рис. 1. Зміна хімічного складу полімерної композиції на основі АС-80 в ході УФ опромінення

Оскільки зміна інтенсивності смуги поглинання валентних коливань групи $C=O$, яка формується за рахунок деструкції є достатньо виразною характеристикою процесу, було вирішено використовувати карбонільний індекс, який являє собою співвідношення інтенсивностей смуг поглинання 1735 см^{-1} до 700 см^{-1} . Остання відповідає скелетним коливанням $C-C$ макромолекули і є стабільною під час окиснення.

Значення карбонільного індексу покриттів закономірно зростає під час експозиції УФ-випромінюванню (рис. 2). При цьому наявність 30 мас. % наночастинок обробленого диметилдихлорсилом аеросилу помітно пришвидшує процеси окиснення. В той же час підвищення його вмісту до 50 мас. % призводить до зменшення цього ефекту. Це може бути пояснене дією двох конкуруючих факторів: по перше, з введенням наночастинок підвищується шорсткість поверхні, як було показано в роботах [13, 14], тобто питома площа поверхні експонована ультрафіолету зростає. По-друге, частинки аеросилу лише частково прозорі по відношенню до УФ променів [15, 16] і певним чином екранують шари полімеру. Вірогідно, в діапазоні вмісту наночастинок 30–50 мас. % ці фактори урівноважуються.

Звертає на себе увагу підвищення карбонільного індексу при введенні УФ-стабілізатора в систему. Це пояснюється, в першу чергу утворенням $C=O$ груп в самому стабілізаторі [17] і є скоріш артефактом методу.

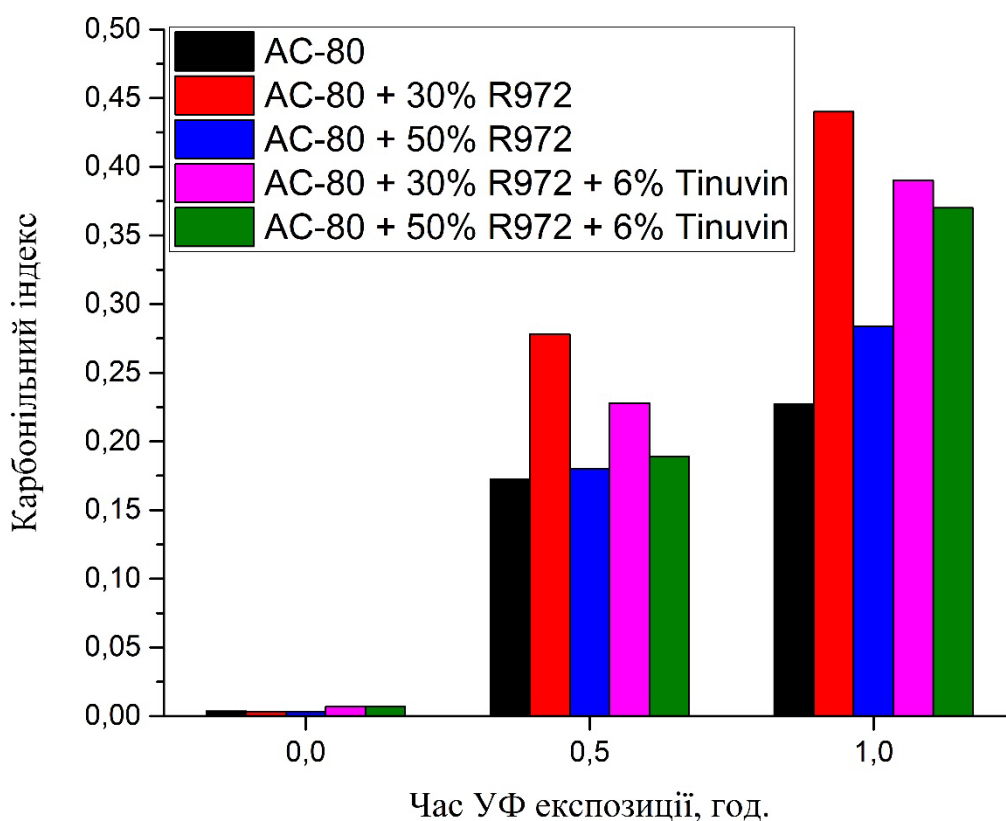


Рис. 2. Залежність карбонільного індексу матеріалів від тривалості УФ-опромінення

Для дослідження абляції матеріалу покриття в ході фотодеструкції було застосовано гравіметричний метод (рис. 3). Як видно, плівки чистого полімеру втрачають 50% від своєї товщини за 3 години експозиції, додавання наночастинок значно гальмує цей процес. Так, для 30% наповнення аеросилом після 3 годин втрачається вже 20% від товщини плівки. Вірогідно, це зумовлюється невразливістю цієї мінеральної частини покриття до фотодеструкції. Додавання УФ-стабілізатора ще в більшій мірі сповільнює втрату маси покриттів.

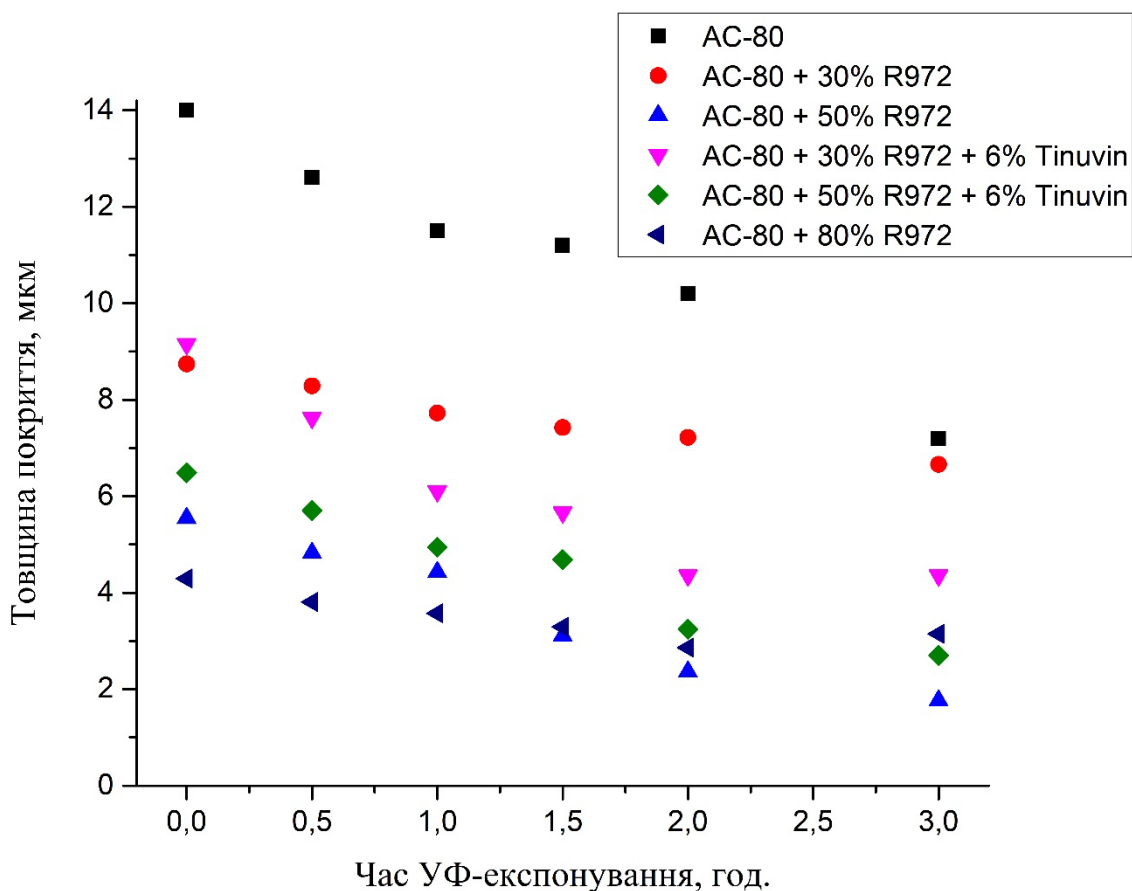


Рис. 3. Зміна товщини покриттів в ході УФ-опромінення

Зміна кутів змочування поверхонь в ході фотодеструкції полімерів відбувається як за рахунок видалення частини полімеру, так і за рахунок його окислення, що у свою чергу створює гідрофільні групи на поверхні. Вихідний полімер з кутом змочування водою $88 \pm 2^\circ$ (табл. 1) є близьким до гідрофобного, тобто має середню полярність. В ході окислення за рахунок формування на його поверхні $C=O$ груп, змочуваність зростає. Варто зауважити що кут змочування є більш чутливим до процесів деструкції ніж дані ІЧ-спектроскопії, оскільки здатен ідентифікувати зміни в полярності поверхневого шару вже після 0,5 год. опромінення.

Таблиця 1

Змочуваність плівок в ході УФ-опромінення

Зразок	Кут змочування водою			
	0 год.	0,5 год.	1 год.	1,5 год.
AC-80	88	85	40	35
AC-80 + 30% R972	143	123	95	0
AC-80 + 50% R972	148	144	98	0
AC-80 + 30% R972 + 6% Tinuvin	135	111	48	0
AC-80 + 50% R972 + 6% Tinuvin	137	136	89	0
AC-80 + 80% R972	142	124	0	0

Вихідна гідрофобність композицій наповнених наночастинами досягається як за рахунок використання відносно неполярного полімеру, так і за рахунок текстури поверхні, зокрема формування стану змочування Касі. Композит з 50 мас. % аеросилу є близьким до

супергідрофобного. Але вже після 30 хвилин опромінення зниження змочуваності стає дуже відчутним. Після однієї години опромінення система з 80 мас. % аеросилу повністю змочується водою (за рахунок капілярного ефекту). Така швидка зміна змочуваності може бути пояснена зниженою товщиною плівки плівкоутворювача в цьому випадку у порівнянні з тими системами де наповнення нижче. Через півтори години випробування всі поверхні повністю гідрофілізуються.

Додавання УФ стабілізатора знижує кут змочування водою, на 8° та 11° для 30% та 50% аеросилу відповідно, що свідчить про зміну полярності поверхні. Також, застосування Tinuvin не допомагає довше зберегти високі кути змочування і після 30 хв. покриття втрачає свою гідрофобність.

Висновки. Показано що нанорозмірні частинки значно впливають на хід фотодеструкції тонкошарових покриттів на основі стиролбутилметакрилатного плівкоутворювача. Зокрема, при вмісті 30 мас. % вони прискорюють окислення основного полімеру, що підтверджується двократним зростанням карбонильного індексу. При цьому, вміст наночастинок 30–50 мас. % сповільнює втрату маси і товщини покриття на підкладці в 2,5–3 рази за рахунок ефекту екранування плівкоутворювача від дії ультрафіолету.

Показано що гідрофільність досліджуваних покриттів при опроміненні значно зростає. Плівки на основі чистого стиролбутилметакрилату з вихідним кутом змочування водою 88° за годину експозиції значно підвищують гідрофільність: кут змочування знижується до 40° . Наявність нанорозмірного наповнювача значно загострює зміни цього показника: вихідні покриття за рахунок текстури і реалізації стану змочування Касі характеризуються високими кутами змочування – в діапазоні $135\text{--}148^\circ$. Після години опромінення за рахунок окислення власне полімерного шару відбувається зниження цих кутів до $48\text{--}95^\circ$, а після 1,5 годин – повна гідрофілізація шару.

Таким чином, показано що наявність наночастинок в системі, з одного боку, пришвидшує гідрофілізацію поверхневих шарів покриття, а з іншого – уповільнює його абляцію. Це явище є негативним з точки зору забезпечення стабільності водовідштовхування покриттів в стані Касі, особливо таких, які призначенні до використання в атмосферних умовах. Питання підвищення їх стабільності потребує подальшого дослідження.

References

Література

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. El-Hiti, G. A., Ahmed, D. S., Yousif, E., Al-Khazrajy, O. S., Abdallah, M., Alanazi, S. A. (2021). Modifications of Polymers through the Addition of Ultraviolet Absorbers to Reduce the Aging Effect of Accelerated and Natural Irradiation. <i>Polym.</i>, No. 14(1). https://doi.org/10.3390/polym14010020.2. De Castro Monsorres, K. G., Da Silva, A. F., De Sant' Ana Oliveira, S., Rodrigues, J. D., Weber, R. P. (2019). Influence of ultraviolet radiation on polymethylmethacrylate (PMMA). <i>JMR&T</i>, No. 8(5). P. 3713–3718. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.06.023.3. Lippert, T. (2010). UV Laser Ablation of Polymers: From Structuring to Thin Film Deposition. <i>SSMATERIALS</i>, P. 141–175. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03307-0_7.4. Yousif, E., Haddad, R. (2013). Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. <i>Springerplus</i>, No. 2(1). https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-398. | <ol style="list-style-type: none">1. El-Hiti G. A., Ahmed D. S., Yousif E., Al-Khazrajy O. S., Abdallah M., Alanazi S. A. Modifications of Polymers through the Addition of Ultraviolet Absorbers to Reduce the Aging Effect of Accelerated and Natural Irradiation. <i>Polym.</i> 2021. No. 14(1). https://doi.org/10.3390/polym14010020.2. De Castro Monsorres K. G., Da Silva A. F., De Sant' Ana Oliveira S., Rodrigues J. D., Weber R. P. Influence of ultraviolet radiation on polymethylmethacrylate (PMMA). <i>JMR&T</i>. 2019. No. 8(5). P. 3713–3718. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.06.023.3. Lippert T. UV Laser Ablation of Polymers: From Structuring to Thin Film Deposition. <i>SSMATERIALS</i>. 2010. P. 141–175. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03307-0_7.4. Yousif E., Haddad R. Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. <i>Springerplus</i>. 2013. No. 2(1). https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-398. |
|---|--|

5. Mogami, H., Mori, H. (2020). Enhanced Heat Resistance and Adhesive Strength of Styrene–Acrylic Triblock Copolymer Elastomers by Incorporating Acrylic Acid. *ACS Omega*, No. 5(7), P. 3678–3688. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04282>.
6. Gallagher, J. J., Hillmyer, M. A., Reineke, T. M. (2016). Acrylic Triblock Copolymers Incorporating Isosorbide for Pressure Sensitive Adhesives. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, No. 4(6), P. 3379–3387. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00455>.
7. Almond, J. W., Sugumaar, P., Wenzel, M. N., Hill, G., Wallis, C. J. (2020). Determination of the carbonyl index of polyethylene and polypropylene using specified area under band methodology with ATR-FTIR spectroscopy. *E-Polym.*, No. 20(1), P. 369–381. <https://doi.org/10.1515/epoly-2020-0041>.
8. Shanti, R., Hadi, A., Salim, Y. S., Chee, S. Y., Ramesh, K. P. (2017). Degradation of ultra-high molecular weight poly (methyl methacrylate-co-butyl acrylate-co-acrylic acid) under ultra violet irradiation. *RSC Adv.*, No. 7(1), P. 112–120. <https://doi.org/10.1039/c6ra25313j>.
9. Benítez, A. R., Sánchez, J. J., Arnal, M. L., Müller, A. J., Rodríguez, O., Morales, G. (2013). Abiotic degradation of LDPE and LLDPE formulated with a pro-oxidant additive. *Polym. Degrad. Stab.*, No. 98(2), P. 490–501. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2012.12.011>.
10. Focke, W. W., Mashele, R. P., Nhlapo, N. S. (2011). Stabilization of low-density polyethylene films containing metal stearates as photodegradants. *J. Vinyl Addit. Technol.*, No. 17(1), P. 21–27. <https://doi.org/10.1002/vnl.20248>.
11. Antunes, M. C., Agnelli, J. A. M., Babetto, A. S., Bonse, B. C., Bettini, S. H. P. (2017). Abiotic thermo-oxidative degradation of high density polyethylene: Effect of manganese stearate concentration. *Polym. Degrad. Stab.*, No. 143, P. 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.06.012>.
12. Smith, B. C. (2022). The Infrared Spectra of Polymers, VII: Polymers with Carbonyl (C=O) Bonds. *Spectroscopy*, P. 10–13. <https://doi.org/10.56530/spectroscopy.tz9280y5>.
13. Ogbonnaya, M., Ajayi, O. O., Waheed, M. A., Oyedepo, S. O., Popoola, A. P. I., Popoola, O. M. (2019). Influence of nanoparticles deposition on surface roughness and heat transfer characteristics of nanofluids: review. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci.*, Vol. 331, 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/331/1/012018>.
14. Montazer, M., Harifi, T. (2018). Nanofinishes for self-cleaning textiles. *Elsevier sci.*, P. 127–143. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101214-7.00009-1>.
5. Mogami H., Mori H. Enhanced Heat Resistance and Adhesive Strength of Styrene–Acrylic Triblock Copolymer Elastomers by Incorporating Acrylic Acid. *ACS Omega*. 2020. No. 5(7). P. 3678–3688. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04282>.
6. Gallagher J. J., Hillmyer M. A., Reineke T. M. Acrylic Triblock Copolymers Incorporating Isosorbide for Pressure Sensitive Adhesives. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2016. No. 4(6). P. 3379–3387. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00455>.
7. Almond J. W., Sugumaar P., Wenzel M. N., Hill G., Wallis C. J. Determination of the carbonyl index of polyethylene and polypropylene using specified area under band methodology with ATR-FTIR spectroscopy. *E-Polym.* 2020. No. 20(1). P. 369–381. <https://doi.org/10.1515/epoly-2020-0041>.
8. Shanti R., Hadi A., Salim Y. S., Chee S. Y., Ramesh K. P. Degradation of ultra-high molecular weight poly (methyl methacrylate-co-butyl acrylate-co-acrylic acid) under ultra violet irradiation. *RSC Adv.* 2017. No. 7(1). P. 112–120. <https://doi.org/10.1039/c6ra25313j>.
9. Benítez A. R., Sánchez J. J., Arnal M. L., Müller A. J., Rodríguez O., Morales G. Abiotic degradation of LDPE and LLDPE formulated with a pro-oxidant additive. *Polym. Degrad. Stab.* 2013. No. 98(2). P. 490–501. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2012.12.011>.
10. Focke W. W., Mashele R. P., Nhlapo N. S. Stabilization of low-density polyethylene films containing metal stearates as photodegradants. *J. Vinyl Addit. Technol.* 2011. No. 17(1). P. 21–27. <https://doi.org/10.1002/vnl.20248>.
11. Antunes M. C., Agnelli J. A. M., Babetto A. S., Bonse B. C., Bettini S. H. P. Abiotic thermo-oxidative degradation of high density polyethylene: Effect of manganese stearate concentration. *Polym. Degrad. Stab.* 2017. No. 143. P. 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.06.012>.
12. Smith B. C. The Infrared Spectra of Polymers, VII: Polymers with Carbonyl (C=O) Bonds. *Spectroscopy*. 2022. P. 10–13. <https://doi.org/10.56530/spectroscopy.tz9280y5>.
13. Ogbonnaya M., Ajayi O. O., Waheed M. A., Oyedepo S. O., Popoola A. P. I., Popoola O. M. Influence of nanoparticles deposition on surface roughness and heat transfer characteristics of nanofluids: review. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci.* 2019. Vol. 331. 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/331/1/012018>.
14. Montazer M., Harifi T. Nanofinishes for self-cleaning textiles. *Elsevier sci.* 2018. P. 127–143. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101214-7.00009-1>.

15. Netzahual-Lopantzi, A., Sánchez-Ramírez, J. F., Jiménez-Pérez, J. L., Cornejo-Monroy, D., López-Gamboa, G., Correa-Pacheco, Z. N. (2019). Study of the thermal diffusivity of nanofluids containing SiO₂ decorated with Au nanoparticles by thermal lens spectroscopy. *Appl. Phys.*, No. 125(9). <https://doi.org/10.1007/s00339-019-2891-3>.
16. Panwar, K., Jassal, M., Agrawal, A. K. (2015). In situ synthesis of Ag–SiO₂ Janus particles with epoxy functionality for textile applications. *Particuology*, No. 19, P. 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2014.06.007>.
17. Campanale, C., Savino, I., Massarelli, C., Uricchio, V. F. (2023). Fourier Transform Infrared Spectroscopy to Assess the Degree of Alteration of Artificially Aged and Environmentally Weathered Microplastics. *Polymers.*, No. 15(4), P. 911. <https://doi.org/10.3390/polym15040911>.
15. Netzahual-Lopantzi A., Sánchez-Ramírez J. F., Jiménez-Pérez J. L., Cornejo-Monroy D., López-Gamboa G., Correa-Pacheco Z. N. Study of the thermal diffusivity of nanofluids containing SiO₂ decorated with Au nanoparticles by thermal lens spectroscopy. *Appl. Phys.* 2019. No. 125(9). <https://doi.org/10.1007/s00339-019-2891-3>.
16. Panwar K., Jassal M., Agrawal A. K. In situ synthesis of Ag–SiO₂ Janus particles with epoxy functionality for textile applications. *Particuology*. 2015. No. 19. P. 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2014.06.007>.
17. Campanale C., Savino I., Massarelli C., Uricchio V. F. Fourier Transform Infrared Spectroscopy to Assess the Degree of Alteration of Artificially Aged and Environmentally Weathered Microplastics. *Polymers*. 2023. No. 15(4). P. 911. <https://doi.org/10.3390/polym15040911>.

BILOUSOVA ANNA

Department of Chemical Thechnology of Composition Materials, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2818-8450>
E-mail: belousovaanna292@gmail.com

BILOUSOVA A. O.

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine
**THE INFLUENCE OF LIGHT STABILIZERS AND NANOSIZED PARTICLES
OF SILICA ON THE RATE OF DESTRUCTION OF POLYMER COATINGS
UNDER THE UV RADIATION**

Purpose. Research of the influence of adding nanosized additives and ultraviolet stabilizers to thin-layer coatings on their destruction under the action of ultraviolet radiation.

Methodology. In the work, a styrene-acrylic copolymer was used as a polymeric binder. A light stabilizer of basic hindered amine (HALS) was used as a UV absorber. Silica was used as a filler and UV blocking agent. The coating was applied to polished 6063 aluminum substrates and KBr glass by pneumatic spraying. The chemical transformations in the coating composition were studied using infrared spectrometry. The carbonyl index was used to characterize the degree of polymer degradation. The characterization of chemical transformations on the surface was carried out by measuring the wetting angle

Findings. The work shows that nanosized particles at a content of 30 wt. % accelerate the oxidation of the base polymer. At the same time, the content of nanoparticles of 30–50 wt. % slows down the loss of mass and thickness of the coating on the substrate by 2,5–3 times. It has been shown that films based on pure styrene-butyl methacrylate with an initial water wetting angle of 88° during an hour of exposure significantly increase hydrophilicity: the wetting angle decreases to 40°.

Originality. As a result of the work, the degree of influence of silica nanoparticles on the physical and chemical properties of the coating in the system film-forming agent – inorganic filler with the addition of a UV stabilizer was determined.

Practical value. The revealed regularities showed that nanosized silica particles affect the photodegradation of thin-layer coatings based on styrene-butyl methacrylate film-forming agent. From the point of view of ensuring the stability of water repellency for systems intended for use in atmospheric conditions, this effect is negative. The issue of increasing stability requires further research.

Keywords: thermoplastic polymers; styrene-acrylate copolymer; silica; UV-resistance; photodegradation of polymers; hydrophobicity.