

UDC 667.6

THE EFFECT OF PYROGENIC SiO₂ NANOPARTICLES ON THE PHOTODEGRADATION OF POLYMER COATINGS WHEN EXPOSED TO UV IRRADIATION

Oleksiy Myronyuk, PhD, As. Prof.,
Denys Baklan, PhD student,
Anna Bilousova

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Abstract. The study investigates the impact of functionalized silica nanoparticles on the photodestruction of styrene acrylic polymer-based coatings. The research uses infrared spectroscopy, ablation speed, and water contact angle measurements to analyze the UV degradation of thin layer coatings under accelerated aging conditions. HALS amine loaded coatings are used as a reference. Results show that the photodegradation of the silica nanoparticles-polymer composite thin film coatings is influenced by two factors: screening of UV radiation and increased polymer hydrophilization speed. At nanoparticle loads over 15 wt. %, the thickness ablation speed decreases from 1.3 to 1.2 $\mu\text{m/h}$, and the contact angle sharply drops to 40° from the initial 89° within the first 30 minutes of exposure.

Key words: silica nanoparticles, polymer coatings, UV degradation, water contact angle.

Polymer coatings play a crucial role in protecting substrates in harsh environments and providing functional properties such as water repellency. However, exposure to UV radiation causes photodestruction of the organic part, leading to reduced performance properties such as increased hydrophilicity and decreased mechanical properties [1]. Approaches to reduce photodestruction include the use of light absorbers, neutralizers of photo-oxidation intermediates, and spatial shielding of the polymer from UV radiation [2–4]. This study focuses on the use of pyrogenic silica nanoparticles as a shielding additive to decrease photodestruction. The study compares the photodestruction rate of neat polymer and polymer-nanoparticle composite films with

varying nanoparticle content. The effectiveness of nanoparticle shielding is also compared to that of a UV absorber.

The ablation speed is a crucial parameter for comparing the photodestruction resistance of different materials. It is represented by the slope of the line approximating the thickness reduction of the sample due to photodestruction. The most effective concentration of the HALS UV absorber additive 5,151 is 6 wt. %, which reduces the ablation rate by almost 1.7 times. The addition of silica nanoparticles in concentrations below 15 wt. % does not provide any significant reduction in ablation speed. However, at higher concentrations, nanoparticles block some of the UV radiation, leading to a decrease in ablation speed. The water contact angle measurement is a more sensitive indicator of photodestruction than FTIR measurements. Even after 1 hour of exposure, coatings with 5,151 maintain contact angle values above 75°, while the neat AC coatings show a sharp decrease to 40°. In contrast, AC-R972 compositions show an even sharper decrease in contact angle, which starts after only 0.5 hours of exposure. All levels of HALS additives help inhibit photodestruction.

CONCLUSIONS

The study shows that the photodegradation process of polymer coatings is affected by two factors when nanoparticles are added: spatial blocking of radiation at loads over 15 wt. % and increased hydrophilization due to reduced film thickness and increased polymer fraction under exposure, resulting in a significant decrease in contact angle values. The thickness ablation speed also decreases from 1.3 to 1.2 $\mu\text{m/h}$.

References

1. Signoret, C., Edo, M., Lafon, D., et al. (2020). Degradation of styrenic plastics during recycling: Impact of reprocessing photodegraded material on aspect and mechanical properties. *Journal of Polymers and the Environment* 28: 2055–2077. DOI: 10.1007/s10924-020-01741-8
2. Santabarbara, S. (2006). Limited sensitivity of pigment photo-oxidation in isolated thylakoids to singlet excited state quenching in photosystem II antenna. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 455: 77–88. DOI: 10.1016/j.abb.2006.08.017

3. Sat, C., Kim, I., Tanaka, H. (2016). Effect of H_2O_2 on UV photo-oxidation of pharmaceuticals and personal care products in wastewater. Journal of Environmental Engineering. DOI: 10.1061/(asce)ee.1943-7870.0001132
4. Gijssman, P. (2012). Polymer Stabilization. Handbook of Environmental Degradation of Materials 673–714. DOI: 10.1016/b978-1-4377-3455-3.00023-7

УДК 678.234.71

ВИСОКОНАПОВНЕНІ ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ, ОТРИМАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Надія Сова, д. т. н., доц.,
Олександр Слєпцов, к. т. н., асистент,
Любомир Розвора, аспірант

Київський національний університет технологій та дизайну

Анотація. Робота присвячена аналізу технологій створення полімерних композиційних матеріалів на основі поліолефінів.

Ключові слова: полімерний композиційний матеріал, наповнювач, фізико-механічні властивості, диспергування, поліолефіни.

Abstract. The work is devoted to the analysis of technologies for creating polymer composite materials based on polyolefins.

Key words: polymer composite material, filler, physical and mechanical properties, dispersion, polyolefins.

Розвиток сучасних технологій вимагає застосування матеріалів з вдосконаленими експлуатаційними властивостями. Полімерні композиційні матеріали – це матеріали на основі полімерної матриці, що містять функціональні наповнювачі. Як наповнювачі можуть застосовуватись різноманітні неорганічні та органічні речовини у вигляді дисперсних порошоків, волокон, лусок. Вибір складу та вмісту компонентів полімерного композиційного

матеріалу визначається його наступним застосуванням та необхідними функціональними властивостями [1].

Значну роль у формуванні властивостей полімерних композитів відіграють технології отримання цих композитів, способи попередньої обробки наповнювачів та способи отримання готових виробів на основі створених композитів.

Полімерні композити отримують за технологією компаундування. Компаундування – процес поєднання шляхом змішування компонентів різної природи на екструзійному устаткуванні. Компаундування може здійснюватися трьома основними способами: попереднє змішування або премікс; роздільне дозування; комбінований процес з поєднанням попереднього змішування з роздільним дозуванням [2–3].

Попереднє змішування – процес компаундування при якому всі компоненти майбутньої суміші попередньо змішують у окремому устаткуванні шляхом точного об'ємного або масового дозування компонентів за наперед заданим рецептом. Далі готову суміш переробляють у екструзійному устаткуванні з отримання грануляту.

Роздільне дозування – процес компаундування при якому всі необхідні компоненти створюваного композиту дозуються неперервно у заданій пропорції у екструзійне устаткування з використанням дозаторів неперервної дії.

Комбінований процес компаундування полягає у частковому поєднанні неперервного дозування частини компонентів та неперервного дозування частини компонентів як попередньо виготовленої суміші.

Полімерні композити отримують та застосовують у вигляді компаундів та концентратів. Компаунд – готова до переробки система, що зазвичай має ступінь наповнення до 30–40 % мас. Концентрат – високонаповнена композиція призначена для змішування з основною сировиною перед переробкою, має високий ступінь наповнення, що може сягати понад 80 % мас., не придатна зазвичай до переробки у чистому вигляді [4].

Метод роздільного дозування з використанням двошнекового екструдера дозволяє отримувати високонаповнені полімерні