

KOTNAROWSKA Danuta<sup>1</sup>  
PRZERWA Michał<sup>2</sup>

## Własności dekoracyjne powłok epoksydowych starzonych w naturalnych warunkach klimatycznych

Słowa kluczowe:  
powłoki epoksydowe,  
chropowatość, połysk,  
własności dekoracyjne

### Streszczenie

W artykule przedstawiono destrukcyjny wpływ czynników klimatycznych na stan warstw powierzchniowych powłok epoksydowych. Stwierdzono wzrost chropowatości powierzchni powłok, przyczyniający się do utraty ich połysku. Stwierdzono również zmniejszenie twardości oraz grubości powłok. Destrukcyjny wpływ czynników klimatycznych, na warstwy powierzchniowe powłok epoksydowych potwierdziły również badania mikroskopowe.

### DECORATIVE PROPERTIES OF EPOXY COATINGS AGED IN NATURAL CLIMATIC FACTORS

### Abstract

The paper presents influence of climatic factors on the surface state of polymeric coatings. It was stated a degradation of the coating surfaces consisting in increase of surface roughness, gloss loss as well as decrease of hardness and thickness. Also microscopic examination confirmed destructive effect of climatic factors on the surface layers of epoxy coatings.

### 1. WSTĘP

W przypadku powłok polimerowych, poddanych oddziaływaniu naturalnego środowiska eksploatacji, dominującą rolę w procesach destrukcji powłok odgrywają takie czynniki, jak: promieniowanie ultrafioletowe, media agresywne oraz czynniki biotyczne (zwłaszcza w warunkach o zwiększonej wilgotności), a także erozyjne oddziaływanie twardych cząstek, których wpływ na proces destrukcji powłok ma charakter synergiczny [1]. Pod wpływem narażeń środowiska eksploatacji w powłokach polimerowych zachodzą złożone procesy ich zużywania, prowadzące do utraty własności ochronnych i dekoracyjnych powłok.

Podstawowym kryterium spełniania przez powłokę polimerową funkcji ochronnej względem podłoża jest jej szczelność, określana stopniem porowatości. Pory w powłokach powstają podczas procesu ich konstytuowania, a także w wyniku zachodzenia w ich strukturze procesów starzeniowych, szczególnie pod wpływem promieniowania UV oraz mediów agresywnych [1-3].

Oddziaływanie czynników środowiska eksploatacji ma istotny wpływ na stan powierzchni powłok polimerowych. Na skutek adsorpcji na powierzchni powłok substancji agresywnych, a także w wyniku oddziaływania promieniowania ultrafioletowego, zachodzi intensywna destrukcja chemiczna i fizyczna powierzchni powłok, pogarszająca przede wszystkim ich własności dekoracyjne [4-9].

Utlenione warstwy powierzchniowe powłok polimerowych charakteryzują się zwiększoną kruchością, co przyczynia się do utraty spójności napełniaczy oraz pigmentów z tworzywem powłokotwórczym. W następnym etapie procesu zużywania powłok zachodzi uwalnianie pigmentów oraz napełniaczy z ich warstw powierzchniowych, co ma wpływ na znaczne zwiększenie ich chropowatości [10].

Zwiększenie chropowatości powierzchni powłok polimerowych, pod wpływem czynników eksploatacyjnych, sprzyja rozwojowi mikroorganizmów (wirusów, bakterii, grzybów) [11-14] w mikrozagłębieniach warstw powierzchniowych powłok. Generują one korozję biologiczną, co skutkuje miejscowymi przebarwieniami powłok.

Zwiększona chropowatość powierzchni powłok w efekcie powoduje obniżenie ich połysku oraz zmianę koloru powłok, co sprawia pogorszenie ich własności dekoracyjnych. Ponadto w powstałych na powierzchni niszach gromadzą się różnego typu zanieczyszczenia organiczne (produkty przemiany materii mikroorganizmów) oraz nieorganiczne (pył, kurz) [13], które są trudne do usunięcia podczas mycia (np. nadwozia samochodu).

Pogorszenie własności dekoracyjnych powłok polimerowych występuje również pod wpływem mediów agresywnych, takich jak: solanka, mgła solna, kwaśne deszcze, płyny eksploatacyjne oraz ptasie odchody.

<sup>1</sup> Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.

Tel.: + 48 48 361-76-70, 361-76-42, Fax: + 48 48 361-77-44, E-mail: d.kotnarowska@pr.radom.pl

<sup>2</sup> Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.

Tel.: + 48 48 361-76-70, 361-76-42, Fax: + 48 48 361-77-44, E-mail: m.przerwa@student.pr.radom.pl

## 2. METODYKA BADAŃ

Badano trójwarstwowe powłoki epoksydowe (EP). Podłoże stalowe próbek (o wymiarach 160 x 80 x 2 mm), było czyszczone w bębnach rotacyjnych, pod wpływem mechanicznego oddziaływania ścierniwa. Przed nałożeniem powłok dokonano ich odtuszczenia. Po uzyskaniu powłok poddano je aklimatyzacji w ciągu 10 dni, w temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , w otoczeniu o wilgotności  $65 \pm 5\%$ . Po aklimatyzacji powłok wykonaniu badań wstępnych (grubości, twardości, chropowatości oraz połysku powłok) próbki umieszczono na stojakach, usytuowanych na stacji klimatycznej w pobliżu Instytutu Eksploatacji Pojazdów i Maszyn w Radomiu. Badania te powtórzone po trzech latach starzenia powłok.

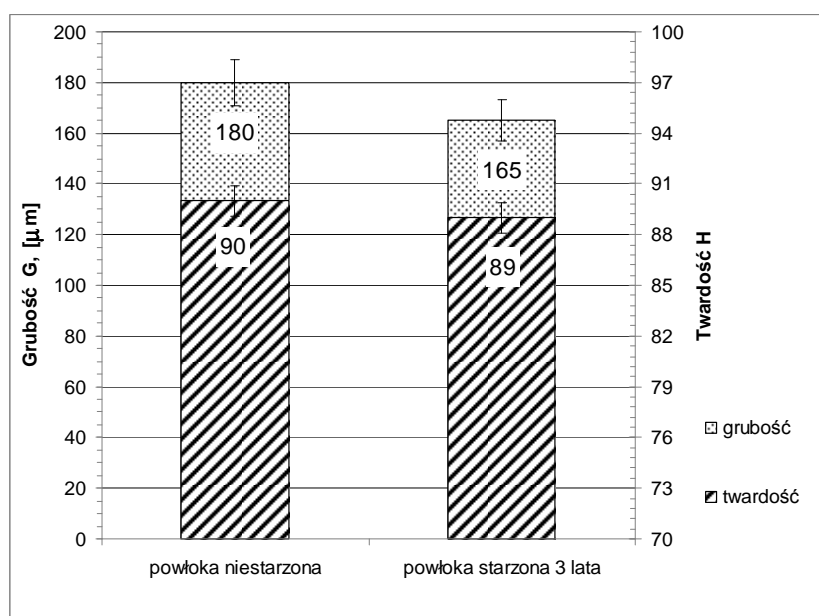
Grubość powłok badano za pomocą przyrządu Mega-Check FE (zgodnie z normą PN-EN ISO 2808:2000). Twardość powłok polimerowych badano metodą Buchholza (PN-EN ISO 2815:2004). Do pomiaru chropowatości powierzchni badanych powłok epoksydowych zastosowano profilometr firmy Hommel-Werke T500 z głowicą TSE (zgodnie z normami: PN-87/M-04251, PN-ISO 8501-1:1996, PN-ISO 8501-1:1998). Badania połysku lustrzanego powłok epoksydowych przeprowadzono dla kątów padania:  $(20, 60, 85)^\circ$  (zgodnie z normą PN-EN ISO 2813:2001). Destrukcyjne powłok epoksydowych poddanych starzeniu analizowano na podstawie badań mikroskopowych, do których posłużył mikroskop metalograficzny Optek 2601. Średnia grubość trójwarstwowych powłok epoksydowych niestarczonych wynosiła  $180 \mu\text{m}$ . Własności fizykochemiczne badanych powłok epoksydowych (EP) przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Własności fizykochemiczne powłok epoksydowych niestarczonych oraz poddanych starzeniu pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat

Lp.	Rodzaj powłoki	Grubość G, [ $\mu\text{m}$ ]	Twardość wg Buchholza H	Parametr chropowatości Ra, [ $\mu\text{m}$ ]	Połysk, [GU]		
					Kąt padania światła [GU]		
					20°	60°	85°
1.	Epoksydowa niestarzona	180	90	0,38	24,2	67,6	78,1
2.	Epoksydowa starzona	165	89	0,68	0,2	1,1	12,9

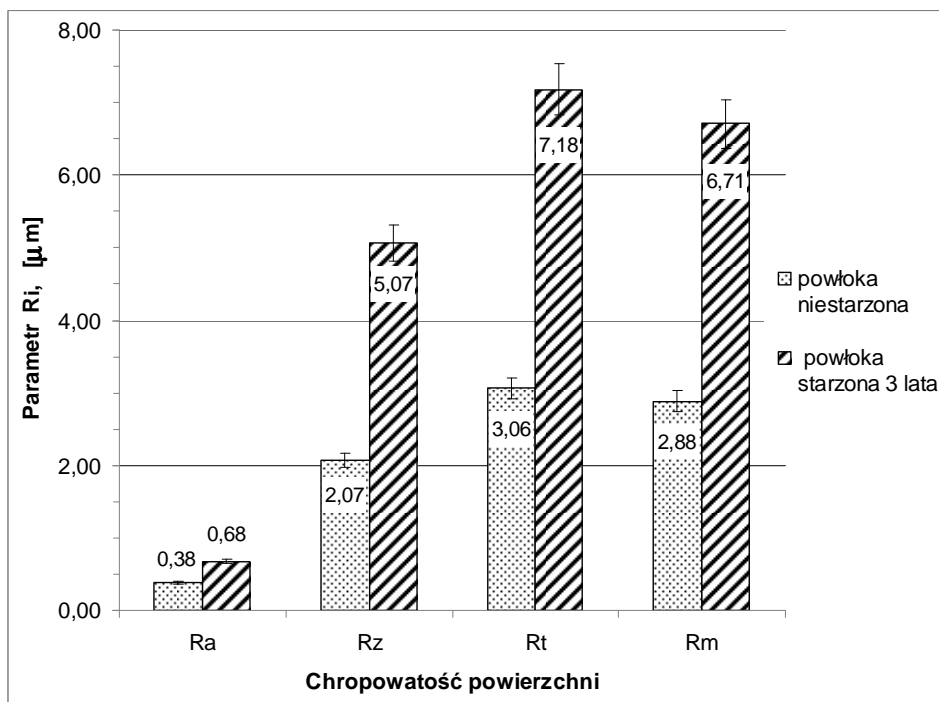
## 3. WYNIKI BADAŃ

W wyniku przeprowadzonych badań stopnia zużycia powłok epoksydowych, poddanych oddziaływaniu czynników klimatycznych można stwierdzić, że przyczyniają się one do destrukcji powłok. Objawia się to zmianami ich grubości. Spadek grubości powłok epoksydowych nastąpił na skutek postępującego procesu kredowania warstwy powierzchniowej powłok. Natomiast twardość starzonej powłoki epoksydowej praktycznie nie uległa zmianie (rys. 1).

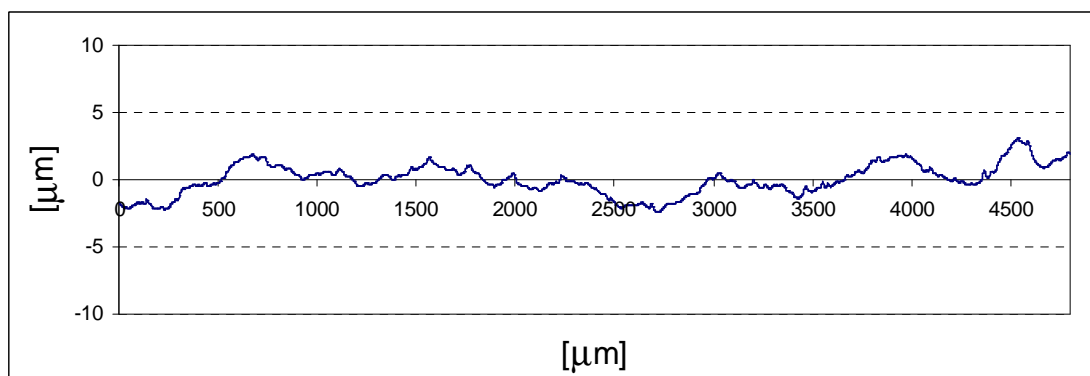


Rys. 1. Wpływ starzenia powłok epoksydowych pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat na ich grubość oraz twardość

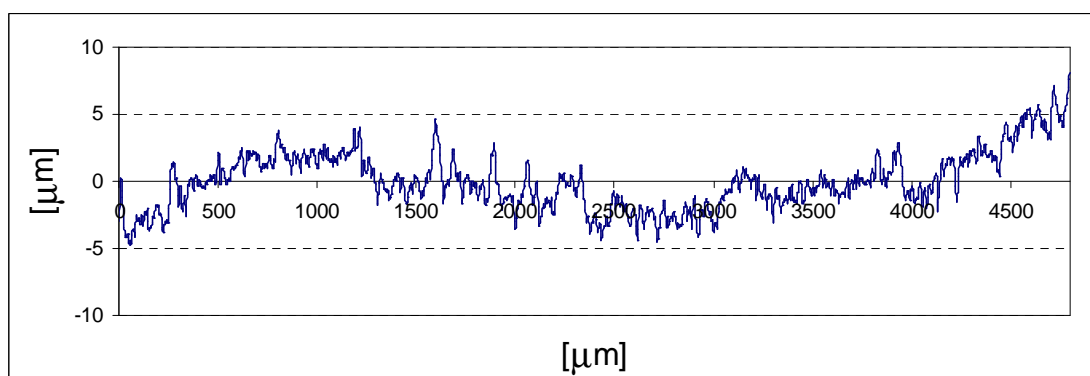
W wyniku starzenia pod wpływem czynników klimatycznych, obserwowano podwyższenie chropowatości powierzchni powłok epoksydowych, ocenianej za pomocą parametrów: Ra, Rz, Rt, Rm (rys. 2). Profilogramy chropowatości powierzchni starzonych powłok epoksydowych, przedstawione na rysunkach 3–4, również dokumentują wzrastanie chropowatości powierzchni powłok epoksydowych pod wpływem oddziaływania czynników klimatycznych. Zwiększenie chropowatości powierzchni powłok przyczynia się do utraty ich połysku, determinującego własności dekoracyjne powłok.



Rys. 2. Wpływ starzenia na pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat na parametry chropowatości powierzchni powłok epoksydowych



Rys. 3. Profilogram powłoki epoksydowej – niestarzonej

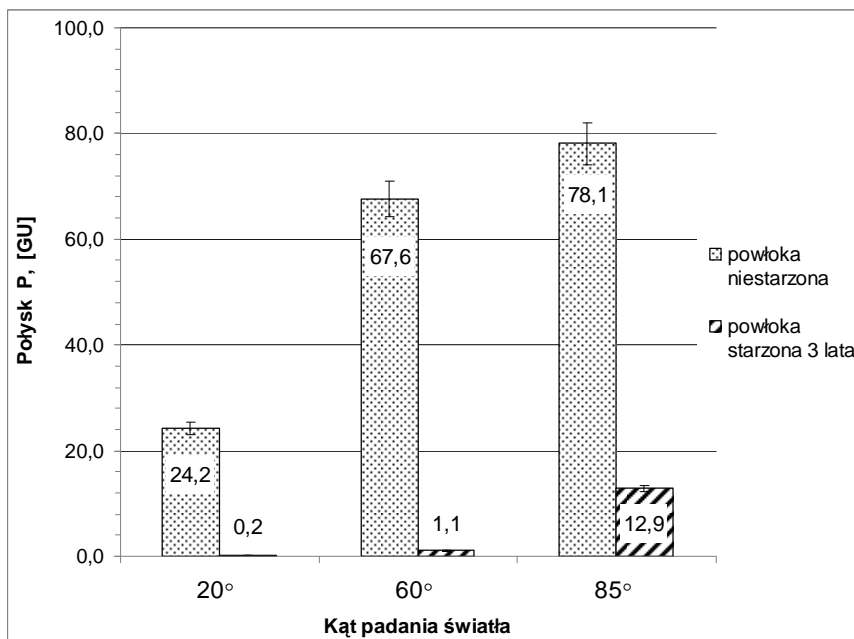


Rys. 4. Profilogram powłoki epoksydowej – starzonej pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat

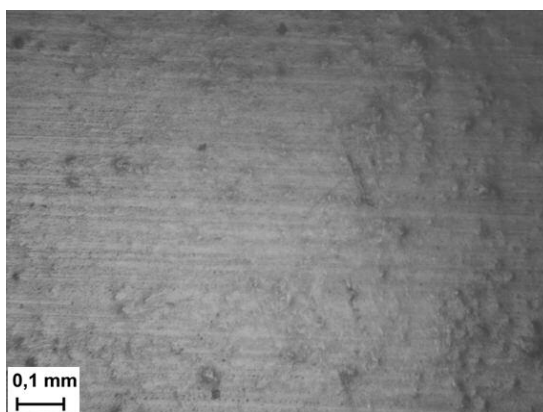
Przyczyną wzrostu chropowatości jest uwalnianie ze struktury starzonych powłok epoksydowych napelniaczy oraz pigmentów.

Do oceny połysku powłok wykorzystano metodę oznaczania połysku zwierciadlanego powłok polimerowych dla kątów pomiarowych: 20°, 60° i 85° (rys. 5).

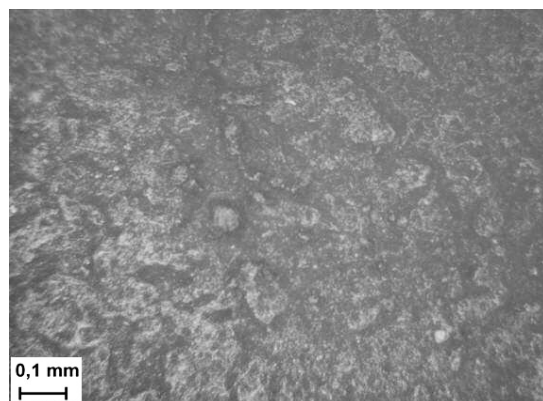
Badania mikroskopowe również udowodniły destrukcję powierzchni powłok epoksydowych. Na rysunkach 6–7 przedstawiono zdjęcia powierzchni powłok epoksydowych (EP) niestarzonych i poddanych starzeniu w ciągu 3 lat.



Rys. 5. Wpływ starzenia powłok epoksydowych pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat na ich połysk



Rys. 6. Powierzchnia powłoki epoksydowej – niestarzonej



Rys. 7. Powierzchnia powłoki epoksydowej – starzonej pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat

#### 4. WNIOSKI

1. W wyniku starzenia w ciągu 3 lat na stacji klimatycznej, grubość powłok epoksydowych uległa zmniejszeniu o około 8%, co było spowodowane kredowaniem warstwy powierzchniowej powłok, przede wszystkim pod wpływem promieniowania ultrafioletowego. Natomiast twardość tych powłok praktycznie nie uległa zmianie.
2. Przeprowadzone badania wykazały, że oddziaływanie czynników klimatycznych ma istotny wpływ na stan powierzchni powłok. Zmieniła się topografia powierzchni starzonych powłok, co potwierdzają badania mikroskopowe. Zwiększona chropowatość powierzchniowych warstw powłok wpływa na obniżenie ich skuteczności ochronnej.
3. Oddziaływanie czynników klimatycznych spowodowało wzrost chropowatości powierzchni badanych powłok, ocenianej na podstawie parametru Ra, który dla powłok epoksydowych zwiększył się średnio o 79%. Zmiany chropowatości przyczyniły się do utraty połysku starzonych powłok, obniżając ich własności dekoracyjne.
4. Stwierdzono spadek połysku powłok epoksydowych średnio o 98% dla kątów padania światła 20° i 60°. Połysk powłok epoksydowych (dla kąta padania światła wynoszącego 85°) uległ zmniejszeniu o ponad 83%.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kotnarowska D.: *Powłoki ochronne*, Radom, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej 2010.
- [2] Kotnarowska D.: *Epoxy coating destruction as a result of sulphuric acid aqueous solution action*, Progress in Organic Coatings 2010, Vol. 67, Issue 3, p. 324÷329.
- [3] Webb Paul A.: *An introduction to the physical characterization of materials by mercury intrusion porosimetry with emphasis on reduction and presentation of experimental data*, Micromeritics Instrument Corp., Norcross, Georgia, 2001.
- [4] Decker C., Balandier M.: *Degradation of poli(vinyl chloride) by U.V. radiation – I. Kinetics and quantum yields*, European Polymer Journal, Vol. 18, 1982, p. 1085÷1091.
- [5] Decker C., Biry S.: *Light stabilization of polymers by radiation-cured acrylic coatings*, Progress in Organic Coatings 1996, Vol. 29, p. 81÷87.
- [6] Kotnarowska D.: *Wpływ procesu starzenia na trwałość powłoki epoksydowej*, Monografia Nr 12, Radom, Wydawnictwo WSI 1994, s. 206.
- [7] Kotnarowska D.: *Wpływ czynników otoczenia na własności eksploatacyjne ochronnych powłok epoksydowych urządzeń technicznych*, Monografia Nr 40, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1999, s. 232.
- [8] Kotnarowska D.: *Influence of ageing on mechanical properties of epoxy coatings*, Materiały konferencyjne (czasopismo internetowe). Advances in Corrosion Protection by Organic Coatings. Cambridge 1999, p. 1÷10.
- [9] Kotnarowska D.: *Influence of ultraviolet radiation on erosive resistance of modified epoxy coatings*, Solid State Phenomena 2006, vol. 113 (Mechatronic Systems and Materials), p. 585÷588.
- [10] Kotnarowska D.: *Influence of ultraviolet radiation and aggressive media on epoxy coating degradation*, Progress in Organic Coatings 1999, Vol. 37, p. 149÷159.
- [11] Тищенко Г.П., Тищенко А.П.: *Биоцидные покрытия*, Лакокрасочные материалы и их применение 1993, Н. 4, с. 56÷58.
- [12] Толмачев И.А. и др.: *Повышение биостойкости лакокрасочных покрытий*, Лакокрасочные материалы и их применение 1996, Н. 2-3, с. 11÷14.
- [13] Zyska B.: *Mikrobiologiczna korozja materiałów*, Warszawa, WNT 1977.
- [14] Zyska B.: *Problemy mikrobiologicznego rozkładu i mikrobiologicznej korozji materiałów*. Ochrona przed korozją 1994, nr 4, s. 82÷86.