



Danuta KOTNAROWSKA, Michał PRZERWA

# OCENA WŁASNOŚCI DEKORACYJNYCH POWŁOK POLIURETANOWYCH STARZONYCH W NATURALNYCH WARUNKACH KLIMATYCZNYCH

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono destrukcyjny wpływ czynników klimatycznych na stan warstw powierzchniowych powłok poliuretanowych. Stwierdzono wzrost chropowatości powierzchni powłok, przyczyniający się do utraty ich połysku. Zmiany starzeniowe w strukturze powłok przyczyniły się również do zwiększenia twardości oraz grubości powłok. Destrukcyjny wpływ czynników klimatycznych, na warstwy powierzchniowe powłok poliuretanowych potwierdziły również badania mikroskopowe.*

### WSTĘP

Środowisko eksploatacyjne oddziałując na powłoki polimerowe przyczynia się do rozwoju w ich strukturze procesów starzeniowych prowadzących do utraty własności ochronnych i dekoracyjnych powłok. Podczas eksploatacji, w wyniku oddziaływania czynników otoczenia, zachodzi zużywanie kolejnych warstw powłoki polimerowej, aż do momentu osiągnięcia przez powłokę polimerową stanu granicznego, warunkującego jej uszkodzenie [6, 10, 12].

Zużycie to objawia się pogorszeniem własności dekoracyjnych (żółknięcie, zmiana barwy, utrata połysku) oraz obniżeniem efektywności ochronnej powłok na skutek: pękania, delaminacji, pęcherzenia, utraty adhezji do podłoża. W przypadku powłok polimerowych, poddanych oddziaływaniu naturalnego środowiska eksploatacji, istotną rolę w procesach destrukcji powłoki odgrywają takie czynniki jak: światło słoneczne (w szczególności promieniowanie ultrafioletowe), media agresywne (kwaśne deszcze, nawozy naturalne i sztuczne), ciepło oraz wilgoć [3, 5, 8].

Jednymi z groźniejszych czynników niszczących powłoki polimerowe jest promieniowanie ultrafioletowe [1, 11]. 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 powierzchni [4, 9].

Wzrost chropowatości powierzchni powłok polimerowych powoduje obniżenie ich połysku oraz zmianę koloru, determinującego własności dekoracyjne [2, 7]. Zwiększona

chropowatość powierzchniowych warstw powłok sprzyja rozwojowi mikroorganizmów (wirusów, bakterii, grzybów) w mikrozagłębieniach warstw powierzchniowych. Generują one korozję biologiczną, a jej efektem jest powstawanie w powłokach wżerów oraz przebarwień [13]. Ponadto w zagłębieniach mikronierówności na powierzchni powłok, gromadzą się zanieczyszczenia, które są trudne do usunięcia.

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

## 1. METODYKA BADAŃ

Badano trójwarstwowe powłoki poliuretanowe (PUR). Podłoże stalowe próbek (o wymiarach 160 x 80 x 2 mm), było czyszczone za pomocą obróbki ścierniej (w specjalistycznych bębnach), pod wpływem oddziaływania wałeczków ceramicznych. Przed nałożeniem powłok dokonano ich odtłuszczenia. 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 powtórzono po trzech latach starzenia powłok.

Średnia grubość trójwarstwowych powłok poliuretanowych niestarczonych wynosiła 179  $\mu\text{m}$ . Własności fizykochemiczne badanych powłok poliuretanowych (PUR) przedstawiono w tabeli 1.

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

Lp.	Rodzaj powłoki	Twardość wg Buchholza H	Parametr chropowatości Ra, [ $\mu\text{m}$ ]	Połysk P, [GU]		
				Kąt padania światła		
				20°	60°	85°
1.	poliuretanowa niestarzona	83	0,23	47,6	86,4	90,7
2.	poliuretanowa starzona	92	0,24	1,0	17,5	74,6

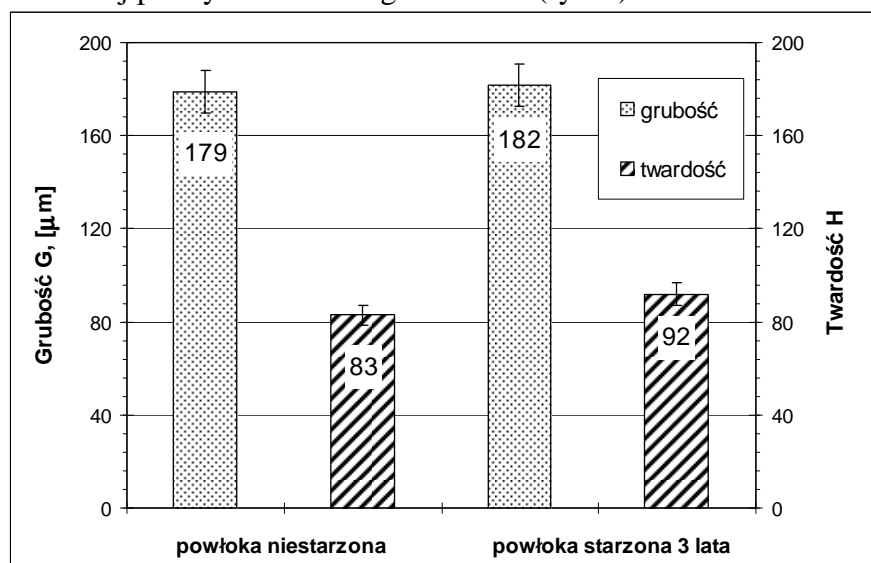
Grubość powłok badano za pomocą przyrządu Mega-Check FE (zgodnie z normą PN-EN ISO 2808:2000). Twardość powłok polimerowych badano metodą Buchholza (PN-EN ISO 2815:2004). Do pomiaru chropowatości powierzchni badanych powłok poliuretanowych zastosowano profilometr firmy Hommel-Werke T500 z głowicą TSE (zgodnie

z normami: PN-87/M-04251, PN-ISO 8501-1:1996, PN-ISO 8501-1:1998). Badania połysku lustrzanego powłok poliuretanowych przeprowadzono dla kątów padania: (20, 60, 85)° (zgodnie z normą PN-EN ISO 2813:2001). Destrukcję powłok poliuretanowych poddanych starzeniu analizowano na podstawie badań mikroskopowych, do których posłużył mikroskop metalograficzny Optek 2601.

## 2. WYNIKI BADAŃ

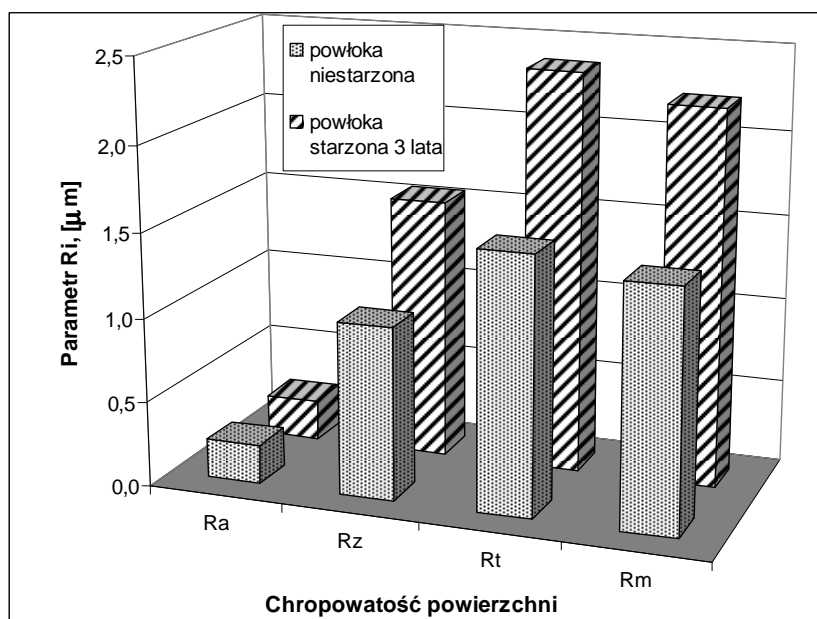
W wyniku przeprowadzonych badań stopnia zużycia powłok poliuretanowych, poddanych oddziaływaniu czynników klimatycznych można stwierdzić, że przyczyniają się one do destrukcji powłok. Objawia się to zmianami ich twardości. Twardość powłok poliuretanowych uległa zwiększeniu o ponad 10%, w następstwie dodatkowego utwardzenia powłok,

w wyniku oddziaływania promieniowania ultrafioletowego. Natomiast grubość starzonej powłoki poliuretanowej praktycznie nie uległa zmianie (rys. 1).

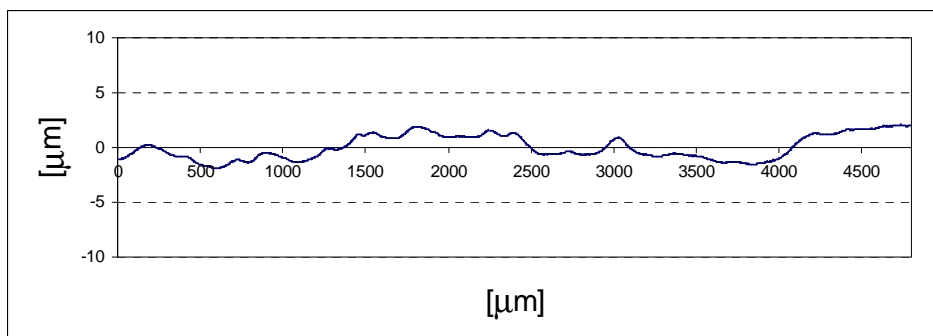


**Rys. 1.** Wpływ starzenia powłok poliuretanowych pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat na ich grubość oraz twardość

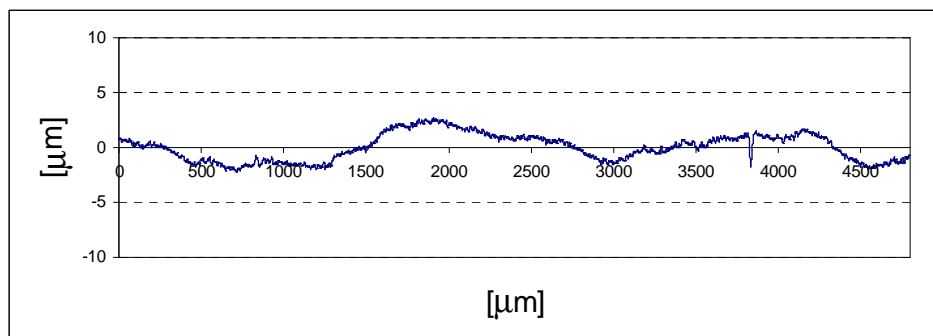
W wyniku starzenia pod wpływem czynników klimatycznych, obserwowano podwyższenie chropowatości powierzchni powłok poliuretanowych, ocenianej za pomocą parametrów: Ra, Rz, Rt, Rm (rys. 2). Profilogramy chropowatości powierzchni starzonych powłok poliuretanowych, przedstawione na rysunkach 3–4, również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



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

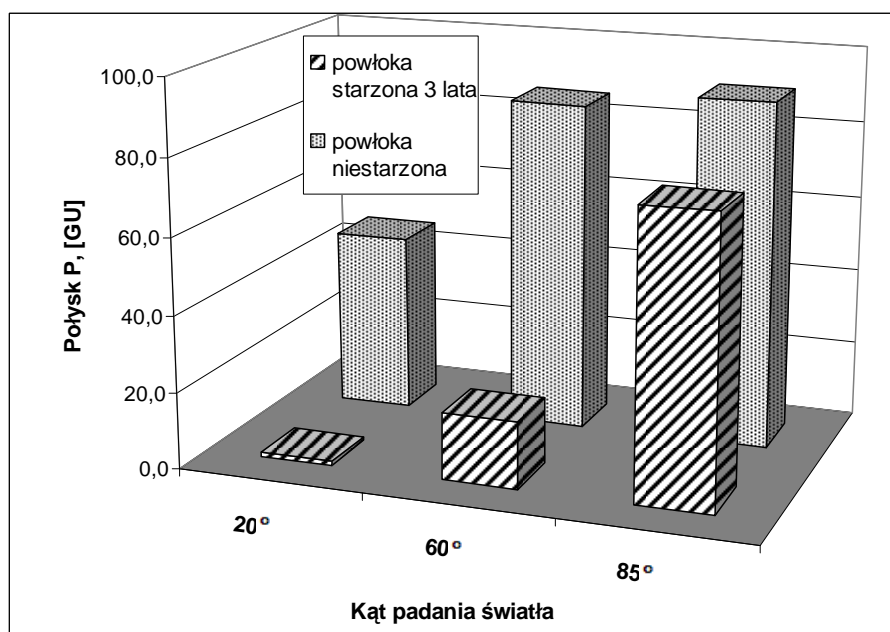


Rys. 3. Profilogram powłoki poliuretanowej – niestarzonej



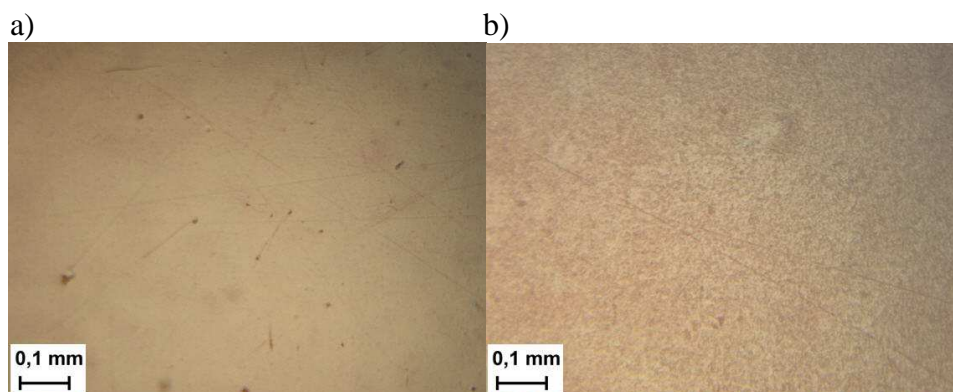
Rys. 4. Profilogram powłoki poliuretanowej – starzonej pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat

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



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

Badania mikroskopowe również udowodniły destrukcję powierzchni powłok poliuretanowych. Na rysunku 6 przedstawiono zdjęcia powierzchni powłok poliuretanowych (PUR) niestarzonych i poddanych starzeniu w ciągu 3 lat.



**Rys. 6.** Powierzchnia powłoki poliuretanowej: a) niestarzonej, b) starzonej pod wpływem czynników klimatycznych w ciągu 3 lat

## PODSUMOWANIE

W wyniku starzenia w ciągu 3 lat na stacji klimatycznej, grubość powłok poliuretanowych uległa zwiększeniu o prawie 2%, na skutek pęcznienia powłok pod wpływem wilgoci. Twardość powłok poliuretanowych (wg Buchholza) uległa zwiększeniu o ponad 10%, w następstwie dodatkowego utwardzenia powłok, w wyniku oddziaływania promieniowania ultrafioletowego.

Badania chropowatości powierzchni powłok dowiodły wysokiej stabilności parametru Ra, którego wartość wzrosła zaledwie o 4%. Natomiast oddziaływanie czynników klimatycznych spowodowało znaczną zmianę wartości parametrów: Rz, Rt oraz Rm, które dla powłok poliuretanowych zwiększyły się średnio o 52, 53 oraz 56%. Zmiany chropowatości przyczyniły się do utraty połysku starzonych powłok, obniżając ich własności dekoracyjne.

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.

Stwierdzono spadek połysku powłok poliuretanowych średnio o 98 i 80% dla kątów padania światła 20 i 60°. Natomiast połysk powłok poliuretanowych, dla kąta padania światła wynoszącego 85°, uległ zmniejszeniu o ponad 17%.

## DECORATIVE PROPERTIES EVALUATION OF POLYURETHANE COATINGS AGED IN NATURAL CLIMATIC FACTORS

### *Abstract*

*The paper presents influence of climatic factors on the surface state of polyurethane coatings. It was stated a degradation of the coating surfaces consisting in increase of surface roughness and gloss loss. The ageing changes in the structure of the coatings contributed also to hardness and thickness increase. Also microscopic examination confirmed destructive effect of climatic factors on the surface layers of polyurethane coatings.*

## BIBLIOGRAFIA

1. Asmatulu R., Hille C., Mahmud G.A., Misak H.E.: *Effects of UV degradation on surface hydrophobicity, crack, and thickness of MWCNT-based nanocomposite coatings*. Progress in Organic Coatings 2011, Vol. 72, p. 553÷561.
2. Hu J., Gao J., Li X., Zhao Q.: *Ageing behavior of acrylic polyurethane varnish coating in artificial weathering environments*. Progress in Organic Coatings 2009, Vol. 65, p. 504÷509.
3. 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.
4. Kotnarowska D.: *Influence of ultraviolet radiation and aggressive media on epoxy coating degradation*. Progress in Organic Coatings 1999, Vol. 37, p. 149÷159.
5. Kotnarowska D.: *Influence of ultraviolet radiation on erosive resistance of modified epoxy coatings*, Solid State Phenomena 2006, Vol. 113, p. 1045÷1052.
6. Kotnarowska D.: *Powłoki ochronne*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2010.
7. Kotnarowska D.: *Rodzaje procesów zużywania powłok polimerowych*. Monografia Nr 60, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2003.
8. Kotnarowska D.: *Wpływ czynników otoczenia na własności eksploatacyjne ochronnych powłok epoksydowych urządzeń technicznych*. Monografia Nr 40, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1999.
9. Kotnarowska D.: *Wpływ oddziaływania czynników otoczenia na chropowatość powierzchni powłoki epoksydowej*. Inżynieria Powierzchni 1999, Nr 3, s. 41÷45.
10. Kotnarowska D., Wojtyniak M.: *Influence of ageing on mechanical properties of epoxy coatings*. Solid State Phenomena 2009, Vols. 147÷149, p. 825÷830.
11. Yang X.F., Li J.: *Degradation of low gloss polyurethane aircraft coatings under UV and prohesion alternating exposures*. Polymer Degradation and Stability 2003, Vol. 80, p. 51÷58.
12. Yang X.F., Vang C.: *Weathering degradation of a polyurethane coating*. Polymer Degradation and Stability 2001, Vol. 74, p. 341÷351.
13. Zyska B.: *Problemy mikrobiologicznego rozkładu i mikrobiologicznej korozji materiałów*, Ochrona przed Korozją 1994, nr 4, s. 82÷86.

### *Autorzy:*

**prof. dr hab. inż. Danuta KOTNAROWSKA**– Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

**mgr inż. Michał PRZERWA**– Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu