



**NOWOCZESNE JEDNO-, DWU- I TRÓJPOWŁOKOWE SYSTEMY DO
DŁUGOLETNIJ OCHRONY PRZED KOROZJĄ KONSTRUKCJI STALOWYCH
MODERN ONE-, TWO- AND THREE-COAT SYSTEMS FOR LONG-TERM
PROTECTION OF STEEL STRUCTURES**

Autorzy:

Małgorzata Zubielewicz Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników,
Anna Ślusarczyk Oddział Farb i Tworzyw
Grażyna Kamińska-Bach ul. Chorzowska 50A, 44-100 Gliwice
email: mzubielewicz@impib.pl, a.slusarczyk@impib.pl,
g.kaminska-bach@impib.pl

Agnieszka Królikowska Instytut Badawczy Dróg i Mostów,
Leszek Komorowski ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa,
email: akrolikowska@ibdim.edu.pl, lkomorowski@ibdim.edu.pl

Słowa kluczowe: *korozja, ochrona przed korozją, systemy powłokowe, badania*

Keywords: *corrosion, corrosion protection, coating systems, testing*

Streszczenie

Omówiono wyniki badań właściwości antykorozyjnych systemów powłokowych jedno-, dwu- i trójpowłokowych zawierających farby epoksydowe, akrylowe, poliuretanowe, polimocznikowe, poliestrowe wzmocnione płatkami szklanymi i fluoropolimerowe. Badania laboratoryjne właściwości fizyko-mechanicznych (przyczepności, twardości, odporności na uderzenie) oraz ochronnych w warunkach stałych (w komorach: solnej, wilgotnościowej i UV) i zmiennych (połączone działanie kilku czynników: mgły solnej, UV, niskiej temperatury) wykazały, że systemy jedno- i dwupowłokowe mogą z powodzeniem zastąpić tradycyjne systemy trójpowłokowe i zapewnić długoletnią ochronę przed korozją konstrukcji stalowych.

Abstract

The test results of protective properties of anticorrosive one-, two- and three coat systems – containing epoxy, acrylic, polyurethane, glass flake reinforced polyester and fluoropolymer paints – are discussed. Laboratory tests – covered physio-mechanical properties (adhesion, hardness, impact resistance) and protective properties in constant (salt spray test, humidity test, UV radiation) and changing conditions (combined effect of salt spray, UV and low temperature) – showed that the one- and two-coat systems can be used to replace traditional three-coat systems and provide long-term protection of steel structures.

1. Wprowadzenie

Prezentowane wyniki badań stanowią część realizacji projektu wykonywanego w ramach Inicjatywy CORNET. Celem projektu było opracowanie kryteriów i wytycznych doboru systemów powłokowych do malowania konstrukcji stalowych w oparciu o wyniki badań na istniejących obiektach i badań przyspieszonych metodami znormalizowanymi i nowo opracowanymi. Projekt obejmował również badania wyrobów lakierowych nowej generacji, głównie w układach jedno- i dwupowłokowych. Wyniki wszystkich wykonanych w ramach realizacji projektu badań mają za zadanie stwierdzenie przydatności zastosowanych metod badawczych do oceny i przewidywania trwałości powłok w warunkach rzeczywistych, bez konieczności prowadzenia długotrwałych badań polowych, jak również wytypowanie optymalnych systemów powłokowych do długotrwałej ochrony przed korozją konstrukcji stalowych.

Na ubiegłorocznej konferencji zaprezentowano wyniki badań właściwości systemów powłokowych zastosowanych na wytypowanych obiektach mostowych. Badania wykonano zarówno w warunkach naturalnych, bezpośrednio na mostach narażonych na środowisko o kategorii korozyjności C4/C5I, jak i w warunkach laboratoryjnych. Na podstawie wykonanych badań można przyjąć, że wyniki uzyskane w warunkach laboratoryjnych, w wytypowanych testach, w dużym stopniu odpowiadają rzeczywistemu zachowaniu się powłok po kilkunastu latach eksploatacji w środowisku naturalnym o kategorii korozyjności C4–C5 [1].

2. Badane systemy powłokowe

Do badań wytypowano antykorozyjne jedno-, dwu- i trójpowłokowe systemy antykorozyjne, alternatywne w stosunku do stosowanych obecnie na obiektach mostowych w Polsce, zawierające farby akrylowe, poliuretanowe, polimocznikowe, poliestrowe wzmocnione płatkami szklanymi i fluoropolimerowe (tabela 1). Systemy powłokowe zostały wybrane przez partnerów projektu ze strony polskiej i niemieckiej. Podstawowe właściwości farb w wytypowanych systemach przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1: Systemy powłokowe do badań
Table 1: Coating systems selected for testing

System	Liczba powłok	Żywica/utwardzacz	Pigment antykorozyjny
D1	trzy	EP (wodna)/poliaminowy	fosforan Zn (10% mas.), tlenek Zn (0,5% mas.)
		EP (wodna)/poliaminowy	MIOX
		Akrylowa 1-skł. (wodna)	–
D2	dwie	EP/poliaminowy	fosforan Zn (10% mas.), tlenek Zn (5% mas.), MIOX (5% mas.)
		PUR (akrylowa)/polizocyjanian alifatyczny	–
D3	jedna	Polimocznikowa bezrozpuszczalnikowa/polizocyjanian aromatyczny	–
CM	dwie	EP/addukt poliaminowy	–
		Fluoropolimerowa/polizocyjanian	–
W	dwie	EP/poliaminowy	–
		PUR (akrylowa)/polizocyjanian alifatyczny HDI – diizocyjanian heksametylenu	–
BT	jedna	nienasycona żywica poliestrowa	płatki szklane

Tabela 2: Podstawowe właściwości farb
Table 2: Basic paint properties

System	Farba	Gęstość, g/cm ³	Zawartość części stałych	Czas schnięcia w temp. 20°C, h
D1	Wodna EP	1,35	67% mas.	3
	Wodna EP	1,4	67% mas.	3
	Wodna akrylowa	1,4	63% mas.	2
D2	EP	1,7	91% mas.	4
	PUR	1,45	70,5% mas.	2
D3	Polimocznikowa	1,1	100% mas.	3
CM	EP	-	73% obj.	9
	Fluoropolimerowa	-	32% obj.	10
W	EP	1,42	75%	12
	PUR	1,20	52%	12
BT	Poliestrowa z płatkami szklanymi	1,25	96% obj.	2

3. Metody badań laboratoryjnych

3.1 Fizyko-mechaniczne właściwości powłok

Przeprowadzono następujące badania fizyko-mechanicznych właściwości powłok:

- przyczepności metodą odrywu wg PN-EN ISO 4624 [2],
- przyczepności metodą nacięcia krzyżowego wg PN-EN ISO 16276-2 [3],
- odporności na uderzenie wg PN-EN ISO 6272-1 [4],
- twardości wg PN-EN ISO 1522 [5] (wahadło Persoza),
- tłoczności wg PN-EN ISO 1520 [6].

3.2. Odporność powłok na działanie czynników korozyjnych

Badania odporności systemów powłokowych na działanie czynników korozyjnych wykonano w komorze solnej wg PN-EN ISO 9227 [7], komorze wilgotnościowej wg PN-EN ISO 6270-2 [8] oraz w warunkach zmiennych wg ISO 20340 [9]. Badania w komorze solnej trwały 1440 h, a w komorze wilgotnościowej 720 h zgodnie z PN-EN 12944-6 [10] dla okresu trwałości powyżej 15 lat i kategorii korozyjności C5-I. Badania w komorach przedłużono o kolejne cykle, tak że łącznie w komorze solnej trwały oraz 3 x 1440 h (4320 h), a w wilgotnościowej -4 x 720 h (2880 h).

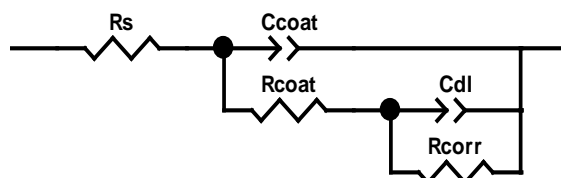
Jeden 168-godzinny cykl badań wg [9] obejmował: 72 h ekspozycji w komorze UV (4 h UV, 60°C, lampy UVA 340/4 h kondensacja, 50°C); 72 h ekspozycji w komorze solnej (mgła solna, 35°C); 24 h w warunkach niskich temperatur (-20°C). Cykl powtarza się 25 razy: łącznie 4200 h.

Powłoki po badaniach oceniano wizualnie pod kątem kredowania, pęcherzenia, łuszczenia, spękania i skorodowania wg PN-EN ISO 4628 [11].

Właściwości barierowe powłok oceniano metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (EIS), stosując badania wg PN-EN ISO 16773. Badania laboratoryjne prowadzono w układzie trój elektrodowym, gdzie elektrodą roboczą była badana próbka, przeciwelektrodą siatka platynowa, a elektrodą odniesienia elektroda kalomelowa.

W warunkach polowych badania prowadzono w układzie dwuelektrodowym, gdzie elektrodą roboczą była badana próbka, a przeciwelektrodą siatka.

Po zakończeniu każdego cyklu korozyjnego zebrano widma impedancyjne i dobrano obwody zastępcze do zarejestrowanych widm. Na rys 1. pokazano stosowany obwód zastępczy.



Rys. 1: Zastosowany obwód zastępczy
Fig. 1: Applied equivalent circuit

3.3. Odporność powłok na przyspieszone starzenie

Przyspieszone badania odporności na działanie warunków atmosferycznych (UV, wilgoć) przeprowadzono w komorze QUV, Q-Panel, wg PN-EN ISO 16474-3:2014-02 [12]. Zastosowano lampy UVB 313 i cykl: 4 h UV/60°C + 4 h kondensacji/40°C. Czas trwania ekspozycji: 1000 h. Warunki badania przyjęto z PN-EN 13523-10 [13].

Po 1000 h ekspozycji powłok w komorze UV oznaczono zmianę połysku i barwy oraz stopień skredowania. Połysk zmierzono połyskomierzem wielokątowym TRIGLOSS, prod. Byk, wg PN-EN 2813 [14], a barwę spektrofotometrem SP 62, X-Rite, o geometrii pomiarowej d/8, stosując metodę z uwzględnionym połyskiem (SPIN) i iluminant/obserwator/10° – wg PN-ISO 7724-2 [15]. Wyniki pomiarów barwy podano w systemie CIELAB (L*a*b*).

Skredowanie oceniono wg normy [11]. Ponadto wykonano badania powłok metodą spektrografii w podczerwieni, stosując spektrofotometr Nicolet iS 10, prod. Thermo Scientific.

4. Przygotowanie próbek do badań laboratoryjnych

Do badania właściwości mechanicznych (giętkości, odporności na uderzenie, twardości i tłoczności) oraz do badania odporności powłok na przyspieszone starzenie przygotowano powłoki nałożone na znormalizowane płytki stosowane do tego typu badań, o wymiarach 150 mm x 70 mm x 0,8 mm, niepoddane obróbce strumieniowo-ściernej.

Do badania odporności na działanie czynników korozyjnych przygotowano płytki o wymiarach 150 mm x 100 mm x 4 mm oraz próbki w kształcie T, z powłokami nałożonymi na podłoże przygotowane metodą obróbki strumieniowo-ściernej do stopnia Sa 2½ zgodnie z PN-EN ISO 8501-1.

5. Wyniki badań

5.1. Właściwości fizyko-mechaniczne

Systemy powłokowe wodny epoksydowo-akrylowy (D1) i epoksydowo-poliuretanowy (D2) charakteryzują się mniejszą przyczepnością – w zakresie 3–4 MPa – niż pozostałe cztery: polimocznikowy (D3), epoksydowo-fluoropolimerowy (CM), epoksydowo-poliuretanowy (W) i poliestrowy (BT), których przyczepność mieści się w zakresie 8–10 MPa (tabela 3).

Systemy zawierające farbę fluoropolimerową i poliestrową wykazują mniejszą odporność na uderzenie niż pozostałe. Twardość i tłoczność to właściwości powiązane ze sobą i ogólnie im większa twardość tym mniejsza tłoczność. Wyjątkiem może być system wodny D1, który charakteryzuje się dużą tłocznością (6,1) przy stosunkowo wysokiej twardości (85), porównywalnej z twardością systemu CM (83), którego tłoczność wynosi 0,8. Małą wartość tłoczności systemu CM można powiązać z mniejszą odpornością na uderzenie (60) (tabela 3).

Tabela 3: Właściwości fizyko-mechaniczne powłok
Table 3: Physico-mechanical properties of coatings

System	Średnia przyczepność		Odporność na uderzenie, cm spadku ciężarka	Twardość, s	Tłoczność, mm
	Met. odrywu, MPa	Met. nacięcia w kształcie X, stopień			
D1	3,1 D	0	100	85	6,1
D2	3,7 B	0	100	172	0,4
D3	8,0 A/B	0	100	powłoka miękka (elastomerowa)	13,5
CM	9,7 10% C/D + 90% \sqrt{Y}	0	60	83	0,8
W	9,2 B	0	100	46	3,9
BT	8,6 B	0	80	148	2,0

A – podłoże, B – grunt, C – międzywarstwa, D – nawierzchniowa, \sqrt{Y} – oderwanie kleju od powłoki

5.2. Odporność powłok na działanie czynników korozyjnych

Po 4320 h ekspozycji w komorze solnej oraz po 25 cyklach badań w zmiennych warunkach (UV/mgła solna/temp. -20°C) na wszystkich niezarysowanych powłokach (płytkach i kształtkach T) nie stwierdzono spęcherzenia ani skorodowania. Pęcherze i korozja pojawiła się tylko na płytkach z rysą, przy czym w warunkach stałego działania czynnika korozyjnego w stałej temperaturze (natrysk 5% roztworu NaCl, temp. 35 °C) uszkodzenia w rysie były mniejsze niż w zmiennych warunkach korozyjnych (tabela 4).

Na żadnej z próbek ekspozowanych w komorze wilgotnej przez 2880 h nie stwierdzono ani spęcherzenia powłok, ani skorodowania.

Tabela 4: Odporność zarysowanych powłok na działanie mgły solnej i zmiennych warunków
Table 4: Resistance of scratched coatings to salt spray and changing conditions

System	Spęcherzenie wokół rysy				Skorodowanie wokół rysy, mm			
	Mgła solna, h		Warunki zmienne		Mgła solna, h		Warunki zmienne	
	1440	3 x 1440 (4320)	8 cykli (1344)	25 cykli (4200 h)	1440	3 x 1440 (4320)	8 cykli (1344)	25 cykli (4200)
D1	bz	poj. S5	5(S3)	5(S5)	bz	do 3	do 4,2	do 7,3
D2	bz	poj. S4	4(S2)	5(S5)	bz	do 2	do 4,2	do 7,1
D3	bz	bz	bz	bz	bz	bz	bz	bz
CM	bz	bz	5(S4)	5(S5)	bz	do 3	do 5,4	do 7,6
W	bz	poj. S4–S5	5(S5)	5(S5)	bz	do 3	do 7,6	do 12
BT	bz	bz	bz	bz	bz	bz	bz	bz

Po narażeniu próbek na czynniki korozyjne przyczepność i odporność powłok na uderzenie nie uległa istotnym zmianom (tabela 5). W przypadku systemów powłokowych, w których nastąpiło zmniejszenie przyczepności i tak wartość siły odrywu pozostała większa niż 5 MPa (system W) lub równa 5 MPa (system D3), za wyjątkiem systemów D1 i D2, których wyjściowa przyczepność była poniżej tej wartości.

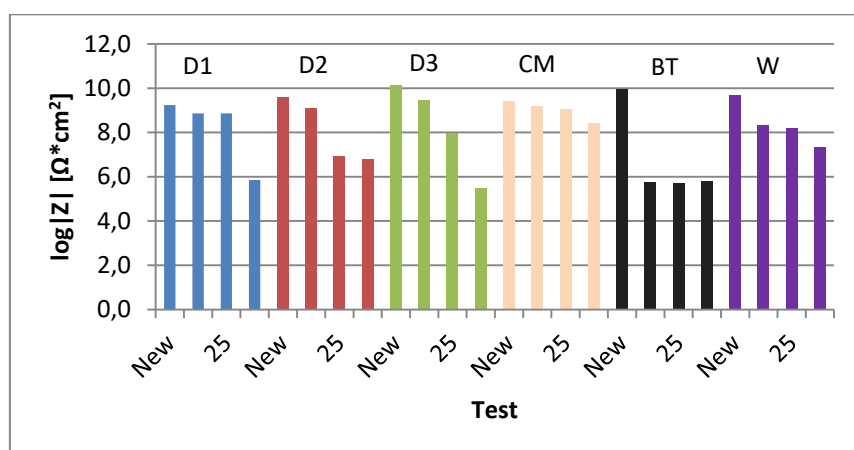
Tabela 5: Przyczepność i odporność na uderzenia po narażeniu na czynniki korozyjne
Table 5: Adhesion and impact resistance of coatings after exposure to corrosive environment

System	Średnia przyczepność, MPa			Odporność na uderzenie, cm spadku ciężarka		
	przed	po komorze solnej 1440/4320 h	po cyklach wg ISO 20340	przed	po komorze solnej 1440/4320 h	po cyklach wg ISO 20340
D1	3,1 D	3,3 D/2,7 D	2,7 D	100	100/100	100
D2	3,7 B	3,7 B/3,7 C/B	2,6 C	100	100/100	100
D3	8,0 B	5,0 A/B/ 4,0 _/Y	5,1 A/B	100	100/100	100
CM	9,7 10% C/D + 90% _/Y	11,3 90% C + 10% _/Y	12,2 C i D	60	60	100
W	9,2 B	9,2 B	13,3 B	100	80	20
BT	8,6 B	6,4 B	5,4 B	80	70	100

A – podłoże, B – grunt, C – międzywarstwa, D – nawierzchniowa, _/Y – oderwanie kleju od powłoki

5.3. Wyniki badań metodą spektroskopii impedancyjnej (EIS)

Na rys. 2 przedstawiono wartości logarytmu modułu impedancji $|Z|$ badanych systemów. Wyniki przedstawiono dla próbek przed ekspozycją (oznaczone na wykresie NEW), po 8 cyklach badań zgodnie z ISO 20340 (oznaczone na wykresie „8”), po 25 cyklach zgodnie z ISO 20340 (oznaczone na wykresie „25”) oraz po starzeniu w komorze solnej zgodnie z ISO 9227 po 4320 h (oznaczone na wykresie „3 x ISO 9227”). Oznakowanie poszczególnych systemów zamieszczono powyżej słupków na wykresie. Wartości poniżej $6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ świadczą o złej ochronie barierowej podłoża przez system malarski.



Rys. 2: Rezystancja powłok po starzeniu w cyklach zmiennych oraz komorze solnej
Fig 2: The resistance of the coatings after variables aging cycles and the salt spray chamber

Dla wszystkich badanych systemów najniższe wartości otrzymano przy długim narażeniu w komorze solnej. Dla większości systemów moduł IZI ma wartość poniżej 6, co świadczyłoby o złych wartościach barierowych. Porównując te wyniki z wynikami otrzymanymi dla systemów badanych na mostach [1] można stwierdzić, że badanie to źle odwzorowuje zachowania powłok w warunkach naturalnych. Lepszym odwzorowaniem są badania w warunkach zmiennych i krótsze badania w komorze solnej. Należy również rozważyć skrócenie badań w zmiennych narażeniach, na przykład do 8–12 cykli, co jest najbliższe rzeczywistemu zachowaniu się systemów na obiektach.

Najgorzej w badaniach wypadł system BT, który (co zauważono w badaniach SEM) uległ spękananiu (rys. 2). Nie odwzorowuje to jednak rzeczywistego zachowania tego systemu na obiektach, gdzie znane są 23-letnie pozytywne referencje w środowisku o kategorii korozyjności C5M. Prawdopodobnie badania w warunkach zmiennych wprowadzają do tak grubego systemu za wysokie naprężenia, które nie zawsze występują w realnych warunkach eksploatacji.

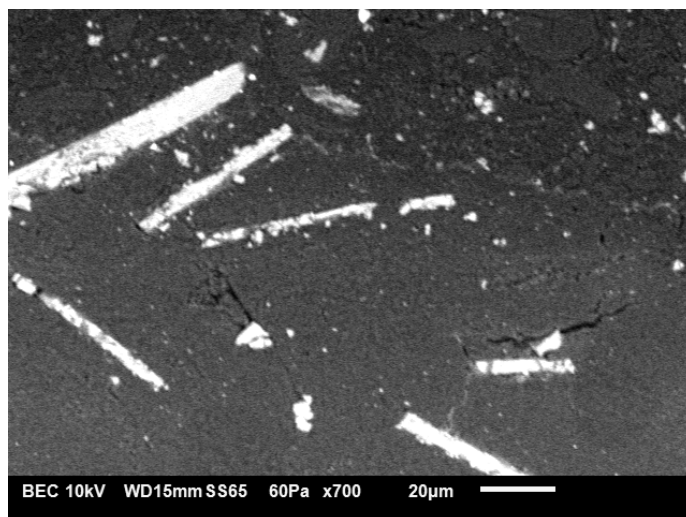
Interpretacja poszczególnych elementów zastosowanego do interpretacji obwodu zastępczego będzie przedmiotem osobnego referatu.

5.4 Wyniki badań metodą mikroskopii skaningowej z przystawką EDX

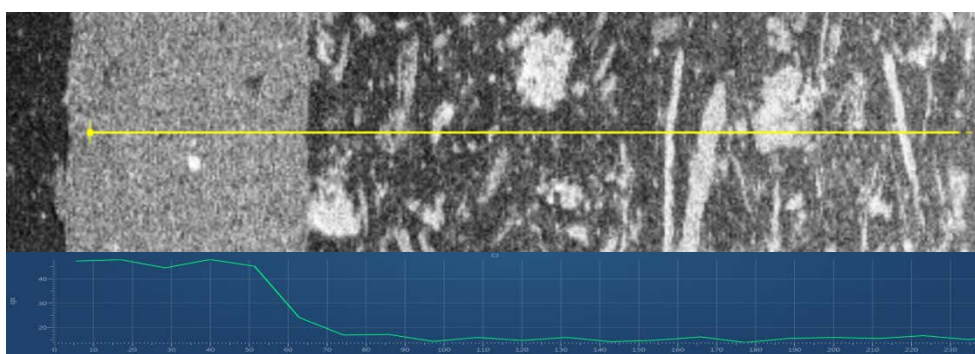
Badania wykonano na mikroskopie firmy JOEL 6010 LV. Badano przekroje systemów powłokowych oraz górne powierzchnie powłoki nawierzchniowej przed narażeniem na badania przyspieszone i po ich zakończeniu (25 cykli wg PN-EN ISO 20340 i 3 x 1440 h wg PN-EN ISO 9227). Wykonano również oznaczenie zawartości pierwiastków w powłokach.

Na większości systemów zaobserwowano prawidłowe naniesienie powłok; zmierzono dokładnie grubości poszczególnych warstw. Zniszczenia powłoki nawierzchniowej były minimalne i mieściły się w granicach błędów pomiarowych, czyli nie zaobserwowano znaczącego ubytku grubości powłok po narażeniach korozyjnych. Nie zaobserwowano również przenikania mediów agresywnych przez powłoki.

Wyjątkiem jest system BT, w przypadku którego zaobserwowano spękanie powłoki po 25 cyklach badań w warunkach zmiennych (rys. 3) oraz system CM, dla którego zaobserwowano penetrację jonów chlorkowych po tych samych narażeniach (rys. 4).



Rys. 3: Spękania powłoki BT po 25 cyklach wg PN-EN ISO 20340 (SEM)
Fig. 2: Cracking after 25 cycles acc. to PN-EN ISO 20340 (SEM)



Rys. 4: Zmiana zawartości chloru w powłoce CM po 25 cyklach wg PN-EN ISO 20340 (SEM/EDX)
Fig. 4: Change of the chloride content in the CM system after 25 cycles acc. to PN-EN ISO 20340 (SEM/EDX)

5.5. Odporność powłok na przyspieszone starzenie

Powłoki D2 i CM praktycznie nie zmieniły swojej barwy po 1000 h ekspozycji w komorze UV; ΔE poniżej 1 jest niedostrzegalna wizualnie (tabela 6, rys. 5). Największą zmianę barwy wykazała powłoka poliuretanowa w systemie W ($\Delta E = 5,18$), na której stwierdzono silne skredowanie. Różnica barwy pozostałych powłok nie przekracza wartości 5, co jest bardzo dobrym wynikiem w przypadku tak długiego narażenia na promieniowanie UV emitowane przez lampy UVB 313.

Największą utratę połysku wykazały powłoki polimocznikowa (D3) i poliestrowa (BT). Połysk pozostałych powłok nie uległ istotnej zmianie.

Dopuszczalne zmiany połysku i barwy przyjęte w normie PN-EN 10169 [16] są następujące (w zależności od kategorii odporności):

- barwa – 3 (kategoria R_{UV2}) lub 5 (kategoria R_{UV3}),
- połysk – 30% (kategoria R_{UV2}) lub 60% (kategoria R_{UV3}).

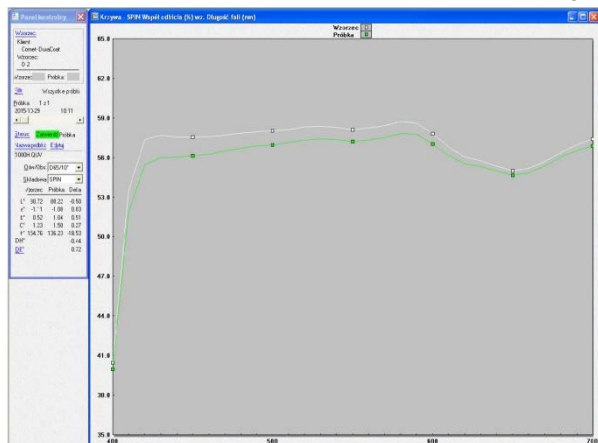
Tak więc zmiana połysku i barwy większości badanych powłok mieści się w podanych w normie zakresach.

Tabela 6: Właściwości powłok po 1000 h narażenia na UV
Table 6: Properties of coatings after 1000 h of exposure to UV

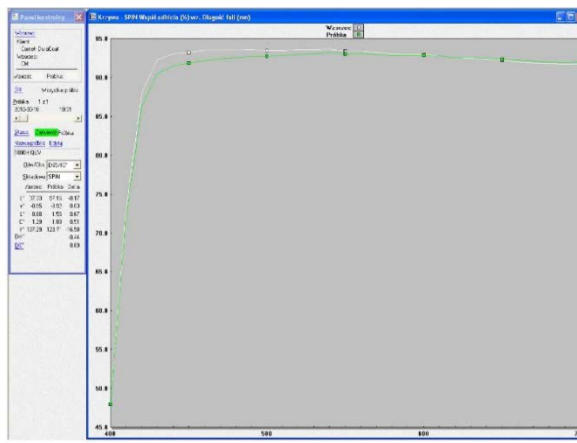
System	Połysk 60°, %			Zmiana barwy ΔE	Kredowanie, stopień
	wyjściowy	po ekspozycji	Zmiana połysku, %		
D1	16	7	-44	2,53	0
D2	39	29	-26	0,72	0
D3	75	3	-96	1,30	0
CM	76	67	-12	0,69	0
W	55	55	0	5,18*	4 (silne)
BT	9	0,7	-93	3,34	0

* po usunięciu warstwy skredowanej

a



b



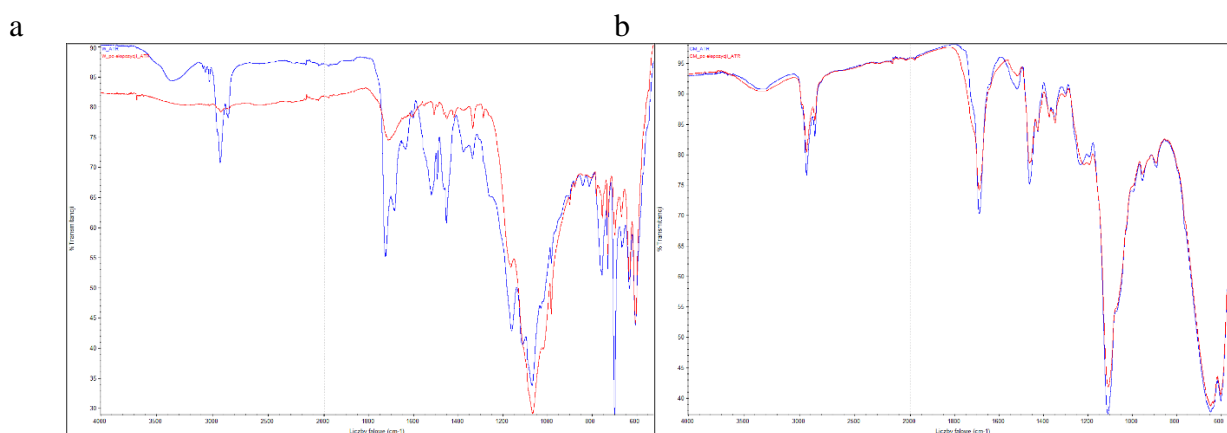
Rys. 5: Widma powłok o niedostrzegalnej zmianie barwy po ekspozycji w komorze UVB (linia biała – wzorzec, linia zielona – próbka):

a) powłoka poliuretanowa w systemie D2, b) powłoka fluoropolimerowa w systemie CM

Fig. 5: Spectra of coatings with indiscernible change in color (white line – standard, green line – sample): a) PU coating in D2 system, b) fluoropolymer coating in CM system

Spośród powłok nawierzchniowych w systemach nowej generacji jedynie powłoka poliuretanowa w systemie W uległa silnemu skredowaniu (tabela 6), co znalazło odbicie w widmie FTIR (rys. 6a). Następuje praktycznie całkowity zanik pasm NH- (ok. 3300), CH-, CH₂- (2930,

2860, 1452, 1336), C=O (1725, 1687, 1638), C–N, N–H uretanowego (1517) i C–O–C akrylowego (1161). W przypadku pozostałych powłok, na których nie stwierdzono kredowania, w widmie FTIR obecne są wszystkie pasma pochodzące od spoiwa niepoddanego narażeniu na UV, co pokazano na przykładzie powłoki fluoropolimerowej w systemie CM (rys. 6b).



**Rys. 6: Widma FTIR (linia niebieska – przed ekspozycją, linia czerwona – po ekspozycji):
a) powłoka poliuretanowa w systemie W, b) powłoka fluoropolimerowa w systemie CM**
**Fig. 6: FTIR spectra (blue line – before exposure, red line – after exposure):
a) PU coating in system W, b) fluoropolymer coating in CM system**

5. Podsumowanie

- Jako systemy „konkurencyjne” w stosunku do systemów EP/PU z różnymi aktywnymi i barierowymi pigmentami zbadano: trójpowłokowy wodorocieńczalny dwupowłokowy EP/PU z różnymi pigmentami antykorozyjnymi (jonowymiennymi i barierowymi) dwupowłokowy EP/fluoropolimerowy i jednopowłokowy poliestrowy z płatkami szklanymi.
- W warunkach laboratoryjnych (wg PN-EN ISO 9227 4320 h i ISO 20340 4200 h) uszkodzenia wystąpiły jedynie na powłokach zarysowanych, tak jak dla tradycyjnych systemów trójpowłokowych EP/PU.
- Większe spęcherzenie i korozja wokół rysy wystąpiły na powłokach narażonych, w podobnym czasie, na działanie zmiennych warunków korozyjnych niż stałych – działanie 5% roztworu NaCl w stałej temperaturze.
- Ogólnie można stwierdzić, że tradycyjne systemy trójpowłokowe można zastąpić dwu- i jednopowłokowymi z wybranych grup wyrobów lakierowych.
- Najlepsze właściwości antykorozyjne wykazała powłoka poliestrowa BT, co mogło być spowodowane z jednej strony obecnością płatków szklanych, a z drugiej – dużą grubością.

Podziękowania

Praca została wykonana w ramach realizacji projektu CORNET/4/17/2014 „Kryteria i wytyczne oceny i doboru antykorozyjnych systemów malarskich na konstrukcje stalowe/ Criteria and guidelines for evaluation and selection of paint anticorrosive systems for steel structures (DuraCoat)” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

LITERATURA

1. M. Zubielewicz, A. Ślusarczyk, G. Kamińska-Bach, A. Królikowska, L. Komorowski, Właściwości ochronne systemów powłokowych w naturalnych i laboratoryjnych warunkach korozyjnych, *Ochrona przed Korozją* 2016, 59 (9) : 319–324.
2. PN-EN ISO 4624 Farby i lakiery – Próba odrywania do oceny przyczepności.
3. PN-EN ISO 16276-2 Ochrona konstrukcji stalowych przed korozją za pomocą ochronnych systemów malarskich – Ocena i kryteria przyjęcia adhezji/kohezji (wytrzymałości na odrywanie) powłoki – Część 2: Badanie metodą siatki nacięć i metodą nacięcia w kształcie X.
4. PN-EN ISO 6272-1 Farby i lakiery – Badania nagłego odkształcenia (odporność na uderzenie) – Część 1: Badanie za pomocą spadającego ciężarka, wgłębnik o dużej powierzchni.
5. PN-EN ISO 1522 Farby i lakiery – Badanie metodą tłumienia wahadła.
6. PN-EN ISO 1520 Farby i lakiery – Badanie tłoczności.
7. PN-EN ISO 9227 Badania korozyjne w sztucznych atmosferach – Badania w rozpylonej solance.
8. PN-EN ISO 9227
9. ISO 20340 Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures.
10. PN-EN ISO 12944 Farby i lakiery Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich Laboratoryjne metody badań właściwości
11. PN-EN ISO 4628 Farby i lakiery – Ocena zniszczenia powłok – Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie.
12. PN-EN ISO 16474-3:2014-02 Farby i lakiery – Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła – Część 2: Lampy fluorescencyjne UV.
13. PN-EN 13523-10 Metale powlekane metodą ciągłą – Metody badań – Część 10: Odporność na promieniowanie fluorescencyjne UV i kondensację wody.
14. PN-EN 2813 Farby i lakiery – Oznaczanie wartości połysku pod kątem 20 stopni, 60 stopni i 85 stopni.
15. PN-ISO 7724-2 Farby i lakiery – Kolorymetria – Część 2: Pomiar barwy.
16. PN-EN 10169 Wyroby płaskie stalowe z powłoką organiczną naniesioną w sposób ciągły – Warunki techniczne dostawy.