

Anna ZALEWSKA, Joanna KOWALIK

e-mail:anna.zalewska@utp.edu.pl

Zakład Chemii Materiałów i Powłok Ochronnych, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Wpływ metody aplikacji i rodzaju podłoża na właściwości ochronne powłok z farb proszkowych

Wstęp

Powłoki z farb proszkowych odznaczają się doskonałymi właściwościami mechanicznymi i chemicznymi oraz zapewniają długotrwałą odporność podłoża na działanie różnych czynników atmosferycznych, mechanicznych oraz chemikaliów. Cechy te spowodowały, że w ciągu ostatniego dziesięciolecia nastąpił postęp w technologii otrzymywania i nakładania farb proszkowych. Duży wybór surowców, z których tworzy się farby proszkowe przyczynił się do uzyskania powłok o szerokim zakresie oczekiwanych i pożądanych na rynku właściwościach. Mogą być one niezwykle błyszczące lub mocno zmatowiałe, a także sprężyste lub twarde. Mogą mieć bardzo dobrą przyczepność do podłoża oraz wykazywać wysoką odporność na czynniki atmosfery przemysłowej, morskiej, tropikalnej oraz wytrzymałość na odkształcenia podłoża nawet w niskich temperaturach. Farby proszkowe dobrze pokrywają ostre krawędzie elementów metalowych, a także stanowią ich doskonałą izolację elektryczną [Plich-Pitera, 2012]. Oprócz znakomitych właściwości ochronnych i dekoracyjnych rosnący popyt na farby proszkowe spowodowany jest nie tylko niższymi kosztami aplikacji (w porównaniu do farb ciekłych i wodorozcieńczalnych), ale również małym zużyciem materiału proszkowego [Ondratschek, 2007]. Dodatkowo nadmiar farby powstały podczas nakładania można odzyskać i ponownie wykorzystać, co wpływa na wysoką wydajność technologii aplikacji powłok.

Farby proszkowe nie posiadają w swoim składzie szkodliwych dla środowiska rozpuszczalników. W rezultacie mogą one zastępować farby ciekłe bazujące na tego typu substancjach, przy czym jest to uwarunkowane obowiązującymi dyrektywami [13/1999/EC; 42/2004/EC] dotyczącymi ograniczenia emisji lotnych substancji organicznych VOC zawartych we wprowadzanych na rynek farbach i lakierach [Bazylak, 2008]. Obszar zastosowania farb proszkowych powiększa się wraz z obowiązywaniem każdej takiej regulacji prawnej. Szacuje się, że w 2020 roku zapotrzebowanie na farby proszkowe na świecie przekroczy 3 mld ton, powodując na rynku wzrost sprzedaży o 7,2% w ciągu 6 lat. Największy popyt na farby proszkowe zanotowano w przemyśle budowlanym, motoryzacyjnym oraz przy produkcji dóbr konsumpcyjnych, gdzie zużycie farb proszkowych w 2013 roku wyniosło 437 tys. ton. [Hławiczka i Wieczorek, 2008].

Celem pracy było:

- określenie wpływu rodzaju podłoża na właściwości ochronne powłok wykonanych z farb proszkowych: poliestrowej i poliestrowo-epoksydowej metodą napyłania elektrostatycznego;
- określenie wpływu zastosowanej metody aplikacji na właściwości ochronne wytworzonych powłok.

Badania doświadczalne

Materiały

W badaniach zastosowano płytki metalowe pochodzące z linii technologicznej firmy *Belma Accessories System*, na które naniesiono powłoki z dwóch rodzajów farb proszkowych:

- poliestrowej do zastosowań zewnętrznych – *CEWEPOL WB 88932*, kod 0261, kolor biały, firmy *CWS Powder Coatings GmbH*, o gęstości $1,57 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$, temperaturze zapłonu $450 \div 600^\circ\text{C}$, gęstości (20°C) $1,2 \div 1,8 \text{ g/cm}^3$ i warunkach wygrzewania 10 min 160°C [Karta charakterystyki *CEWEPOL*]
- poliestrowo-epoksydowej do zastosowań wewnętrznych (*WOERALIT*, kod 0051) to lakier proszkowy strukturalny W822T barwy ciemnoszarej, matowej, produkt firmy *Lack- Und Farbenfabrik GmbH & Co*, o gęstości $1,56 \pm 0,04 \text{ g/cm}^3$, grubości ziarna $< 32 \mu\text{m}$: 32%, warunki wygrzewania 10 min 160°C [Karta charakterystyki W822T].

Sposób przygotowania próbek do badań

Detale użyte do badań przygotowane zostały w *Belma Accessories*

Systems. Powłoki z zastosowanych farb naniesiono na sześć różnych typów podłoży. Były nimi: blacha ocynkowana ogniowo, blacha stalowa, blacha ocynkowana elektrolitycznie, stal nierdzewna, aluminium i alucynk (blacha pokryta stopem aluminium i cynku). Detale podczas procesu malowania proszkowego przeszły uprzednio przez pięciostrefową myjkę natryskową podzieloną na odtłuszczanie, fosforanowanie, płukanie wodą miejską I, płukanie wodą miejską II oraz płukanie w wodzie zdemineralizowanej z pasywacją cyrkonową. W celu odparowania pozostałości wody detale kierowane były do suszarki tunelowej, a następnie do kabiny nanoszenia farby proszkowej. W *Belma Accessories Systems* stosowana jest metoda elektrostatycznego ładowania farby proszkowej (korona). Po procesie aplikacji farby detale trafiły do pieca tunelowego, w którym w temperaturze $160 \div 200^\circ\text{C}$ nastąpiło formowanie powłoki. W kolejnym etapie detale skierowane zostały do tunelu schładzania [BasPol, 2016].

Metodyka badań powłok

Otrzymane powłoki lakierowe poddano badaniom fizykochemicznym i fizyko mechanicznym. Badano następujące właściwości: grubość metodą magnetyczną [PN-EN ISO 2360:2006], przy czym do podłoża ferromagnetycznych użyto elektronicznego miernika Testem DT-856, do podłoża nieferromagnetycznych ultrametr INCO B60; połysk powłok [PN-EN ISO 2813:2014-11]; twardość względną wahadłową błon na płytkach stalowych [PN-EN ISO 1522:2008]; przyczepność do podłoża stalowych [PN-EN ISO 2409:2013-06], wykonując siatkę nacięć za pomocą noża krążkowego *Petersa*; odporność na zarysowanie błon lakierowych [PN-EN ISO 1518:2000]; odporność powłok lakierowych na tłoczenie [PN-EN ISO 1520:2007]; odporność błon lakierowych na uderzenie za pomocą aparatu *Du Ponta* [PN-EN ISO 6272:2011]; odporność na działanie mgły solnej [PN-EN ISO 9227:2012], na każdej z prób wykonano nacięcia [ISO 17872:2008]. Badania mikroskopowe produktów korozji wykonano za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego *NIKON ECLIPSE E400 POL*.

Wyniki i dyskusja

W celu sprawdzenia wpływu rodzaju podłoża na właściwości ochronne uzyskanych powłok próbki poddano badaniom fizyko-mechanicznym. Stwierdzono, że sposób przygotowania podłoża znacząco wpłynął zarówno na grubość jak i jakość uzyskanych wymalowań. Na podstawie przeprowadzonego testu przyczepności powłoki lakierowej do podłoża stwierdzono, że wszystkie powłoki uzyskały stopień klasyfikacji 0, który zgodnie z normą cechuje wygląd siatki nacięć o gładkich krawędziach, pozbawionych odprysków. Wyniki uzyskane z poszczególnych metod badań fizyko mechanicznych zestawiono w tab. 1 i 2.

Tab.1. Wyniki badań fizyko mechanicznych powłok z farby proszkowej poliestrowej

Typ podłoża	Rodzaj badania					
	Grubość, [μm]	Połysk	Twardość względną	Zarysowanie, [g]		Uderzenie, [cm]
				Powierzch.	Podłoże	
ocynk ogniowy	134	56	0,8	350	900	5
ocynk elektrolityczny	99	46	0,7	400	900	10
stal zwykła	101	46	0,7	400	900	5
stal nierdzewna	45	49	0,7	450	900	10
aluminium	88	40	0,7	400	900	3
alucynk	139	54	0,7	300	900	5

Analizując grubość poszczególnych powłok można stwierdzić, że im bardziej rozwinięta jest powierzchnia podłoża, tym grubość powłoki jest większa. Największą grubość wykazały powłoki nałożone na ocynk

Tab.2. Wyniki badań fizykomechanicznych powłok z farby proszkowej poliestrowo-epoksydowej

Typ podłoża	Rodzaj badania					Uderzenie, [cm]
	Grubość [μm]	Połysk	Twardość względna	Zarysowanie, [g]		
				Powierzch.	Podłoże	
ocynk ogniowy	137	17	0,6	700	900	10
ocynk elektrolityczny	81	15	0,6	650	900	20
stal zwykła	125	19	0,7	600	900	5
stal nierdzewna	42	14	0,6	650	900	5
aluminium	118	20	0,7	600	900	3
alucynk	122	18	0,6	650	900	5

ogniowy, najmniejszą zaś powłoki na stali nierdzewnej. Powłoki uzyskane z farby 0261 odznaczały się wyższymi wartościami połysku, w porównaniu do powłok wytworzonych z farby 0051. Wartości połysku dla poszczególnych próbek tego samego rodzaju powłok były do siebie zbliżone. Twardość względna powłoki z farby poliestrowej była wyższa, w porównaniu z farbą poliestrowo-epoksydową. W przypadku farby 0261 najwyższą twardość uzyskano na podłożu ocynkowanym ogniowo a najniższą na stali z alucynkiem. W przypadku powłoki z farby 0051 najwyższą twardością odznaczała się powłoka na blasze stalowej, a najniższą, powłoka na stali z alucynkiem.

Badania odporności na odkształcenie wykazały, że w przypadku stali nierdzewnej tłoczność powłoki jest najlepsza. Znacznie lepszą odporność na odkształcenie uzyskały powłoki wytworzone z farby poliestrowo-epoksydowej, aniżeli z farby poliestrowej. Najmniej odporne okazały się powłoki na podłożu stalowym, ocynkowanym ogniowo i elektrolitycznie. Zauważono na nich liczne spękania w trakcie deformacji. Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 3.

W celu określenia właściwości antykorozyjnych, analizy nieciągłości, porów i uszkodzeń w powłoce przeprowadzono badania w rozpylonej solance. Przyspieszone badania korozyjne pozwoliły na ustalenie zależności między rodzajem podłoża i powłoki, a ich odpornością korozyjną na działanie obojętnej mgły solnej. Zauważono, że po 168 h ekspozycji w komorze solnej połysk badanych powłok nie uległ zmianie. Dalszych zmian połysku nie zaobserwowano również po 322 h i 700 h przebywania w komorze. Zmiany korozyjne pojawiły się jedynie w miejscach nacięć, na powłokach obu typów farb na blasze czarnej, po 168 godzinach ekspozycji. Po 322 h korozja zaczęła również obejmować brzegi płytek, nastąpiła niewielka infiltracja korozji po obu stronach nacięć. Po 700 h ekspozycji w komorze solnej zaobserwowano w badaniu mikroskopowym pojawienie się tzw. białej rdzy. Występowała ona w miejscach nacięć powłoki z farby poliestrowo-epoksydowej na blasze ocynkowanej ogniowo.

Tab. 3. Wyniki badań tłoczności powłok w zależności od rodzaju podłoża.

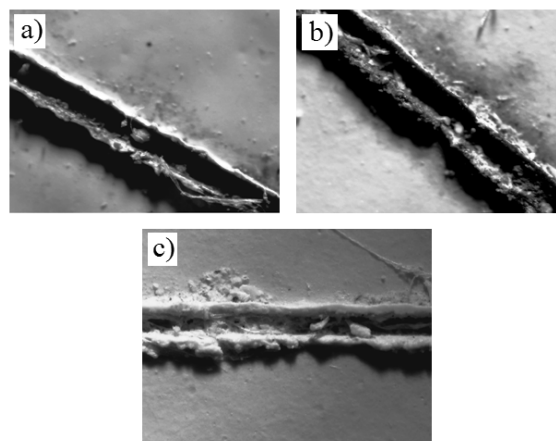
Rodzaj podłoża	Powłoka z farby poliestrowej		Powłoka z farby poliestrowo-epoksydowej	
	pęknięcie powłoki, [mm]	pęknięcie podłoża, [mm]	pęknięcie powłoki, [mm]	pęknięcie podłoża, [mm]
ocynk ogniowy	0,40	9,50	1,30	9,4
ocynk elektrolityczny	1,15	9,50	1,15	9,5
stal zwykła	0,20	9,50	1,79	9,5
stal nierdzewna	2,90	9,50	7,00	9,5
aluminium	1,25	7,00	3,05	6,8
alucynk	0,75	1,65	9,50	9,2

Po 700 h przebywania w komorze nie zauważono postępu korozji. Nie występowała ona na pozostałych płytkach. Produkty korozji w formie obrazów mikroskopowych przedstawiono na rys. 1. Należy zauważyć, że biała rdza, która utworzyła się w miejscach nacięć powłoki z farby poliestrowo-epoksydowej na podłożu ocynkowanym (Rys.1c), składała się głównie z tlenku cynku, wodorotlenku cynku oraz węglanu cynku.

Wnioski

Przedstawione wyniki wskazują, że rodzaj podłoża ma istotny wpływ na właściwości powłok.

W wyniku nałożenia farb proszkowych na bazie żywic: poliestrowej



Rys. 1 Obraz fragmentu powierzchni powłoki w miejscu nacięcia: a) powłoka z farby poliestrowej na blasze czarnej po 700 godzinach ekspozycji w komorze solnej, b) powłoka z farby poliestrowo-epoksydowej po 700 godzinach ekspozycji w komorze solnej, c) powłoka z farby poliestrowo-epoksydowej na blasze ocynkowanej ogniowo po 700 godzinach ekspozycji w komorze solnej

oraz poliestrowo-epoksydowej uzyskano powłoki o stosunkowo dobrych właściwościach fizykomechanicznych. Powłoki z farby poliestrowo-epoksydowej są trwalsze i lepiej chronią podłoże metalowe, niż powłoki z farby poliestrowej. Jest to uzależnione od warunków użytkowania wyrobu gotowego.

Można stwierdzić, że blacha czarna, na którą nałożona została farba proszkowa, nie jest odporna na działanie mgły solnej. W przypadku uszkodzenia powłoki, podłoże ulega korozji.

Najlepsze właściwości fizykomechaniczne uzyskała powłoka z farby poliestrowo-epoksydowej nałożona na stal nierdzewną. Okazała się ona najbardziej elastyczna, posiadała wysoką przyczepność do podłoża oraz odporność na zarysowanie powierzchni.

LITERATURA

- BasPol, (2016). *Technologia nanoszenia farb proszkowych* (04.2014) <http://www.bas.pol.pl/technologia/malowanie-proszkowe.html>
- Bazyłak T., (2008). Farby proszkowe w zabezpieczeniach antykorozyjnych *Ochr. przed korozją*, 51(6), 232
- Hławiczka S., Wieczorek W., (2008). Przemysł i rynek wyrobów lakierowych w Polsce. *Ochr. przed korozją*, 51(6), 223-227
- Karta charakterystyki: *Farba proszkowa poliestrowo-epoksydowa W822T* (04.2016) http://www.worwag.com.pl/indexpl.php?url=lakiery_proszkowe
- Karta charakterystyki: *Farba proszkowa poliestrowa PULVERLACK CE-WEPOL WB 88932* (04.2016): <http://www.pl.cws-powder.de/>
- Ondratschek D., (2007). Malowanie elementów wielkogabarytowych farbami proszkowymi *Besser lackieren*, 9(11), 8
- Plich-Pitera B., (2012). Poliuretanowe lakiery proszkowe modyfikowane związkami fluoru. *Polimery*, 57(11-12), 830-838. DOI: 10.14314/polimery.2012.830
- PN-EN ISO 1518:2000, *Farby i lakiery - Próba zarysowania*
- PN-EN ISO 1520:2007, *Farby i lakiery - Badanie tłoczności*
- PN-EN ISO 1522:2008, *Farby i lakiery - Badanie metodą tłumienia wahadła*
- PN-EN ISO 17872:2008 *Farby i lakiery - Wytyczne dotyczące wykonania nacięć przez powłoki na płytach metalowych do badań korozyjnych*
- PN-EN ISO 2360:2003, *Powłoki nieprzewodzące na podłożu niemagnetycznym przewodzącym elektrycznie - Pomiar grubości powłok-Metoda amplitudowa prądów wirowych*
- PN-EN ISO 2409:2013-06, *Farby i lakiery - Badanie metodą siatki nacięć*
- PN-EN ISO 2813:2014-11 *Farby i lakiery - Oznaczanie wartości połysku pod kątem 20 stopni, 60 stopni i 85 stopni*
- PN-EN ISO 6272-2:2011, *Farby i lakiery - Badania nagłego odkształcenia (odporność na uderzenie) – Część 2: Badanie za pomocą spadającego ciężarka, wgłębnik o małej powierzchni*
- PN-EN ISO 9227:2012 *Badania korozyjne w sztucznych atmosferach - Badania w rozpylonej solance*