

Ocena trwałości systemów powłok polimerowych zastosowanych do zabezpieczania żelbetowych chłodni kominowych

Dr inż. Teresa Możaryn, mgr Joanna Kokowska, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa

1. Podstawa wykonania badań

Ochronne powłoki polimerowe stosowane do zabezpieczania powierzchni obiektów żelbetowych przed szkodliwym oddziaływaniem środowiska uznaje się za trwałe dopóki spełniają swoją funkcję, przy normalnej konserwacji. Właściwie dobrana i wykonana powłoka skutecznie chroni betonową otulinę zbrojenia do czasu, aż ulegnie degradacji w takim stopniu, że poziom właściwości barierowych osiągnie wartości krytyczne. Po przekroczeniu takiego poziomu właściwości powłoka nie stanowi już wystarczającej bariery pomiędzy chronioną konstrukcją żelbetową a agresywnym środowiskiem. Proces degradacji konstrukcji zaczyna postępować coraz szybciej i rosną koszty jej utrzymania. Właściciele obiektów żelbetowych zainteresowani są ograniczeniem kosztów związanych z utrzymaniem obiektów. Od kilkunastu lat w wielu krajach prowadzone są prace nad włączeniem wymagań trwałości do aprobat technicznych. Z tego powodu powstaje potrzeba rozwoju metod badań, które mogą dostarczyć informacji o czasie użytkowania powłok ochronnych. Ten czas można oszacować stosując laboratoryjne procedury badań przyspieszonych

[1, 2]. Jednak najbardziej wartościowe dane dotyczące trwałości można uzyskać wykonując badania degradacji powłok w rzeczywistych warunkach użytkowania. Dodatkowo wyniki takich badań są właściwym odniesieniem przy ocenianiu badań przyspieszonych rodzajów powłok. Celem pracy wykonanej przez laboratorium Instytutu Techniki Budowlanej była ocena wpływu wieloletniej eksploatacji powłok w określonych agresywnych warunkach chłodni kominowych na właściwości użytkowe powłok zabezpieczających ich zewnętrzne i wewnętrzne powierzchnie. Przy opracowywaniu programu badań uwzględniono podstawowe zasady stosowane w procedurach przewidywania okresu użytkowania [1, 2].

2. Badania

2.1. Program badań

W latach 1991–2002 naprawiono w Polsce jedenaście chłodni kominowych i zabezpieczono je powierzchniowo przed agresywnym działaniem środowiska, z zastosowaniem tej samej technologii. Na obiektach zastosowano takie same zaprawy naprawcze i takie same systemy powłok do zabezpieczania powierzchni chłodni kominowych, których

znaczna część należy do jednej Elektrowni. Ochrona i naprawa tych obiektów została wykonana po starannej technicznej ocenie konstrukcji. Po zakończeniu prac naprawczych na wewnętrznych i zewnętrznych powierzchniach chłodni kominowych wykonano odpowiednie zabezpieczenia powłokowe. Zarówno ochrona, naprawa, jak i dalsze prace konserwacyjne były wykonywane przez tę samą firmę wykonawczą, zgodnie z obowiązującym w Elektrowni programem utrzymania obiektów wysokich. Chłodnie podlegały stałemu nadzorowi technicznemu, a wyniki obserwacji były rejestrowane. Każdego dnia dokonywano wizualnej oceny. Jeden raz w roku służby techniczne dokonywały przeglądu technicznego, a co pięć lat dokonywano szczegółowego przeglądu chłodni, z udziałem ekspertów zewnętrznych. W planie przewidziano naprawy uszkodzeń co 16 lat, ale w międzyczasie przewidziano również wykonywanie konserwacji powłok ochronnych. Wszystkie prace naprawcze i konserwacyjne wykonywała i dokumentowała firma specjalistyczna. Dokumentacja utrzymania chłodni jest przechowywana. Zgodnie z programem utrzymania, w 2008 roku Elektrownia zdecydowała się na przeprowadzenie

naprawy i ochrony trzech chłodni kominowych. Te obiekty zostały udostępnione do badań obejmujących:

- wizualną ocenę stanu żelbetowej konstrukcji chłodni (A, B, C),
 - wizualną ocenę powłok na wewnętrznych i zewnętrznych powierzchniach chłodni (A, B, C),
 - pobranie próbek odwiertów z powłokami z zewnętrznych i wewnętrznych powierzchni chłodni (A, B, C), do badań laboratoryjnych,
 - badania laboratoryjne wybranych właściwości użytkowych pobranych próbek i porównanie ich z wykonanymi w laboratorium i wysezonowanymi próbkami odniesienia z takich samych wyrobów jak na chłodniach.
- Program badań laboratoryjnych obejmował oznaczanie: przyczepności do betonu, przepuszczalności wody, grubości powłok pobranych z wewnętrznych powierzchni chłodni oraz próbek powłok odniesienia wykonanych w laboratorium. Próbkę powłok pobrane z zewnętrznych powierzchni chłodni kominowych i próbek powłok odniesienia badano w zakresie: przyczepności do betonu, przepuszczalności wody, przepuszczalności pary wodnej, przepuszczalności CO₂, grubości. Badania wykonywano metodami normowymi [3].

2.2. Badane powłoki

Na powierzchniach żelbetowych chłodni kominowych zostały zastosowane dwa systemy powłokowe:

- EPOKSYDOWY – zastosowany na powierzchniach wewnętrznych,
- SILOKSANOWO/METAKRYLOWY – zastosowany na powierzchniach zewnętrznych.

System EPOKSYDOWY składał się z dwóch wyrobów epoksydowych: bezbarwnej, wysoko penetrującej żywicy gruntującej i barwionej żywicy tiksotropizowanej, przeznaczonej do wykonywania warstw pośrednich i wierzchnich na wewnętrznych powierzchniach chłodni kominowych, wentylatorowych i konstrukcji obciążonych wodą i kondensatem. System SILOKSANOWO/META-

KRYLOWY również składał się z dwóch wyrobów: wyrobu siloksanowego przeznaczonego do hydrofobowej impregnacji podłoży betonowych i wyrobu opartego na żywicy metakrylowej, przeznaczonego do wykonywania wierzchnich warstw ochronno-dekoracyjnych użytkowanych w warunkach atmosferycznych.

Powłoki były stosowane na podłożach oczyszczonych metodą piaskowania.

Zabezpieczenia chłodni B wykonano w 1992 roku, chłodni A w 1993 roku, chłodni C w 1996 r. System EPOKSYDOWY stosowano w układzie: 1 warstwa gruntująca i 1 warstwa nawierzchniowa.

System SILOKSANOWO/METAKRYLOWY stosowano w układzie: 1 warstwa hydrofobizująca i 2 warstwy nawierzchniowe.

2.3. Warunki użytkowania powłok

Powłoka siloksanowo/metakrylowa zastosowana na zewnętrznych powierzchniach chłodni była stale narażona na działanie czynników atmosferycznych: promieniowania UV, zmiennych temperatur, opadów atmosferycznych, dymów i pyłów przemysłowych.

Powłoka epoksydowa zastosowana na wewnętrznych powierzchniach chłodni była narażona na działanie podwyższonej temperatury (40–45°C w dolnych rejonach, zwłaszcza w miejscu wpływu wody), powietrza nasyconego parą wodną, kondensującą na powierzchni pary wodnej i spływającej po powierzchni wody oraz działania czynników atmosferycznych (górne partie).

Warunki użytkowania konstrukcji żelbetowych chłodni kominowych sklasyfikowano zgodnie z normą PN-EN 206-1:2003 [4]:

- ze względu na agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania, bez środków odładzających i chlorków jako klasę XF₁ – umiarkowane nasycenie wodą dla powierzchni zewnętrznych i jako klasę XF₃ – silne nasycenie wodą

dla powierzchni wewnętrznych, z wyłączeniem rejonu w pobliżu korony i korony chłodni.

- ze względu na agresywne oddziaływanie CO₂ z powietrza jako klasę XC₄ cykliczne mokre i suche.

2.4. Wyniki badań

Ocena wizualna in situ polimerowych powłok ochronnych na powierzchniach chłodni kominowych wykazała ich niewielkie skredowanie. Nie stwierdzono spęcherzeń i złuszczeń powłok, ani odspojień od chronionych powierzchni betonowych.

Wyniki badań laboratoryjnych EPOKSYDOWEGO systemu powłokowego (tab. 1) wykazały jego dobre właściwości ochronne. Powłoka z tego systemu po 15 i 16 latach użytkowania jako szczelna powłoka ochronna wewnętrznych powierzchni chłodni kominowych zachowała dobrą przyczepność do betonu i niską przepuszczalność wody niewywierającej parcia. Uzyskane wyniki wykazały niższe wartości przesiąkliwości wody próbek powłok pobranych z chłodni w porównaniu z próbkami powłok odniesienia wykonanych w laboratorium. Jednak poziom wyznaczonych wartości przepuszczalności wody był wysoki i porównywalny w aspekcie klasyfikacji ochronnej. Wyniki badań powłoki z systemu SILOKSANOWO/METAKRYLOWEGO (tab. 2) wykonanej na zewnętrznych powierzchniach chłodni kominowych również potwierdziły jej skuteczność ochronną. Powłoki z tego systemu, po 12 i 16 latach eksploatacji w warunkach narażeń na czynniki atmosferyczne, zachowały dobrą przyczepność, wysoki opór dyfuzyjny dla CO₂ i niską przepuszczalność wody niewywierającej parcia. Różnice oporów dyfuzyjnych dla CO₂ próbek powłok z chłodni B i chłodni C w porównaniu z próbkami odniesienia, najprawdopodobniej wynikały ze znacznej różnicy ich grubości.

Wyniki badań próbek powłok ochronnych wykonanych na wew-

Tabela 1. Wyniki badań powłoki wykonanej z systemu epoksydowego

Wyniki badań (wartości średnie)	Próbki powłok z wewnętrznej powierzchni chłodni kominowej A (15 lat użytkowania)	Próbki powłok z wewnętrznej powierzchni chłodni kominowej B (16 lat użytkowania)	Próbki odniesienia wykonane w laboratorium
Przyczepność do betonu [MPa]	2,0	2,2	>2,0
	zerwanie kohezyjne w betonie		
Przepuszczalność wody [kg/m ² h ^{0,5}]	0,082	0,087	0,025
Grubość powłoki [μm]	150–250	150–250	100–250

Tabela 2. Wyniki badań powłoki wykonanej z systemu siloksanowo/metakrylowego

Wyniki badań (wartości średnie)	Próbki powłok z zewnętrznej powierzchni chłodni kominowej B (16 lat użytkowania)	Próbki powłok z zewnętrznej powierzchni chłodni kominowej C (12 lat użytkowania)	Próbki odniesienia wykonane w laboratorium
Przyczepność do betonu, [MPa]	2,4	2,3	1,9
	zerwanie kohezyjne w betonie		
Przepuszczalność wody [kg/m ² h ^{0,5}]	0,0038	0,0052	0,0138
Przepuszczalność pary wodnej [m]	7,3	4,7	4,9
Przepuszczalność dwutlenku węgla [m]	> 240	92	240
Grubość powłoki [μm]	300–400	200–300	200–250

Tabela 3. Porównanie wyników właściwości użytkowych badanych próbek systemów powłok z kryteriami przyjętymi w normie PN-EN 1504-2 [3]

Wyniki badań (wartości średnie)	Powłoka z systemu epoksydowego po 16 latach użytkowania	Powłoka z systemu siloksanowo/metakrylowego		Wymagania PN-EN 1504-2
		po 12 latach użytkowania	po 15 latach użytkowania	
Przyczepność do podłoża betonowego [MPa]	2,2 zerwanie kohezyjne w betonie	2,4 zerwanie kohezyjne w betonie	2,4 zerwanie kohezyjne w betonie	≥ 0,8
Przepuszczalność wody [kg/m ² h ^{0,5}]	< 0,082	0,0038	0,0052	< 0,1
Przepuszczalność pary wodnej [m]	–	7,3	4,7	< 5
Przepuszczalność dwutlenku węgla [m]	–	> 240	92	> 50

nętrznych i zewnętrznych powierzchniach chłodni kominowych użytkowanych w Elektrowni przez 12, 15 i 16 lat wykazały, że warunki ekspozycji środowiskowych nie spowodowały żadnych znaczących uszkodzeń ani pogorszenia właściwości użytkowych powłok. Pomimo wieloletniej ekspozycji w warunkach działania agresywnych środowisk, poziom wyznaczonych wartości właściwości użytkowych nadal spełniał wymagania normy PN-EN 1504-2 [2], jak pokazano w tabeli 3. W odniesieniu do wymagań normy, zarówno powłokę z systemu EPOKSYDOWEGO, jak i powłokę z systemu SILOKSANO-WO/METAKRYLOWEGO zakwalifikowano jako chroniące powierzchnie betonowe przed wnikaniem obecnych w środowisku substancji agresywnych.

3. Podsumowanie

Udostępnienie chłodni kominowych do wykonania badań in

situ i pobrania próbek do badań laboratoryjnych umożliwiło ocenę właściwości powłok zabezpieczających wewnętrzne i zewnętrzne powierzchnie chłodni kominowych, podczas kilkunastoletniej eksploatacji w rzeczywistych warunkach użytkowania. Porównanie wyników wartości właściwości użytkowych próbek powłok pobranych z chłodni kominowych z próbkami odniesienia wykonanymi w laboratorium i badanymi bezpośrednio po uzyskaniu sprawności technicznej wykazało, że ochrona powierzchniowa zastosowana na powierzchniach chłodni kominowych została dobrana właściwie do warunków użytkowania, prawidłowo wykonana i konserwowana. Powłoki ochronne posiadały wysoką odporność na czynniki agresywne występujące podczas szesnastoletniej eksploatacji i ich właściwości użytkowe nie uległy obniżeniu. Wymagania stawiane powłokom do ochrony przed wnikaniem zgodnie z normą PN-EN 1504-2:2006 nadal są przez nie spełniane.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 15686-1:2005 Budynki i budowle – Planowanie okresu użytkowania – Część 1: Zasady ogólne
- [2] PN-EN 15686-2:2005 Budynki i budowle – Planowanie okresu użytkowania – Część 2: Procedury związane z przewidywaniem okresu użytkowania
- [3] PN-EN 1504-2:2006 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności – Część 2: Systemy ochrony powierzchniowej betonu
- [4] PN-EN 206-1:2003 Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [5] PN-EN 1542:2000 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań – Pomiar przyczepności przez odrywanie
- [6] PN-EN 1062-3:2008 Farby i lakiery – Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton – Część 3: Oznaczanie przepuszczalności wody
- [7] PN EN ISO 7783-2:2001 Farby i lakiery – Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton – Część 2: Oznaczanie i klasyfikacja współczynnika przenikania pary wodnej (przepuszczalności)
- [8] PN-EN 1062-6:2003 Farby i lakiery – Wyroby lakierowe i systemy powłokowe stosowane na zewnątrz na mury i beton – Część 6: Oznaczanie przepuszczalności dwutlenku węgla