

# Zabezpieczenia antykorozyjne mostów stalowych

**Koszty zniszczeń korozyjnych sięgają w krajach rozwiniętych 7% PKB [1]. Powodują katastrofy, w tym ekologiczne, utrudnienia w życiu codziennym (przerwy w dostawie wody i elektryczności, objazdy na drogach itd.) oraz przyczyniają się do zeszpecenia krajobrazu, który nas otacza [2].**

## Wstęp

Prace antykorozyjne na obiektach mostowych nie przekraczają nigdy 3% kosztów inwestycji, a koszt samych farb stanowi 0,5%. Warto więc zwrócić uwagę na to, aby wykonane były jak najlepiej przyczyniając się do wysokiej trwałości obiektów. Dobrze zaprojektowane i wykonane zabezpieczenia antykorozyjne, przy właściwym, systematycznym utrzymaniu mogą mieć trwałość powyżej 50 lat. Aby zapewnić taką trwałość musi być ścisła współpraca pomiędzy projektantem konstrukcji i projektantem zabezpieczeń antykorozyjnych, inwestorem, wykonawcą i profesjonalnym inspektorem nadzoru robót mostowych i antykorozyjnych.



Fot. 1. Most w Puławach

## Projektowanie konstrukcji stalowych

Trwałe zabezpieczenia antykorozyjne mogą zostać wykonane jedynie na konstrukcjach stalowych, które zostały zaprojektowane z uwzględnieniem wymagań związanych z tymi pracami.

Norma PN-EN ISO 12944-3 [3] podaje wymagania dotyczące zaprojektowania konstrukcji pod kątem zabezpieczeń antykorozyjnych, pokazując równocześnie także przykłady rozwiązań prawidłowych i błędnych. W normie przedstawiono m.in. zalecane rozmiary otworów, dopuszczalne rozmiary szczelin, typowe wymagane odległości, gdy używa się narzędzi przy pracach antykorozyjnych.

Ważny jest również stopień przygotowania spoin, ostrych krawędzi i innych obszarów z wadami powierzchni według normy PN-EN ISO 8501-3:2008 [4]. Są to czasochłonne i kosztowne prace, które muszą zostać uwzględnione w specyfikacji robót antykorozyjnych.

W normie rozróżnia się trzy stopnie przygotowania powierzchni stali przed nakładaniem farb i podobnych produktów, a mianowicie:

- P1 - lekkie przygotowanie; minimalne wymagania przed czyszczeniem; zalecane dla konstrukcji eksploatowanych w środowisku o małej agresywności korozyjnej (C1 do C2) - niespotykane na obiektach mostowych
- P2 - dokładne przygotowanie; usunięcie większości wad powierzchni przed czyszczeniem; zalecane dla konstrukcji eksploatowanych w atmosferze o średnim narażeniu korozyjnym (C3 do C4) - występuje na obiektach poza głównymi ciągami komunikacyjnymi (drogi powiatowe i gminne, gdzie nie używa się substancji chemicznych do zimowego utrzymania dróg)
- P3 - bardzo dokładne przygotowanie; powierzchnia wolna od widocznych wad; zalecane dla konstrukcji eksploatowanych w atmosferze o dużym narażeniu korozyjnym (C5I do C5M) - większość obiektów mostowych.

Wzorce dotyczące przygotowania powierzchni dla każdego stopnia przedstawione są w odpowiednich tablicach zawartych w ww. normie [4].

W starych konstrukcjach kratowych jest wiele miejsc, których nie można dobrze zabezpieczyć. Przykład trudnego do zabezpieczenia węzła, nitów, szczelin i ostrych krawędzi pokazany jest na fot. 2.



Fot. 2. Trudna od zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcja mostu kratowego

W aktualnie projektowanych konstrukcjach również spotykamy się z rozwiązaniami, które są bardzo trudne do zabezpieczenia, bądź nawet dobrze zabezpieczone stanowią stałe miejsce zagrożeń korozyjnych, ze względu na możliwość gromadzenia się mediów korozyjnych (fot. 3 i fot. 4).



Fot. 3. Fragment kładki z wieloma miejscami trudno dostępnymi dla zabezpieczeń antykorozyjnych (fot. A. Kaleta)



Fot. 4. Niewłaściwe rozwiązanie konstrukcyjne pozwalające na gromadzenie się wody na moście kolejowym

Szczególnie ważne jest, aby dobrać odpowiednią technologię zabezpieczeń antykorozyjnych, licząc się z charakterem zaprojektowanych konstrukcji. Na kładce pokazanej na fot. 3 projektant przewidział system duplex z powłoką cynkową i powłoką malarską natryskiwanymi ciepłnie (tzw. metalizacja). Nie wziął jednak pod uwagę gabarytów pistoletu do natrykiwania tych powłok i konieczności wykonania natrysku prostopadle do powierzchni, co jest warunkiem koniecznym zapewnienia im dobrej przyczepności i właściwej grubości. W konsekwencji tego w wytwórni należało zamienić w tych miejscach technologię na

malowanie farbami wysokocynkowymi, co w tym wypadku spowodowało nieciągłość zabezpieczenia i opóźnienia związane ze zmianą technologii.

W Stanach Zjednoczonych wydatek pieniędzy państwowych na zabezpieczenia antykorozyjne jest uwarunkowany prawnie przez „Corrosion Prevention Act of 2006” (H.R.4913). Wymagana jest weryfikacja wszystkich projektów w tej dziedzinie przez specjalistę z dziedziny korozji i obecności certyfikowanego inspektora antykorozyjnego podczas wykonywania prac. U nas powinno być tak samo.

### **Nowoczesne systemy antykorozyjne**

Nowoczesność systemów antykorozyjnych oznacza ich wysoką trwałość oraz sprostanie wymaganiom ekologicznym i społecznym. Aby proces zabezpieczeń antykorozyjnych odpowiadał określeniu „nowoczesny” wymagane są:

- projekt uwzględniający ekologiczne technologie, materiały oraz plan robót, zapewniający uzyskanie wysokiej jakości i ograniczenie utrudnień społecznych
  - wyspecjalizowana firma wykonawcza
  - certyfikowany nadzór.

Elementy te pozwalają wykonać zabezpieczenia wysokiej jakości w krótkim czasie, bez zanieczyszczania środowiska.

Zastosowane materiały są tylko jednym z elementów nowoczesności całego procesu. Wymagane jest również zaplanowanie i systematyczne wykonywanie prac utrzymaniowych.

Monitorowanie zachowania się systemów przy pomocy badań nieniszczących (w tym techniki spektroskopii impedancyjnej) pozwoli na ocenę prawidłowości wyboru i aplikacji systemu oraz ekonomiczne zaplanowanie renowacji. Wnioski z obserwacji systemów w czasie eksploatacji są bardzo cenną wskazówką dla projektowania następnych zabezpieczeń.

### **Materiały stosowane w zabezpieczeniach antykorozyjnych**

W Europie najczęściej stosowanymi systemami na dużych konstrukcjach stalowych są systemy epoksydowo-poliuretanowe, a w Stanach Zjednoczonych czyste systemy poliuretanowe. Nowe systemy dążą do:

- a) zwiększenia trwałości systemu
- b) zmniejszenia liczby powłok
- c) skrócenia minimalnego czasu przemalowywania
- d) większej tolerancji na przygotowanie podłoża
- e) większej tolerancji na warunki zewnętrzne podczas aplikacji
- f) krótszego czasu do uzyskania pełnych właściwości systemu
- g) zmniejszenia ilości związków szkodliwych dla środowiska
- h) wyeliminowania składników lub reakcji ubocznych wpływających negatywnie na jakość powłok.

Należy jednak zdawać sobie sprawę, że uzyskanie cech wymienionych w punktach b÷h wiąże się najczęściej z mniejszą trwałością systemów. Bazując na własnych doświadczeniach w badaniach, nadzorach i ekspertyzach, najchętniej uwzględniam w projektach zabezpieczeń antykorozyjnych na nowych mostach systemy opisane poniżej.

### **Grunt etylokrzemianowy wysokocynkowy pokryty hybrydową, grubopowłokową farbą polisiloksanowo-epoksydową**

System o najwyższej trwałości antykorozyjnej i najdłuższym okresie utrzymania koloru i połysku. Odkąd powstała nowa generacja farb etylokrzemianowych wysokocynkowych, które są gotowe do przemalowania po 4 godzinach utwardzania się w wilgotności względnej 50-60%, wyeliminowany został problem długiego czasu oczekiwania do nanoszenia następnej warstwy. Nowe grunty etylokrzemianowe wysokocynkowe są również mniej wrażliwe na niewielkie przegrubienia i nie mają skłonności do suchego natrysku. Są to jedyne farby, które łączą się chemicznie z podłożem zapobiegając „podpływananiu” wilgoci w miejscach uszkodzeń. Bardzo duża przyczepność do podłoża pozwala na pozostawienie ich na powierzchni podczas renowacji.

Aplikuje się je tak jak wszystkie farby, nadają się więc do użycia na każdej, nawet najbardziej skomplikowanej konstrukcji.

Farba polisiloksanowa oparta jest na żywicy nieorganicznej tak, jak grunt etylokrzemianowy (jest hybrydą żywicy nieorganicznej i organicznej). Wiąże się z tym dużo wyższa odporność na zniszczenia związane z promieniowaniem słonecznym. Stąd pochodzi trwałość jej połysku i koloru. Domalowania wykonane nawet z roczną przerwą nie różnią się kolorem i połyskiem od pozostałych powłok na konstrukcji. Stanowi to duże ułatwienie przy wykonywaniu poprawek i zabezpieczaniu spoin na placu budowy. Jest to jeden z niewielu systemów dwupowłokowych, które poleca się na duże konstrukcje stalowe. Bardziej tradycyjną wersją tego systemu jest system trójpowłokowy z gruntem etylokrzemianowym wysokocynkowym, międzywarstwą epoksydową i poliuretanową powłoką nawierzchniową. Jest to system tańszy, ale czas do renowacji powłoki nawierzchniowej jest dużo krótszy. Powłoka ulega szybszej degradacji pod wpływem promieni słonecznych. Konieczność nanoszenia trzech, a nie dwóch powłok zwiększa pracochłonność prowadzonych prac.

### **Tradycyjne systemy epoksydowo-poliuretanowe trójpowłokowe**

Jako grunt można stosować grunt epoksydowy wysokocynkowy (zawartość cynku w suchej powłoce powyżej 70%) lub mastykę epoksydową z aluminium, która zwiększa bezpieczeństwo przy niedokładnościach w przygotowaniu powierzchni. Można też stosować wszystkie inne typy epoksydów wysokiej jakości. Należy pamiętać, że pod nazwą „farba epoksydowa” kryje się kilkadziesiąt farb o bardzo dużych różnicach we właściwościach i jakości. Podstawowym kryterium jakości systemów malarskich jest ich odporność w badaniach przyspieszonych. Wykonuje się je zgodnie z normą PN-EN ISO 12944-6 [5] lub zgodnie z normą Norsok 501, która jest równoważna opracowanej później normie ISO 20340 [6]. Jako powłokę międzywarstwową można stosować powłokę epoksydową z wysoką zawartością wypełniacza płatkowego (np. tlenku żelaza lub płatków szklanych) lub następną warstwę mastyki epoksydowej z aluminium. Mogą to być również inne farby epoksydowe wysokiej jakości. Do wykonania cienkowarstwowych powłok nawierzchniowych można zastosować farbę akrylowo-polisiloksanową, która zapewnia stabilny kolor i połysk lub tradycyjnie farbę poliuretanową. Te ostatnie też różnią się trwałością (i ceną), należy więc je wybierać w zależności od wymagań estetycznych.

### **Systemy metalizacyjno-malarskie**

Są to systemy najczęściej projektowane do zabezpieczeń konstrukcji mostowych, jednak nie nadają się do zastosowania na wszystkie typy konstrukcji. Gęste uźebrowanie, małe skalopsy, czy inne przestrzenie trudno dostępne wykluczają ich prawidłowe nałożenie. Zastosowanie ich w przestrzeniach zamkniętych (skrzynki) grozi samozapaleniem pyłów cynkowych lub aluminiowych, a rzadkie rozmieszczenie otworów przez które przechodzi podczas prac antykorozyjnych wiele przewodów technologicznych zwiększa jeszcze zagrożenie dla życia pracujących ludzi. Dotyczy to również wykonywania zabezpieczenia spoin wewnątrz skrzynek nawet, gdy pozostałe powłoki zostały nałożone w wytwórni. Powłoki te są bardzo wymagające, zarówno w odniesieniu do przygotowania podłoża (wymagany stopień Sa 3, wyjątkowo Sa 2 ½, odpowiedni profil i chropowatość powierzchni, szlifowanie krawędzi ciętych na gorąco) jak i procesu aplikacji. Muszą one zostać nałożone natychmiast po oczyszczeniu powierzchni, a uszczelnione w ciągu 4-8 godzin. Dla dużego dźwigara mostowego jest to duże wyzwanie, szczególnie jeśli weźmiemy pod uwagę konieczność sprawdzenia i uzupełnienia grubości oraz usunięcia suchego natrysku. Spotyka się również wiele wad powłok metalizacyjnych związanych z nadmierną chropowatością powłoki cynkowej, niemożliwymi do sprawdzenia na bieżąco efektami uszczelnienia, widocznymi śladami prowadzenia pistoletu itd. (fot. 5, 6, 7).



Fot. 5. Nierówna powłoka metalizacyjna



Fot. 6. Powłoki malarskie na bardzo nierównej powłoce metalizacyjnej

Systemy z powłoką metalową (cynkową, aluminiową i cynkowo-aluminiową) są bardzo dobrym zabezpieczeniem o wysokiej trwałości na konstrukcjach blachownicowych z dobrym dostępem do powierzchni. Wymagają one wyszkolonych metalizatorów do ich właściwej aplikacji. Nowe produkty są droższe od dotychczas stosowanych. Stosując jednak rachunek opierający się „na czasie życia” systemu okazują się być opłacalne i znajdują zastosowanie na wielu konstrukcjach. Ocena kosztów bazująca na trwałości systemu jest elementem nowoczesności systemów antykorozyjnych.



Fot. 7. Delaminacja powłoki metalizacyjnej na żle przygotowanej krawędzi ciętej na gorąco

### **Niezbędne dokumenty**

Do prawidłowego przebiegu procesu zabezpieczeń antykorozyjnych ważne są następujące dokumenty:

- Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ)
- Szczegółowa Specyfikacja Techniczna (SST)
- Dokumentacja powierzchni referencyjnych
- Techniczne warunki gwarancji.

Od wielu lat panuje przekonanie, że branie pod uwagę w przetargach najniższej oferowanej ceny jako głównego parametru prowadzi do złej jakości prac. Nie musi tak być, jeżeli inwestor prawidłowo określi w Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) swoje wymagania. Dla prac antykorozyjnych poza szczegółowymi wymaganiami dotyczącymi technicznych właściwości materiałów, technologii przygotowania powierzchni i technologii aplikacji, należy zamieścić wymagania dotyczące pory roku, kiedy mają one zostać wykonane. Konieczne jest zastosowanie osłon i systemu nagrzewczo-wentylacyjnego, jeśli prace miałyby być prowadzone w trudnych warunkach atmosferycznych. Należy również określić wymagania dotyczące doświadczenia wykonawcy i inspektora nadzoru w pracach antykorozyjnych (lata doświadczenia, zaliczone kursy). Jeśli mamy do czynienia z pracami remontowymi to konieczne jest wykonanie szczegółowej ekspertyzy stanu istniejącego zabezpieczenia przed rozpoczęciem prac projektowych.

Szczegółowa Specyfikacja Techniczna poza szczegółowymi wymaganiami dotyczącymi systemów antykorozyjnych, technologii przygotowania powierzchni i aplikacji materiałów, powinna uwzględnić kryteria odbiorowe i metody pomiaru parametrów przygotowania powierzchni i wykonanych powłok. W specyfikacji powinny również znaleźć się wymagania określające liczbę, miejsca i czas wykonania pól referencyjnych.

Pierwsze pole referencyjne powinno zostać wykonane na początku prac, aby sprawdzić, czy z zaproponowanymi materiałami i technologiami można otrzymać wymagane efekty.

Ostatni dokument, który należy omówić, to techniczne warunki gwarancji. Umowa gwarancyjna powinna zostać podpisana przed rozpoczęciem prac, kiedy są jeszcze możliwe negocjacje. Nie wystarczy dostać gwarancje na 3, 5 czy 10 lat. Ważne jest jednoznaczne określenie w jakim stanie mają być zabezpieczenia antykorozyjne po tym okresie czasu. Należy określić jaką muszą mieć przyczepność (np. wg normy PN-EN

ISO 16276-1 i/lub 2 [7] wraz z wyspecyfikowaniem przyrządu pomiarowego), zniszczenia (stopień skorodowania, spęcherzenia, złuszczenia, spękania, skredowania wg normy PN-EN ISO 4628-3:2005 [8]) oraz wymagania dotyczące zmiany połysku i koloru (wg PN-EN ISO 2813 [9] i wzornika RAL).

## **Podsumowanie**

Zabezpieczenia antykorozyjne są nowoczesną i trudną dziedziną wiedzy technicznej, która wymaga specjalistów do jej stosowania.

W procesach zabezpieczeń antykorozyjnych w Polsce, pomimo znaczącego rozwoju w ostatnich latach, występuje wciąż wiele niedoskonałości. Duża część z nich wynika z braku umocowania tych zabezpieczeń w Prawie Budowlanym. Wynika z tego brak zaangażowania specjalistów antykorozyjnych w projektowanie i nadzór nad wykonywaniem tych prac. Stąd pochodzą błędy w wyborze systemów, brak zwrócenia uwagi na różne ważne elementy technologii wykonania, rozplanowania robót, standardów wymagań, właściwego utrzymania powłok itd. Efektem jest skrócona trwałość i niewłaściwie ocenione koszty.

Brak jest też uwzględnienia nowych materiałów i technologii w aktualnie prowadzonych zabezpieczeniach.

Nowości „przebijają się” na nasz rynek dużo dłużej niż w innych rozwiniętych krajach. Związane jest to również ze słabą współpracą jednostek badawczych ze środowiskiem inwestorów i projektantów.

Mimo to w ciągu ostatnich lat udało się osiągnąć pewien postęp – w dziedzinie mostów stalowych GDDKiA wydała „Zalecenia do wykonywania i odbioru antykorozyjnych zabezpieczeń konstrukcji stalowych drogowych obiektów mostowych” [10] określające wymagania w tej dziedzinie. Rozpoczęto szkolenia certyfikowanych inspektorów antykorozyjnych, od lat prowadzone są szkolenia metalizatorów, rozpoczynają się kursy certyfikacyjne dla malarzy. Również miasta zainteresowały się uporządkowaniem spraw korozyjnych i zlecają opracowanie wymagań dostosowanych do potrzeb infrastruktury miejskiej.

Koszt zabezpieczeń antykorozyjnych nie powinien być oceniany jedynie na podstawie poniesionych nakładów. Trzeba uwzględnić koszt przypadający na każdy przewidywany rok bezremontowego użytkowania. Zapewni to wówczas najniższe koszty społeczne i środowiskowe, przy zachowaniu najwyższej trwałości.

**dr inż. Agnieszka Królikowska**  
**Instytut Badawczy Dróg i Mostów**

## **Literatura**

1. „Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United State” Raport Federalnej Administracji Autostrad 2001
2. WCO (Światowa Organizacja Korozyjna) „Global Needs for Knowledge, Dissemination, Research, and Development in Materials Deterioration and Corrosion Control” (maj 2009)
3. PN-EN ISO 12944-3: Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich – Część 3: Zasady projektowania
4. PN-EN ISO 8501-3:2008: Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów – Wzrokowa ocena czystości powierzchni – Część 3: Stopnie przygotowania spoin, krawędzi i innych obszarów z wadami powierzchni
5. PN-EN ISO 12944-6: Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich – Część 6: Laboratoryjne metody badań właściwości
6. ISO 20340: Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures (Farby i lakiery – Wymagania dla systemów ochronnych konstrukcji nadbrzeżnych i podobnych)
7. PN-EN ISO 16276-1,2: Ochrona konstrukcji stalowych przed korozją za pomocą ochronnych systemów malarskich  
– Ocena i kryteria przyjęcia adhezji/kohezji (wytrzymałości na odrywanie) powłoki – Część 1: Badanie metodą odrywania; Część 2: Badanie metodą siatki nacięć i metodą nacięcia w kształcie litery X
8. PN-EN ISO 4628-3:2005: Farby i lakiery – Ocena zniszczenia powłok



9. PN-EN ISO 2813: Farby i lakiery – Oznaczanie połysku zwierciadlanego niemetalicznych powłok lakierowych pod kątem 20o, 60o i 85o

10. Królikowska A., *Zalecenia do wykonywania i odbioru antykorozyjnych zabezpieczeń konstrukcji stalowych drogowych obiektów mostowych – nowelizacja w 2006 r.* Zarządzenie nr 15 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 8 marca 2006 roku