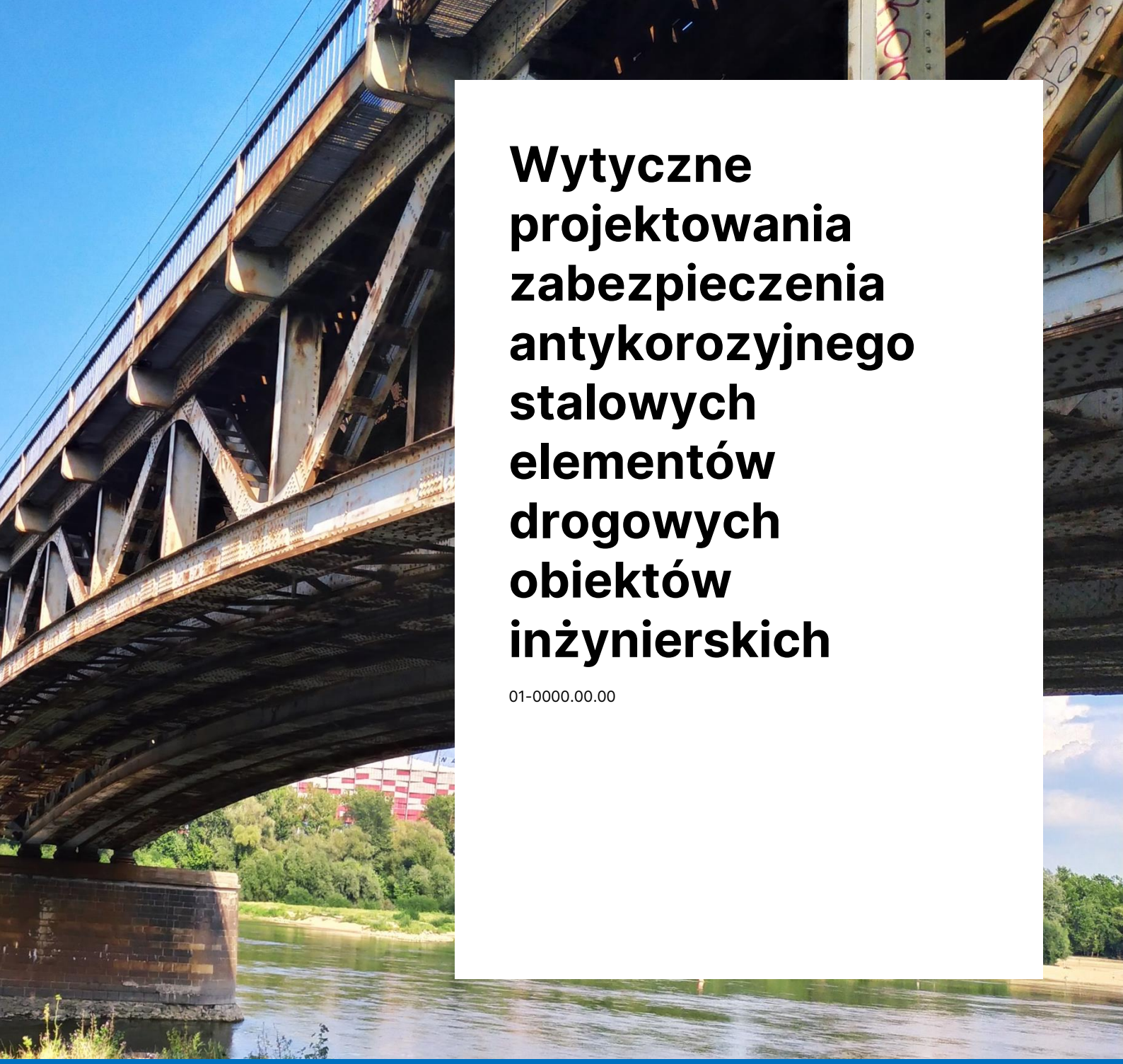


# Wytyczne projektowania zabezpieczenia antykorozyjnego stalowych elementów drogowych obiektów inżynierskich

01-0000.00.00

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu

WR-M-31

**WR-M-31**
**Wytyczne projektowania zabezpieczenia antykorozyjnego stalowych elementów drogowych obiektów inżynierskich**

Wersja: **01**
Obowiązuje od: **0000.00.00**
Rekomendował:

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:
1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Opracował Zespół w składzie:
Janusz Rymsza – Koordynator, Leszek Komorowski, Agnieszka Królikowska

Jednostka odpowiedzialna:
Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury
Zdjęcie na okładce © IBDiM

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.1 Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020

# Spis treści

**1. Przedmiot i zakres stosowania**

**2. Wykaz opracowań powołanych**
2.1. Akty prawne
2.2. Normy
2.3. Pozostałe opracowania

**3. Definicje i objaśnienia skrótów**
3.1. Definicje
3.2. Skróty

**4. Rodzaje i zasady ochrony antykorozyjnej**

**5. Ochrona konstrukcyjna**

**6. Ochrona materiałowo-strukturalna**

**7. Ochrona powierzchniowa**

**8. Powierzchnie referencyjne**

**9. Techniczne warunki gwarancji**

**10. Wymagania dotyczące utrzymania**

**Załącznik nr 1. Wymagania dotyczące powłok cynkowych zanurzeniowych, przedstawiane ocynkowni według normy [9]**

**Załącznik nr 2. Badania przyspieszone w celu uzyskania KOT w odniesieniu do zabezpieczeń antykorozyjnych w środowisku C4 i C5**

**Załącznik nr 3. Wady niedopuszczalne i klasy staranności powłok antykorozyjnych**

# 1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Przedmiot wytycznych stanowią zasady projektowania, realizacji i utrzymania zabezpieczenia antykorozyjnego elementów stalowych drogowych obiektów inżynierskich.

(2) Zakres wytycznych obejmuje podstawowe wymagania dotyczące projektowania oraz oceny stanu technicznego zabezpieczeń antykorozyjnych.

# 2. Wykaz opracowań powołanych

## 2.1. Akty prawne


[1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2003 r. poz. 1650, z późn. zm.).

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. poz. 401).

[3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14 stycznia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy czyszczeniu powierzchni, malowaniu natryskowym i natryskiwaniu cieplnym (Dz. U. poz. 156, z późn. zm.).

[4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz. U. poz. 931).

[5] Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz. U. poz. 1596, z późn. zm.).

[6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. poz. 1966, z późn. zm.).

[7] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. z 2020 r. poz. 215, z późn. zm.).


## 2.2. Normy


[8] PN-EN ISO 12944-2:2018-02 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 2: Klasyfikacja środowisk.

[9] PN-EN ISO 1461:2011 Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową. Wymagania i metody badań.

[10] PN-EN ISO 14713-2:2010 Powłoki cynkowe. Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji ze stopów żelaza. Część 2: Cynkowanie zanurzeniowe.

[11] PN-EN ISO 8504-3:2019-01 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Metody przygotowania powierzchni. Część 3: Czyszczenie narzędziem ręcznym i narzędziem z napędem mechanicznym.

[12] PN-EN ISO 8504-2:2002 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Metody przygotowania powierzchni. Część 2: Obróbka strumieniowo-ścierna.

[13] PN-EN ISO 12944-3:2018-02 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 3: Zasady projektowania.

[14] PN-EN ISO 4628-2:2016-03 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 2: Ocena stopnia spęcherzenia.

[15] PN-EN ISO 4628-3:2016-03 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 3: Ocena stopnia zardzewienia.

[16] PN-EN ISO 4628-4:2016-03 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 4: Ocena stopnia spękania.

[17] PN-EN ISO 4628-5:2016-03 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 5: Ocena stopnia złuszczenia.

[18] PN-EN ISO 4628-6:2012 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie intensywności, ilości i rozmiaru podstawowych rodzajów uszkodzenia. Ocena stopnia skredowania metodą taśmy.

[19] PN-EN ISO 16276-1:2008 Ochrona konstrukcji stalowych przed korozją za pomocą ochronnych systemów malarskich. Ocena i kryteria przyjęcia adhezji/kohezji (wytrzymałości na odrywanie) powłoki. Część 2: Badanie metodą odrywową.

[20] PN-EN ISO 16276-2:2008 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.

[21] PN-ISO 7724-3:2003 Farby i lakiery. Kolorymetria. Część 3: Obliczanie różnic barwy.

[22] PN-EN ISO 2813:2014-11 Farby i lakiery. Oznaczanie wartości połysku pod kątem 20 stopni, 60 stopni i 85 stopni.

[23] PN-EN ISO 6520-1:2009 Spawanie i procesy pokrewne. Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Część 1: Spawanie.

[24] PN-EN ISO 15520:2009 Natryskiwanie cieplne. Zalecenia dotyczące zasad konstruowania części przeznaczonych do natryskiwania cieplnego.

[25] 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.

[26] PN-EN ISO 12944-1:2018-01 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 1: Ogólne wprowadzenie.

[27] PN-EN ISO 8501-1:2008 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Wzrokowa ocena czystości powierzchni. Część 1: Stopnie skorodowania i stopnie przygotowania niepokrytych podłoży stalowych oraz podłoży stalowych po całkowitym usunięciu wcześniej nałożonych powłok.

[28] PN-EN ISO 8501-4:2008 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Wzrokowa ocena czystości powierzchni. Część 4: Stany wyjściowe powierzchni, stopnie przygotowania i stopnie rdzy nalotowej związane z czyszczeniem strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem.

[29] PN-EN ISO 2808:2020-01 Farby i lakiery. Oznaczanie grubości powłoki.

[30] PN-EN ISO 8501-2:2011 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Wzrokowa ocena czystości powierzchni. Część 2: Stopnie przygotowania wcześniej pokrytych powłokami podłoży stalowych po miejscowym usunięciu tych powłok.

[31] PN-EN 15773:2018-02 Przemysłowe nakładanie organicznych farb proszkowych na wyroby ze stali ocynkowanej zanurzeniowo lub szerardyzowanej [systemy duplex]. Specyfikacje, zalecenia i wskazówki.

[32] PN-EN ISO 8503-2:2012 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Charakterystyki chropowatości powierzchni podłoży stalowych po obróbce strumieniowo-ściernej. Część 2: Metoda stopniowania profilu powierzchni stalowych po obróbce strumieniowo-ściernej. Sposób postępowania z użyciem wzorca.

[33] PN-EN ISO 8502-3:2017-03 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Badania służące do oceny czystości powierzchni. Część 3: Ocena pozostałości kurzu na powierzchniach stalowych przygotowanych do malowania (metoda z taśmą samoprzylepną).

[34] ASTM F22-13 Standard test method for hydrofobic surface films by the water-break test.

[35] PN-EN ISO 8502-9:2002 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Badania służące do oceny czystości powierzchni. Część 9: Terenowa metoda konduktometrycznego oznaczania soli rozpuszczalnych w wodzie.

[36] PN-EN ISO 8502-6:2007 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Badania służące do oceny czystości powierzchni. Część 6: Ekstrakcja rozpuszczalnych zanieczyszczeń do analizy. Metoda Bresle'a.

[37] PN-EN ISO 2063-1:2019-04 Natryskiwanie cieplne. Cynk, aluminium i ich stopy. Część 1: Uwagi dotyczące projektowania i wymagania jakościowe dla systemów ochrony przed korozją.

[38] PN-EN ISO 14713-1:2017-08 Powłoki cynkowe. Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji z żeliwa i stali. Część 1: Zasady ogólne dotyczące projektowania i odporności korozyjnej.

[39] PN-ISO 19840:2009 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Pomiar i kryteria przyjęcia grubości suchych powłok na chropowatych powierzchniach.

[40] PN-EN ISO 12944-7:2018-01 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 7: Wykonywanie i nadzór prac malarskich.

[41] PN-EN ISO 8503-3:2012 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Charakterystyki chropowatości powierzchni podłoży stalowych po obróbce strumieniowo-ściernej. Część 3: Metoda kalibrowania wzorców ISO profilu powierzchni do określania profilu powierzchni. Sposób postępowania z użyciem mikroskopu.

[42] PN-EN ISO 8503-4:2012 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Charakterystyki chropowatości powierzchni podłoży stalowych po obróbce strumieniowo-ściernej. Część 4: Metoda kalibrowania wzorców ISO profilu powierzchni do określania profilu powierzchni. Sposób postępowania z użyciem przyrządu stykowego.

[43] PN-EN ISO 8503-5:2017-04 Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów. Charakterystyka chropowatości powierzchni podłoży stalowych po obróbce strumieniowo-ściernej. Część 5: Metoda oznaczania profilu powierzchni taśmą replikacyjną.

[44] PN-EN ISO 12944-5:2018-04 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 5: Ochronne systemy malarskie.

[45] PN-EN ISO 12944-6:2018-03 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 6: Laboratoryjne metody badań właściwości.

[46] PN-EN ISO 4628-8:2013-05 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 8: Ocena stopnia odwarstwienia i skorodowania wokół rysy lub innego sztucznego uszkodzenia.

[47] PN-EN ISO 16474-3:2014-02 Farby i lakiery. Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła. Część 3: Lampy fluorescencyjne UV.

[48] PN-EN ISO 4624:2016-05 Farby i lakiery. Próba odrywania do oceny przyczepności.

[49] PN-EN ISO 2409:2013-06 Farby i lakiery. Badanie metodą siatki nacięć.

[50] PN-EN ISO 6270-1:2018-02 Farby i lakiery. Oznaczanie odporności na wilgoć. Część 1: Kondensacja (jednostronna ekspozycja).

[51] PN-EN ISO 16773-2:2016-05 Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna (EIS) wymalowanych i niewymalowanych próbek metalowych. Część 2: Zbiór danych.

[52] PN-EN 1767:2008 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Analiza w podczerwieni.

[53] PN-EN ISO 6272-1:2011 Farby i lakiery. Badania nagłego odkształcenia (odporność na uderzenie). Część 1: Badanie za pomocą spadającego ciężarka, wgłębnik o dużej powierzchni.

[54] PN-EN ISO 2431:2019-07 Farby i lakiery. Oznaczanie czasu wypływu za pomocą kubków wypływowych.

[55] PN-EN ISO 2811-1:2016-04 Farby i lakiery. Oznaczanie gęstości. Część 1: Metoda piknometryczna.

[56] ISO 3233-1:2019 Paints and varnishes. Determination of percentage volume of non-volatile matter. Part 1: Method using a coated test panel to determine non-volatile matter and to determine dry-film density by the Archimedes' principle.

[57] PN-EN ISO 11890-1:2008 Farby i lakiery. Oznaczanie zawartości lotnych związków organicznych (VOC). Część 1: Metoda różnicowa.

[58] PN-EN 480-6:2008 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Metody badań. Część 6: Analiza w podczerwieni.

[59] PN-EN ISO 2063-2:2017-12 Natryskiwanie cieplne. Cynk, aluminium i ich stopy. Część 2: Prowadzenie systemów ochrony przed korozją.

[60] PN-EN 1090-2:2018-09 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.

## 2.3. Pozostałe opracowania

[61] NACE VIS 9 Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Wet Abrasive Blast Cleaning.

[62] Qualisteelcoat – International Quality Label for Coated Steel – version 4.1, styczeń 2019.

[63] GSB ST 663 International Quality Regulations For the galvanised Steel Building Components, GSB International, Edition May 2011.

[64] GSB AL 631 International Quality Regulations For the Coating of Aluminum Building Components, GSB International, Edition April 2017.

[65] Qualicoat – Specifications for a quality label for liquid and powder organic coatings on aluminium for architectural applications, 16th Edition.

[66] AAMA 2604-17 (Editorially Revised) Voluntary Specification Performance Requirements and Test Procedures for High Performance Organic Coatings on Aluminum Extrusions and Panels.

[67] AAMA 2605-17 Voluntary Specification Performance Requirements and Test Procedures for Superior Performing Organic Coatings on Aluminum Extrusions and Panels.

[68] AAMA 612-17 Voluntary Specification Performance Requirements and Test Procedures for Combined Coatings of Anodic Oxide and Transparent Organic Coatings on Architectural Aluminum.

[69] QUALANOD Specifications for the QUALANOD Quality Label for Sulphuric Acid-Based Anodizing of Aluminium, Edition 01.01.2019.

[70] DASt – Richtlinie 022 – Feuerverzinken von tragenden Stahlkonstruktionen, 2009.

# 3. Definicje i objaśnienia skrótów

## 3.1. Definicje

**Badania przyspieszone** – procedura narażeń korozyjnych w laboratorium przyśpieszająca starzenie systemu malarskiego w stosunku do starzenia w normalnych warunkach atmosferycznych.

**Cynkowanie zanurzeniowe** – nanoszenie powłoki cynkowej poprzez zanurzenie w płynnej kąpieli cynkowej [8], [9].

**Czyszczenie wodą** – metoda polegająca na skierowaniu strumienia czystej wody na powierzchnię, która ma być oczyszczona. Wymagane ciśnienie wody zależy od zanieczyszczeń, które mają być usunięte z powierzchni, takich jak substancje rozpuszczalne w wodzie, luźno przylegająca rdza i powłoki malarskie. Aby usunąć oleje, tłuszcz itp., należy dodać detergentu, a następnie spłukać czystą wodą. Rozróżnia się następujące odmiany czyszczenia wodą pod ciśnieniem:

a) czyszczenie pod wysokim ciśnieniem (70-170 MPa),
b) czyszczenie pod bardzo wysokim ciśnieniem (powyżej 170 MPa do 250 MPa – tzw. hydrojetting),
c) czyszczenie pod ultra wysokim ciśnieniem (powyżej 250 MPa – tzw. UHPJ).

**Farba proszkowa** – wyrób lakierowy, bezrozpuszczalnikowy, w postaci proszku, który po stopieniu lub dodatkowym utwardzeniu w wysokiej temperaturze tworzy powłokę.

**Farba (wyrób lakierowy)** – wyrób lakierowy w postaci cieczy, pasty lub proszku, który nałożony na podłoże tworzy kryjącą powłokę o właściwościach ochronnych, dekoracyjnych lub specyficznych technicznie.

**Fosforanowanie** – wytworzenie powłok fosforanowych (powłok konwersyjnych) na powierzchni metalu przed nakładaniem powłok malarskich różnego typu. Wyróżnia się:

a) fosforanowanie żelazowe (amorficzne) – wytworzenie na powierzchni metalu cienkiej, amorficznej powłoki, złożonej z bezpostaciowych fosforanów i tlenków metalu podłoża,
b) fosforanowanie cynkowe (krystaliczne) – uzyskuje się powłoki konwersyjne o dużych regularnych kryształach i grubościach zdecydowanie większych niż w fosforanowaniu amorficznym; może ono przebiegać z dodatkiem innych metali jak mangan i nikiel (nazywane jest wtedy fosforanowaniem trój kationowym).

**Grubość powłoki** – jest to najmniejsza odległość między powierzchnią powłoki, a powierzchnią podłoża, zmierzona po utwardzeniu warstwy nałożonej na podłoże.

**Gwarancja** – umowa prawna zawarta pomiędzy stronami, dotycząca zachowania określonej właściwości w określonym czasie.

**Konstrukcja stalowa** – konstrukcja stalowa drogowego obiektu inżynierskiego składająca się z więcej niż jednego elementu składowego.

**Korozja atmosferyczna** – korozja, gdzie środowiskiem korozyjnym jest atmosfera ziemska o temperaturze otoczenia.

**Korozja metalu** – oddziaływanie fizykochemiczne między metalem i środowiskiem, w wyniku którego powstają zmiany we właściwościach metalu, które mogą prowadzić do znaczącego pogorszenia funkcji metalu, środowiska lub układu technicznego, którego są częściami.

**Maksymalna grubość powłoki** – największa akceptowalna grubość powłoki, powyżej której mogą ulec pogorszeniu właściwości powłoki lub całego systemu malarskiego.

**Malowanie (aplikacja, nakładanie farb)** – termin ogólny dotyczący wszystkich metod nakładania wyrobu lakierowanego na podłoże, jak zanurzanie, natryskiwanie, nakładanie wałkiem lub pędzlem.

**Mechaniczne czyszczenie powierzchni**:

a) czyszczenie narzędziami ręcznymi – takimi narzędziami, jak szczotki, skrobaki, syntetyczne gąbki ze ścierniwem, płótno ścierne i młotki, zgodnie z normą [11],
b) czyszczenie narzędziami mechanicznymi – takimi jak: obrotowe szczotki druciane, różne rodzaje szlifierek, młotki udarowe i pistolety igłowe, zgodnie z normą [11],
c) obróbka strumieniowo-ścierna – uderzenie wysokoenergetycznego strumienia ścierniwa w powierzchnię, która ma być oczyszczona. Specyficzne wersje obróbki, zgodne z normą [12].

**Natryskiwanie cieplne powłok metalowych (potocznie: metalizacja)** – tutaj: nakładanie na powierzchnie stalowe powłoki cynkowej, aluminiowej lub ich stopów, najczęściej poprzez natrysk ogniowy lub łukowy.

**Nominalna grubość powłoki** – grubość zapewniająca wymaganą trwałość, określona dla każdej powłoki lub całego systemu malarskiego.

**Ochronny antykorozyjny system powłokowy (lakierowy)** – suma powłok metalowych i/lub z farb albo z podobnych produktów, stosowane w celu ochrony przed korozją.

**Omiatanie ścierniwem** – delikatna obróbka strumieniowo-ścierna mająca na celu uszorstnienie powierzchni (głównie powłok malarskich lub powierzchni ocynkowanych zanurzeniowo) oraz usunięcie nieznacznych, słabo przylegających zanieczyszczeń.

**Podłoże** – powierzchnia, na którą nakłada się lub już nałożono ochronny system powłokowy.

**Powierzchnia referencyjna** – wybrany przez inwestora fragment powierzchni zabezpieczanego obiektu, na której dokonuje się zabezpieczenia antykorozyjnego w obecności inwestora, producenta materiałów i wykonawcy, w celu:

a) ustalenia minimum standardu wykonania robót,
b) sprawdzenia, czy dane podane przez producentów są prawidłowe,
c) określenia zachowania się systemów lakierowych w dowolnym czasie.

Referencyjne zabezpieczenie antykorozyjne może służyć do celów gwarancyjnych jeśli obie strony tak uzgodnią.

**Powłoka** – ciągła warstwa metaliczna lub ciągłe wyschnięte wymalowanie uzyskane z farby lub podobnego produktu.

**Powłoka gruntowa (grunt)** – pierwsza powłoka systemu powłokowego nakładana bezpośrednio na podłoże.

**Powłoka konwersyjna** – powłoka na powierzchni metalu wytworzona w wyniku chemicznej obróbki wstępnej, która może być wspomagana zastosowaniem prądu elektrycznego; popularne powłoki konwersyjne to powłoki chromianowe i fosforanowe. Nowa generacja powłok konwersyjnych to powłoki: tytanowe, cyrkonowe, nanoceramiczne (połączenie powłoki polimerowej na bazie silanów z powłoką konwersyjną) i inne.

**Powłoka międzywarstwowa** – powłoka(-i) między powłoką(-ami) gruntową i nawierzchniową.

**Powłoka nawierzchniowa** – ostatnia(-e) powłoka(-i) systemu malarskiego, przeznaczona(-e) do ochrony przed wpływem środowiska znajdujących się powłok, przyczyniająca(-e) się do całkowitej, oferowanej przez system ochrony przed korozją oraz nadająca(-e) odpowiednią barwę.

**Powłoka poliuretanowa** – powłoka na bazie spoiwa poliuretanowego. Powłoki polimocznikowe oraz polisiloksanowe są specjalną odmianą farb poliuretanowych.

**Przygotowanie powierzchni** – przygotowanie dowolną metodą podłoża przed malowaniem

**Pył** – luźne, stałe, drobne cząstki określonego rodzaju znajdujące się na powierzchni stali przygotowanej do malowania, pochodzące z oczyszczania strumieniowego lub innych metod przygotowania powierzchni, lub będące wynikiem działania środowiska.

**Rdza** – produkty korozji składające się w przypadku metali żelaznych głównie z uwodnionych tlenków żelaza i wodorotlenków żelaza.

**Rdza biała** – białe do ciemnoszarych produkty korozji cynku na powierzchniach ocynkowanych.

**Renowacja całkowita** – renowacja zabezpieczenia antykorozyjnego wykonywana po całkowitym usunięciu dotychczasowego zabezpieczenia.

**Renowacja częściowa** – renowacja zabezpieczenia antykorozyjnego pozostawiająca część poprzedniego zabezpieczenia, które spełnia postawione wymagania.

**System powłokowy** – suma powłok wyrobów lakierowych, które zaaplikowano na podłoże.

**Trwałość** – oczekiwany czas działania ochronnego systemu malarskiego do pierwszej renowacji całkowitej.

**Typ atmosfery** – charakterystyka atmosfery na podstawie obecności czynników korozyjnych, ich stężenia lub ubytku grubości/masy określonego metalu.

**Uszorstnienie** – nadanie powierzchni odpowiedniej chropowatości.

**Zabezpieczenie antykorozyjne** – wszelkie, celowo zastosowane środki zwiększające odporność obiektu lub jego elementu na działanie korozji.

## 3.2. Skróty

**AY** – jednoskładnikowa ciekła farba akrylowa.

**C2** do **CX** – kategorie korozyjności [8].

**DFT** – grubość powłoki.

**EP** – dwuskładnikowa ciekła lub proszkowa farba epoksydowa.

**ESI** – jedno- lub dwuskładnikowa ciekła farba etylokrzemianowa.

**H** – okres trwałości długi (od 15 do 25 lat) [26].

**Im1** do **Im3** – kategorie zanurzenia [8].

**KOT** – Krajowa Ocena Techniczna [6], [7].

**MNOC** – minimalna liczba powłok.

**NDFT** – nominalna grubość suchej powłoki.

**PCV** – jednoskładnikowa ciekła farba poliwinylowa.

**PE** – proszkowa farba poliestrowa.

**PS** – dwuskładnikowa ciekła farba polisiloksanowa.

**PUR** – jedno- lub dwuskładnikowa ciekła farba poliuretanowa.

**Różn.** – grunty z różnorodnymi rodzajami pigmentów antykorozyjnych.

**VH** – okres trwałości bardzo długi (powyżej 25 lat) [26].

**Zn (R)** – grunt wysoko pigmentowany cynkiem.

# 4. Rodzaje i zasady ochrony antykorozyjnej

(1) Konstrukcje stalowe powinny być zabezpieczone poprzez antykorozyjną ochronę:

a) konstrukcyjną,
b) materiałowo-strukturalną,
c) powierzchniową.

(2) Nadzór nad pracami antykorozyjnymi powinna wykonywać osoba, która ma certyfikat ukończenia inspektorskiego kursu dotyczącego zabezpieczeń antykorozyjnych.

(3) Podczas wykonywania zabezpieczeń antykorozyjnych należy przestrzegać wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy (bhp) zawartych w rozporządzeniach [1], [2], [3], [4] i [5].

(4) Zabezpieczenia antykorozyjne powinny być dobrane do prawidłowo określonego środowiska korozyjnego w jakim eksploatowany jest obiekt zgodnie z normą [8].

# 5. Ochrona konstrukcyjna

(1) W ramach ochrony konstrukcji oraz elementów stalowych należy:

a) określić rodzaj ochrony antykorozyjnej w ramach projektu budowlanego,
b) wykonać projekt zabezpieczenia antykorozyjnego w ramach projektu wykonawczego, zgodnie z normą [13], w odniesieniu do zakładanego czasu życia i przeznaczenia konstrukcji (projekt zabezpieczenia antykorozyjnego powinien zostać wykonany przez specjalistę od zabezpieczeń antykorozyjnych, który ukończył szkolenie w zakresie zabezpieczeń antykorozyjnych lub legitymuje się wykształceniem technicznym w zakresie ochrony przed korozją),
c) określić typ zagrożeń korozyjnych, wymagany okres trwałości oraz techniczne wymagania w stosunku do zabezpieczenia antykorozyjnego w okresie gwarancji:
   – zniszczenie powłok według norm [14], [15], [16], [17] i [18],
   – przyczepność powłok według normy [19] lub [20],
   – zmiany barwy według normy [21],
   – zmiana połysku według normy [22]),
d) w razie braku dostępu do konstrukcji stalowych lub jej elementów – wykonać projekt zabezpieczenia antykorozyjnego na cały okres życia obiektu lub zaprojektować odpowiednie naddatki korozyjne w grubości elementów,
e) zapewnić, aby konstrukcje miały w szczególności miejsc trudno dostępnych,
f) zapewnić, aby konstrukcje składały się w szczególności z elementów:
   – o dużych, gładkich powierzchniach, z żebrami usztywniającymi umieszczonymi od strony wewnętrznej, chyba że względy konstrukcyjne wymagają inaczej,
   – z elementów bez progów zatrzymujących wodę,
   – z elementów zamkniętych hermetycznie, które wewnątrz mogą być wypełnione gazem korozyjnie obojętnym,
   – z elementów bez karbów,
g) zapewnić, aby konstrukcje gwarantowały w szczególności:
   – odpływ zbierającej się wody,
   – dostęp do wewnętrznych przestrzeni elementów zamkniętych (z wyjątkiem elementów hermetycznie zamkniętych),
   – ochronę przed gnieżdżeniem się ptactwa.

(2) Połączenia elementów powinny:

a) być w jak największym stopniu wykonane w wytwórni konstrukcji stalowych,
b) być w miarę możliwości spoinami ciągłymi klasy B według normy [23],
c) być spoinami pachwinowymi dwustronnymi i spoinami brzeżnymi całkowicie przetopionymi,
d) mieć wykonane ciągłe spoiny łączące elementy na całym obwodzie przylegania,
e) w przypadku braku spoiny lub jej nieciągłości, zostać uszczelnione masą plastyczną (zarówno te, które występują pomiędzy elementami stalowymi, jak i pomiędzy elementami stalowymi i betonowymi).

(3) Odpływ wody i zapobieganie gromadzeniu się osadów powinno być zapewnione poprzez:

a) projektowanie powierzchni, z których powinna spływać woda,
b) unikanie elementów otwartych na górze lub usytuowanych ukośnie,
c) unikanie miejsc, w których może gromadzić się woda,
d) odprowadzanie wody z konstrukcji otworami o średnicy i w odstępach umożliwiających skuteczne odwodnienie obiektu. W przypadku zastosowania rurek odpływowych, powinny być one zakończone ukośnie i wystawać nie mniej niż 50 mm poza obrys elementu lub powinny być włączone do systemowego odwodnienia obiektu.

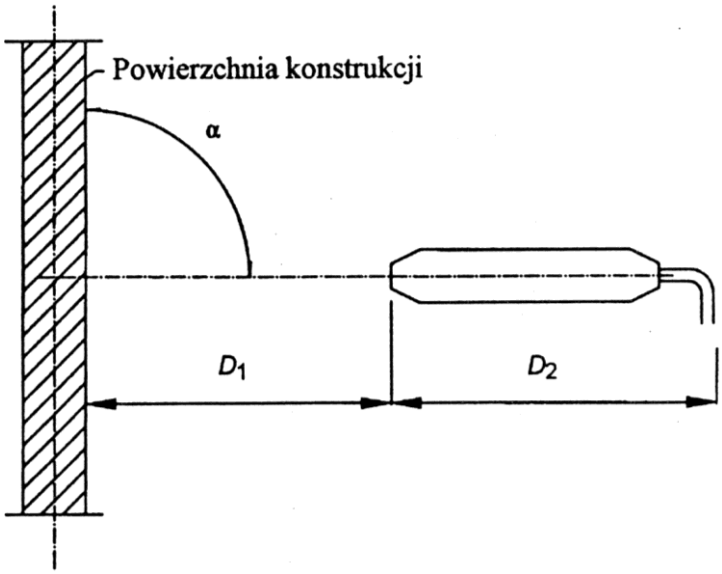
(4) Powinny być spełnione następujące wymagania dotyczące dostępności do konstrukcji:

a) wózki rewizyjne, pomosty rewizyjne lub inne elementy umożliwiające dostęp do konstrukcji powinny być uwzględnione w projekcie,

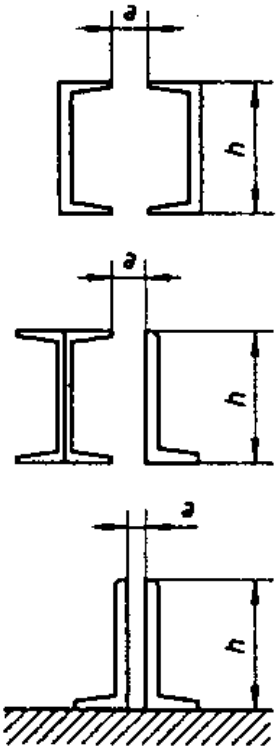
b) w elementach skrzynkowych należy zaprojektować włazy w odstępach nie większych niż 50 m oraz ciągi wentylacyjne tak, aby nie dopuścić do powstania atmosfery wybuchowej. Włazy powinny mieć następujące minimalne wymiary:
   – dla otworów prostokątnych 500 x 700 mm,
   – dla otworów owalnych 500 x 700 mm,
   – dla otworów okrągłych średnica powinna wynosić nie mniej niż 600 mm,
c) w zależności od zaprojektowanej technologii zabezpieczenia antykorozyjnego wymagane odległości w przypadku stosowania narzędzi w pracach antykorozyjnych powinny być takie, jak podano w tab. 5.1 i pokazano na rys. 5.1,
d) minimalne wymiary przestrzeni, które można zabezpieczyć antykorozyjnie podano na rys. 5.2,
e) minimalny dopuszczalny odstęp między elementem, a przyległą powierzchnią, które można zabezpieczyć antykorozyjnie podano na rys. 5.3.

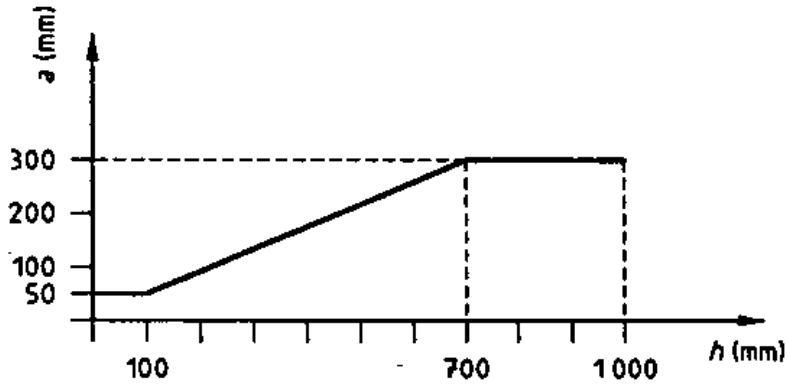
**Tab. 5.1. Typowe odległości wymagane w przypadku stosowania narzędzi w pracach antykorozyjnych [13]**

| Operacja | Odległość między narzędziem a podłożem $D_1$ [mm] | Długość narzędzia $D_2$ [mm] | Kąt natarcia α [°] |
|---|---|---|---|
| Obróbka strumieniowo-ścierna | 200-400 | 800 | od 60 do 90 |
| Czyszczenie z wykorzystaniem narzędzia z napędem mechanicznym:<br>• pistoletem igłowym<br>• ścieranie/szlifowanie | <br><br>0<br>0 | <br><br>250-350<br>100-150 | <br><br>30-90<br>- |
| Czyszczenie ręczne – szczotkowanie/skrobanie | 0 | 100 | 0-30 |
| Metalizacja natryskowa | 150-200 | 300 | 90 |
| Malowanie:<br>• natryskowe<br>• pędzlem<br>• wałkiem | <br>200-300<br>0<br>0 | <br>200-300<br>200<br>200 | <br>90<br>45-90<br>10-90 |



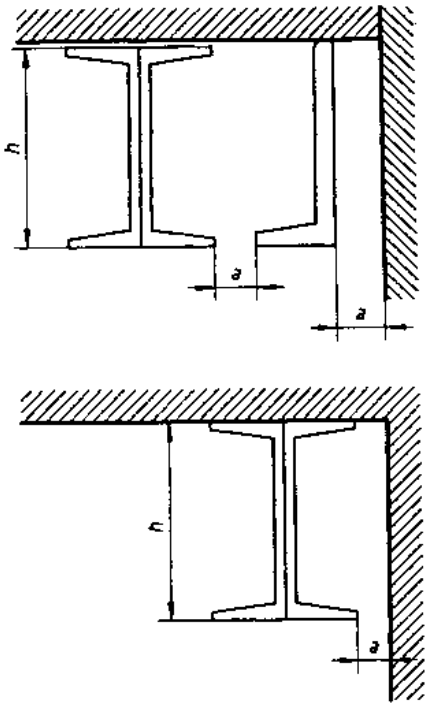

**Rys. 5.1. Oznaczenia użyte w tab. 5.1 [13]**

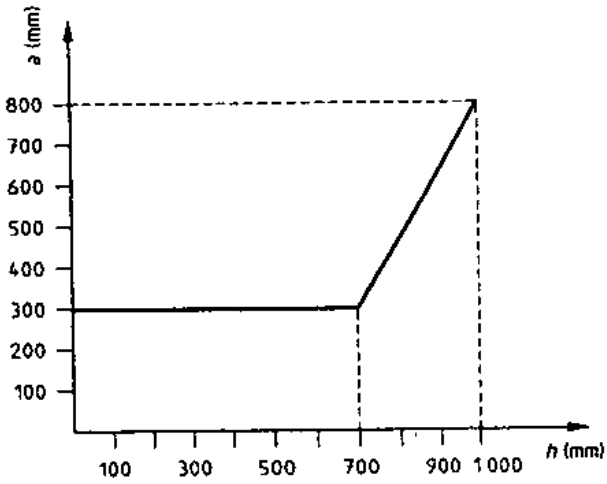



Wykres 1

**Rys. 5.2. Minimalne wymiary ciasnych przestrzeni: a – minimalny dopuszczalny odstęp między elementami albo między elementem, a przyległą powierzchnią [mm]; h – maksymalny odstęp, na jaki może wykonawca dosięgnąć w ciasnej przestrzeni [mm] [13]**




Wykres 2

**Rys. 5.3. Minimalny dopuszczalny odstęp między elementami: a – minimalny dopuszczalny odstęp między elementami albo między elementem, a przyległą powierzchnią [mm]; h – maksymalny odstęp, na jaki może wykonawca dosięgnąć w ciasnej przestrzeni [mm] [13]**

(5) W odniesieniu do stali trudnordzewiejących obowiązują wymagania, zawarte w akapitach od (1) do (4) ze szczególnym uwzględnieniem braku możliwości gromadzenia się na powierzchni wody i zanieczyszczeń, a poza tym należy podczas eksploatacji konstrukcji zapewnić warunki zmiennej atmosfery mokro/suchej.

(6) W odniesieniu do konstrukcji stalowych, które mają być zabezpieczone powłoką metalową natryskiwaną cieplnie obowiązują wymagania zawarte w akapitach od (1) do (4) oraz dodatkowo:

a) konstrukcje powinny być projektowane zgodnie normami [13] i [24],
b) dostęp do elementu powinien zapewnić możliwość trzymania pistoletu natryskowego w odległości co najmniej 50 cm od elementu, pod kątem 90°,
c) zabezpieczane powierzchnie powinny być widoczne dla metalizatora.

(7) W odniesieniu do konstrukcji stalowych, które mają być zabezpieczone powłoką cynkową zanurzeniową, obowiązują wymagania zawarte w akapitach od (1) do (4) oraz dodatkowo:

a) konstrukcje powinny być projektowane zgodnie z normami [13], [9] i [10],
b) elementy przeznaczone do cynkowania zanurzeniowego powinny mieć taki kształt, by umożliwić kąpieli cynkowniczej swobodny dostęp do wszystkich przestrzeni zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych, a następnie zapewnić jej swobodny odpływ. Umiejscowienie otworów odpływowych i odpowietrzających powinno być uzgodnione z ocynkownią,
c) konstrukcje przeznaczone do cynkowania zanurzeniowego powinny być wykonane z materiału o zbliżonej grubości; zaleca się aby iloraz maksymalnej grubości ścianki do minimalnej nie był większy niż 5 [70],
d) należy unikać cynkowania konstrukcji z dużymi powierzchniami cienkich niewzmocnionych blach ze względu na niebezpieczeństwo odkształcenia,
e) rodzaj stali przeznaczonej do cynkowania powinien być uzgodniony z ocynkownią tak, aby możliwe było otrzymanie powłoki o żądanej grubości i właściwościach mechanicznych oraz antykorozyjnych,
f) wielkość elementów powinna być dostosowana do wielkości wanny cynkowniczej,
g) elementy powinny mieć zawiesia umożliwiające zanurzenie elementu w kąpieli,
h) zaleca się, aby połączenia spawane były wykonane przed cynkowaniem,
i) powierzchnie cięte termicznie, laserowo lub plazmowo oraz innymi metodami powodującymi utwardzenie powierzchni, powinny zostać poddane obróbce mechanicznej przed cynkowaniem.

(8) Wymagania dotyczące przygotowania spoin, krawędzi i obszarów z wadami powierzchni:

a) w zakresie przygotowania spoin, krawędzi oraz obszarów wad podłoża stalowego należy stosować wymagania podane w normach [25] i [60],
b) ocenę należy wykonywać okiem nieuzbrojonym skorygowanym do normalnego widzenia; w przypadku prac remontowych przed oceną stopnia przygotowania spoin, krawędzi oraz obszarów wad podłoża należy je wstępnie oczyścić,
c) powierzchnie cięte na gorąco oraz za pomocą lasera, plazmy lub innych metod powodujących utwardzanie powierzchni ciętej należy zeszlifować za pomocą obróbki mechanicznej,
d) przygotowanie powierzchni spoin, krawędzi oraz wad podłoża stalowego powinno być zgodne z wzorcem stopnia P3 dla konstrukcji nowych i P2 lub P1 dla konstrukcji remontowanych, według norm [25] i [60]; w tab. 5.2 podane są wymagania w odniesieniu do stopnia przygotowania powierzchni P1, P2 i P3.

**Tab. 5.2. Stopnie P1, P2 i P3 przygotowania powierzchni [25] (1 z 2)**

| Rodzaj wady | Stopnie przygotowania powierzchni | | |
|---|---|---|---|
| | **P1**<br>**lekkie przygotowanie** | **P2**<br>**dokładne przygotowanie** | **P3**<br>**b. dokładne przygotowanie** |
| **1. Spoiny** | | | |
| Rozprysk spawalniczy | Na powierzchni nie powinno być luźnych rozprysków spawalniczych | Powierzchnia powinna być wolna od wszystkich luźnych i słabo związanych rozprysków spawalniczych | Powierzchnia powinna być wolna od wszystkich rozprysków spawalniczych |
| Łuska spoiny / zarys | Brak przygotowania | Powierzchnia powinna być obrobiona ze wszystkich nieregularnych i ostro-krawędziowych profili | Powierzchnia powinna być całkowicie przygotowana, tj. gładka |
| Żużel spawalniczy | Na powierzchni nie powinno być żużla spawalniczego | Powierzchnia powinna być wolna od żużla spawalniczego | Powierzchnia powinna być wolna od żużla spawalniczego |
| Podtopienie | Brak przygotowania | Powierzchnia powinna być wolna od ostrych i głębokich podtopień | Powierzchnia powinna być wolna od podtopień |
| Porowatość spoiny | Brak przygotowania | Pory powierzchniowe powinny być dostatecznie otwarte na wnikanie farby albo powinny być wyrównane | Powierzchnia powinna być wolna od widocznych porów |
| Kratery czołowe | Brak przygotowania | Zamknięte kratery powinny być wolne od ostrych krawędzi | Powierzchnia powinna być wolna od widocznych zamkniętych kraterów |
| **2. Krawędzie** | | | |
| Krawędzie walcowane | Brak przygotowania | Powierzchnia jak po walcowaniu | Krawędzie powinny być zaokrąglone promieniem nie mniejszym niż 2 mm |
| Krawędzie powstałe przez wykrawanie, odcinanie albo cięcie piłą | Żadna część krawędzi nie powinna być ostra, na krawędzi nie powinno być wypustów | Krawędzie powinny być możliwie gładkie | Krawędzie powinny być zaokrąglone promieniem nie mniejszym niż 2 mm |
| Krawędzie cięte termicznie | Na powierzchni nie powinno być żużla i luźnej zgorzeliny | Żadna część krawędzi nie powinna mieć nieregularnego profilu | Czoło cięcia powinno być usunięte i krawędzie powinny być zaokrąglone promieniem nie mniejszym niż 2 mm |
| **3. Powierzchnie ogólne** | | | |
| Wżery i kratery | Wżery i kratery powinny być dostatecznie otwarte na wnikanie farby | Wżery i kratery powinny być dostatecznie otwarte na wnikanie farby | Powierzchnia powinna być wolna od wżerów i kraterów |
| Łuska | Na powierzchni nie powinno być wystającego materiału | Powierzchnia powinna być wolna od widocznych łusek | Powierzchnia powinna być wolna od widocznych łusek |
| Nawis spoiny / rozwarstwienie | Na powierzchni nie powinno być wystającego materiału | Powierzchnia powinna być wolna od widocznych nawisów spoin/rozwarstwień | Powierzchnia powinna być wolna od widocznych nawi-sów spoin / rozwarstwień |
| Zawalcowane obce materiały | Na powierzchni nie powinno być zawalcowanych substancji obcych | Powierzchnia powinna być wolna od zawalcowanych obcych materiałów | Powierzchnia powinna być wolna od zawalcowanych obcych materiałów |
| Rowki i żłobki uformowane podczas mechanicznego działania | Brak przygotowania | Promień rowków i żłobków powinien być nie mniejszy niż 2 mm | Powierzchnia powinna być wolna od rowków, a promień żłobków powinien być większy niż 4 mm |
| Wgniecenia i odciski uszkodzeń powierzchni walców | Brak przygotowania | Wgniecenia i odciski uszkodzeń powierzchni walców powinny być gładkie | Powierzchnia powinna być wolna od wgnieceń i odcisków uszkodzeń powierzchni walców |

# 6. Ochrona materiałowo-strukturalna

(1) W ramach ochrony materiałowo-strukturalnej konstrukcje stalowe oraz ich elementy nie powinny zawierać w szczególności:

a) materiałów o potencjałach elektrochemicznych różniących się bardziej niż o 50 mV, w przypadku większej różnicy należy zastosować izolujące przekładki,
b) żużli i wtrąceń metalicznych będących wynikiem procesów spawalniczych.

(2) W ramach ochrony materiałowej, jeżeli nie ma możliwości dostępu do konstrukcji przez cały czas jej życia, powinno się stosować materiały metalowe odporne na korozję z uwzględnieniem parametrów wytrzymałościowych, np. stal nierdzewną:

a) stale odporne na korozję powinny być gładkie i czyste,
b) łączniki powinny być wykonane z tego samego materiału,
c) niedopuszczalny jest kontakt stali nierdzewnych ze stalą węglową.

(3) W przestrzeniach hermetycznych należy stosować gazy obojętne lub inhibitory korozji.

(4) Konstrukcje stalowe mogą być chronione za pomocą ochrony elektrochemicznej:

a) ochrony katodowej z użyciem zewnętrznego źródła prądu,
b) przy użyciu protektorów traconych,
c) ochrony anodowej.

# 7. Ochrona powierzchniowa

(1) Ochrona powierzchniowa może być zrealizowana w szczególności jako zabezpieczenie:
a) powłokami malarskimi,
b) powłokami metalowymi,
c) powłokami metalowo-malarskimi.

(2) W przypadku zastosowania stali trudnordzewiejących można zaniechać powłok malarskich, jeśli spełnione są wymagania określone w podrozdziale 4.1 akapit (5).

(3) Dobór typu zabezpieczenia antykorozyjnego, jego grubości i sposobu przygotowania powierzchni przed jego nakładaniem powinien być dostosowany do wymaganej trwałości zabezpieczenia i agresywności środowiska, w jakim będzie eksploatowane. Na jednym obiekcie mogą występować różne środowiska korozyjne. Nie wykonując szczegółowych badań środowiska należy przyjąć, że na obiektach inżynierskich występuje środowisko korozyjne C5, a wymagana trwałość systemu powłokowego ma być bardzo długa (VH) według normy [26] dla obiektów nowych i długa (H) dla obiektów remontowanych. Do tych założeń będą dostosowane podane dalej wymagania.

(4) Przed zastosowaniem zabezpieczenia antykorozyjnego należy przygotować powierzchnię:
a) w odniesieniu do konstrukcji nowych zabezpieczanych powłokami malarskimi oraz przy wykonywaniu renowacji całkowitej (z usunięciem wszystkich starych powłok) stopień przygotowania podłoża powinien wynosić:
   – w przypadku czyszczenia konstrukcji metodami strumieniowo-ściernymi: Sa 2½, a dla konstrukcji z powłoką metalową natryskiwaną cieplnie Sa 3, zgodnie z normami [12] i [27],
   – w przypadku czyszczenia powierzchni strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem: klasa przygotowania powierzchni Wa 2 lub Wa 2½, zgodnie z normą [28], w zależności od dostępności konstrukcji i wymaganej trwałości oraz wymagań wybranego systemu antykorozyjnego, a stopień nasilenia rdzy nalotowej nie wyższy niż M [28],
   – w przypadku czyszczenia powierzchni strumieniem wody pod ciśnieniem ze ścierniwem: klasa przygotowania powierzchni WAB-6 lub WAB-10, zgodnie z [61], w zależności od dostępności konstrukcji i wymaganej trwałości oraz wymagań wybranego systemu antykorozyjnego, a stopień nasilenia rdzy nalotowej ma być nie wyższy niż M [28],
b) w odniesieniu do prac renowacyjnych stopień przygotowania powierzchni Sa 2½, ale w uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stopnie Sa 2 lub St 3, zgodnie z normami [11] i [27], np. gdy dostęp do konstrukcji jest szczególnie utrudniony albo gdy względy ekologiczne lub inne względy techniczne nie pozwalają na dokładne oczyszczenie powierzchni,
c) w odniesieniu do konstrukcji, na której wykonuje się renowację częściową z pozostawieniem części starych powłok, które powinny mieć przyczepność do podłoża i przyczepność międzywarstwową nie niższą niż 3 MPa według normy [19] lub nie wyższą niż stopień 2 według normy [20] oraz grubość nie wyższą niż 600 µm według normy [29], stopień przygotowania podłoża powinien wynosić:
   – w przypadku czyszczenia konstrukcji metodami strumieniowo-ściernymi: P Sa 2½, P Sa 2 lub P St 3 zgodnie z normą [30], w zależności od dostępności konstrukcji i wymaganej trwałości oraz wymagań wybranego systemu antykorozyjnego,
   – w przypadku czyszczenia powierzchni strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem: klasa przygotowania powierzchni Wa 2 lub Wa 2½ zgodnie z normą [28], w zależności od dostępności konstrukcji i wymaganej trwałości oraz wymagań wybranego systemu antykorozyjnego, a stopień nasilenia rdzy nalotowej nie wyższy niż M [28];
   – w przypadku czyszczenia powierzchni strumieniem wody pod ciśnieniem ze ścierniwem: klasa przygotowania powierzchni WAB-6 lub WAB-10 zgodnie z [61], w zależności od dostępności konstrukcji i wymaganej trwałości oraz

wymagań wybranego systemu antykorozyjnego. Dopuszczalny stopień rdzy nalotowej ma być nie wyższy niż M [61],
  - w przypadku omiatania ścierniwem w osłonie wodnej: czyszczenie należy prowadzić do uzyskania chropowatości $R_{y5}$ pozostawionych powłok nie mniejszej niż 15 µm, zgodnie z normą [32],
  - krawędzie wszystkich pozostawionych starych powłok powinny być sfazowane i uszorstnione,

d) dla elementów zabezpieczonych powłoką cynkową zanurzeniową (cynkowanie jednostkowe) przygotowanie podłoża poprzez omiatanie ścierniwem suchym według normy [31],

e) w przypadku czyszczenia powierzchni zabezpieczonych powłokami malarskimi pigmentowanymi związkami ołowiu i/lub chromu obróbka strumieniowo ścierna powierzchni powinna być ze względów ekologicznych prowadzona w osłonach i z uszczelnionym podłożem, aby umożliwić zebranie odpadu dla poddania go utylizacji, po uprzednim usunięciu powłok metodami z użyciem wody pod ciśnieniem,

f) profil chropowatości powierzchni, oceniany zgodnie z normą [32] za pomocą wzorca ISO, powinien mieć wartość podaną w tab. 7.1 lub odpowiednie oznaczone innymi metodami normowymi [41], [42] i [43].

**Tab. 7.1. Wymagane profile chropowatości [32]**

| System antykorozyjny | Wymagany profil chropowatości / parametr $R_{y5}$ [µm] |
|---|---|
| System z powłok organicznych | Drobnoziarnisty / $25 < R_{y5} < 60$<br>lub<br>Pośredni / $60 < R_{y5} < 100$ |
| System z powłok organicznych wysokocynkowych | Pośredni / $60 < R_{y5} < 100$ |
| System z gruntem etylokrzemiano-wym wysokocynkowym | Pośredni / $60 < R_{y5} < 100$ |
| System z powłoką metalową natryskiwaną cieplnie | Pośredni / $60 < R_{y5} < 100$<br>Chropowatość powłoki natryskiwanej cieplnie cynkiem powinna odpowiadać chropowatości papieru ściernego o gradacji między 100 i 200 |
| Uwaga 1: Farba wysokocynkowa ma nie mniej niż 80% wag. cynku w suchej powłoce.<br>Uwaga 2: KOT w odniesieniu do poszczególnych zabezpieczeń antykorozyjnych może wymagać innego profilu chropowatości. | |

g) zapylenie powierzchni przed aplikacją powłok malarskich, oceniane zgodnie z normą [33], powinno być nie wyższe niż 3-ego stopnia,

h) powierzchnia konstrukcji nie może mieć na powierzchni żadnych zanieczyszczeń tłuszczowych, ocenianych metodą opisaną w normie [34], zastosowaną również do powierzchni poziomych,

i) poziom zanieczyszczeń jonowych na powierzchni konstrukcji przed aplikacją każdej warstwy powłok, oznaczony zgodnie z normą [34], po zdjęciu ich z powierzchni zgodnie z normą [35], nie może być wyższy niż:
  - 5 µg/cm$^2$ w przypadku konstrukcji eksploatowanych w środowisku korozyjnym od C4 do C5 [8],
  - 3 µg/cm$^2$ w przypadku konstrukcji eksploatowanych w środowisku korozyjnym CX oraz od Im1 do Im4 [8],

j) na wszystkie krawędzie należy nanosić powłoki wyprawkowe w innym kolorze od powłoki zasadniczej, po naniesieniu powłoki gruntującej i powłoki międzywarstwowej,

k) powłoka cynkowa zanurzeniowa powinna [9], [10]:
  - mieć kolor srebrny, srebrno szary lub szary, który może różnić się odcieniami szarości, połyskiem i wzorem,
  - nie mieć ostrych odprysków, zgrubień i pęcherzy,
  - nie mieć pozostałości topników, twardego cynku i popiołu cynkowego,
  - mieć nie więcej niż 0,01% powierzchni niedocynkowanej, która w jednym miejscu nie powinna mieć więcej niż 10 cm$^2$,

– być pozbawiona słabo przyczepnych, białych soli na powierzchni,

l) wymagania dotyczące powłoki cynkowej powinny być zgłoszone i uzgodnione z ocynkownią na podstawie wypełnionego Załącznika A do normy [9] (patrz załącznik nr 1),

m) właściwości powłoki metalowej natryskiwanej cieplnie powinny być następujące [37]:
   – powierzchnia jednolita, bez pęcherzy i niepokrytych obszarów,
   – powierzchnia pozbawiona niezwiązanych cząstek metalowych,
   – chropowatość powierzchni powinna odpowiadać chropowatości papieru ściernego o gradacji między 100 i 200.

(5) Zabezpieczenia antykorozyjne do wykonania ochrony powierzchniowej mogą składać się:

a) z powłok malarskich organicznych i nieorganicznych,

b) z powłoki metalowej natryskiwanej cieplnie: cynkowej, aluminiowej i cynkowo-aluminiowej ZnAl15 (lub innej spełniającej wymagania) uszczelnionej organicznymi powłokami malarskimi. Przed nałożeniem systemu pokazanego w tab. 7.4 powłoka metalowa natryskiwana cieplnie powinna być uszczelniona niskocząsteczkową żywicą epoksydową w ilości będącej ekwiwalentem 20 µm suchej powłoki. Grubości uszczelnienia nie wlicza się do całkowitej grubości zabezpieczenia antykorozyjnego,

c) z powłoki cynkowej zanurzeniowej,

d) z powłoki cynkowej zanurzeniowej z organicznymi powłokami malarskimi,

e) z powłoki cynkowej zanurzeniowej z organicznymi proszkowymi powłokami malarskimi o wyspecyfikowanych grubościach każdej powłoki.

(6) Wszystkie zabezpieczenia antykorozyjne dopuszczone do stosowania w infrastrukturze drogowej powinny mieć zgodnie z wymaganiami ustawy [7] oraz rozporządzenia [6] ważną KOT w odniesieniu do wymaganego okresu trwałości w wymaganym środowisku korozyjnym i określonego stopnia przygotowania podłoża. Jeżeli inne zabezpieczenia antykorozyjne uzyskają KOT, to można je stosować w podanym tam zakresie. Wymagania KOT dotyczące systemów antykorozyjnych z farb ciekłych w środowisku C4 i C5 [8] do zabezpieczania powierzchni stalowych i stalowych ocynkowanych podane są w załączniku nr 2.

(7) W odniesieniu do zabezpieczenia antykorozyjnego składającego się z powłoki cynkowej zanurzeniowej jednostkowej lub nakładanej metodą ciągłą z organicznymi proszkowymi powłokami malarskimi dopuszcza się posiadanie Certyfikatu Qualisteel [62] lub GSB [63], [64][64], odpowiednio w środowisku C4 lub C5 albo pozytywnego wyniku badań certyfikowanego laboratorium świadczącego o przydatności do stosowania w środowisku C4 lub C5 w okresie trwałości długim lub bardzo długim [26].

(8) W tab. 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 i 7.7 podano standardowe dopuszczone do stosowania rodzaje zabezpieczeń antykorozyjnych i grubości powłok w nich występujących w odniesieniu do trwałości długiej i bardzo długiej w środowisku korozyjnym C4 i C5 [8].

**Tab. 7.2. Rodzaje dopuszczalnych zabezpieczeń antykorozyjnych z powłok malarskich organicznych i nieorganicznych (z farb ciekłych) oraz ich minimalna sumaryczna grubość w środowisku korozyjnym C4 i C5 oraz trwałości długiej i bardzo długiej [44]**

| **Trwałość** | | **Długa (H)** | | | **Bardzo długa (VH)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rodzaj gruntu** | | **Zn (R)** | **Różn.** | | **Zn (R)** | **Różn.** |
| Substancja błonotwórcza gruntu | | ESI, EP, PUR | EIS, EP, PUR | AY | ESI, EP, PUR | EP, PUR |
| Substancja błonotwórcza kolejnych powłok | | EP, PUR, AY | EP, PUR, AY | AY | EP, PUR, AY | EP, PUR, AY |
| C4 | MNOC | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | NDFT | 200 | 240 | 260 | 260 | 300 |
| C5 | MNOC | 3 | 2 | - | 3 | 3 |
| | NDFT | 260 | 300 | - | 320 | 360 |

**Tab. 7.3. Rodzaje dopuszczalnych zabezpieczeń antykorozyjnych z powłoki metalowej natryskiwanej cieplnie uszczelnionej organicznymi powłokami malarskimi oraz minimalna sumaryczna grubość powłok malarskich (z farb ciekłych) w środowisku korozyjnym C4 i C5 oraz trwałości długiej i bardzo długiej [44]**

| Trwałość | | Długa (H) | Bardzo długa (VH) |
|---|---|---|---|
| Substancja błonotwórcza kolejnych powłok | | EP, PUR | EP, PUR |
| C4 | MNOC | 2 | 2 |
| | NDFT | 160 | 200 |
| C5 | MNOC | 2 | 2 |
| | NDFT | 200 | 240 |

**Tab. 7.4. Dopuszczalna minimalna grubość powłoki metalowej natryskiwanej cieplnie w środowisku korozyjnym C4, C5 i CX [44]**

| Środowisko | Metal | | |
|---|---|---|---|
| | Cynk | Aluminium | ZnAl15 |
| C4 | 150 | 100 | 100 |
| C5 | 150 | 100 | 100 |
| CX | 200 | 150 | 150 |

Uwaga 1: Naddatki grubości nie mogą przekraczać +90 µm, przy wyższych przekroczeniach o pozostawieniu powłoki decyduje pomiar przyczepności i brak spękań.
Uwaga 2: Powłoki muszą być nanoszone na powierzchnie stalowe oczyszczone strumieniowo-ściernie ścierniwem ostrokątnym do stopnia Sa 3 tak, aby uzyskać profil chropowatości pośredni według normy [32].
Uwaga 3: Powłoka uszczelniająca musi być nałożona nie później niż w ciągu 4 godzin.

**Tab. 7.5. Dopuszczalne grubości powłoki cynkowej zanurzeniowej w cynkowaniu jednostkowym [9]**

| Wyrób i jego grubość g [mm] | | Grubość miejscowa powłoki (wartość min.) [µm] | Miejscowa masa powłoki (wartość min.) [g/m$^2$] | Grubość średnia powłoki (wartość min.) [µm] | Średnia masa powłoki (wartość min.) [g/m$^2$] |
|---|---|---|---|---|---|
| Stal | $g > 6$ | 70 | 505 | 85 | 610 |
| | $3 < g \leq 6$ | 55 | 395 | 70 | 505 |
| | $1,5 \leq g \leq 3$ | 45 | 325 | 55 | 395 |
| | $g < 1,5$ | 35 | 250 | 45 | 325 |
| Żeliwo | $g \geq 6$ | 70 | 505 | 80 | 575 |
| | $g < 6$ | 60 | 430 | 70 | 505 |

Uwaga: Tabela służy do użytku ogólnego – normy poszczególnych wyrobów mogą zawierać inne wymagania, łącznie z innymi kategoriami grubości powłok. Podane w tabeli wymagania odnośnie do miejscowej masy powłoki oraz średniej masy powłoki stanowią odniesienie w przypadkach spornych.

**Tab. 7.6. Rodzaje dopuszczalnych zabezpieczeń antykorozyjnych z powłoki cynkowej zanurzeniowej z organicznymi powłokami malarskimi (z farb ciekłych) oraz minimalne sumaryczna grubość powłok malarskich w środowisku korozyjnym C4 i C5 oraz trwałości długiej i bardzo długiej [44]**

| Trwałość | | Długa (H) | | | Bardzo długa (VH) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Substancja błonotwórcza gruntu | | EP, PUR | PVC | AY | EP, PUR | AY |
| Substancja błonotwórcza kolejnych powłok | | EP, PUR, AY | PVC | AY | EP, PUR, AY | AY |
| C4 | MNOC | 2 | 2 | 2 | 2 | - |
| | NDFT | 160 | 200 | 200 | 200 | - |
| C5 | MNOC | 2 | - | - | 2 | - |
| | NDFT | 200 | - | - | 240 | - |

**Tab. 7.7. Rodzaje dopuszczalnych zabezpieczeń antykorozyjnych z powłoki cynkowej zanurzeniowej i ciągłej z proszkowymi powłokami malarskimi oraz grubość proszkowych powłok malarskich w środowisku korozyjnym C4 i C5 oraz trwałości długiej i bardzo długiej [44]**

<table>
<tr><th colspan="2">Trwałość</th><th colspan="4">Długa (H)</th><th colspan="4">Bardzo długa (VH)</th></tr>
<tr><td colspan="2">Powłoka konwersyjna</td><td colspan="4">Fosforanowanie żelazowe<br><br>Fosforanowanie cynkowe krystaliczne 1,5–4 g/m$^2$<br>Powłoki zawierające związki krzemoorganiczne (silany) opcjonalnie ze związkami cyrkonu lub tytanu albo cyrkonu i tytanu</td><td colspan="4">Fosforanowanie cynkowe krystaliczne 1,5–4 g/m$^2$<br>Fosfochromianowanie 0,6-1,5 g/m$^2$<br><br>Powłoki zawierające związki krzemoorganiczne (silany) opcjonalnie ze związkami cyrkonu lub tytanu albo cyrkonu i tytanu</td></tr>
<tr><td colspan="2">Substancja błonotwórcza gruntu</td><td colspan="2">EP</td><td colspan="2">F</td><td colspan="2">PE</td><td colspan="2">EP</td><td colspan="2">F</td><td colspan="2">PE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Substancja błonotwórcza kolejnych powłok</td><td colspan="2">PE</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">F</td><td colspan="2">PE</td><td colspan="2">F</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">F</td></tr>
<tr><td rowspan="2">C4</td><td>MNOC</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">2</td></tr>
<tr><td>NDFT</td><td colspan="2">80/80</td><td colspan="2">50</td><td colspan="2">80</td><td colspan="2">80/50</td><td colspan="2">80/80</td><td colspan="2">80/50</td><td colspan="2">70</td><td colspan="2">80/50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">C5</td><td>MNOC</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">2</td></tr>
<tr><td>NDFT</td><td colspan="2">2×60/60<br>lub<br>60/2×60</td><td colspan="2">70</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">80/50</td><td colspan="2">2×80/60</td><td colspan="2">80/70</td><td colspan="2">70</td><td colspan="2">80/50</td></tr>
<tr><td colspan="14">Uwaga 1: Dopuszczalne jest przygotowanie podłoża poprzez omiatanie drobnym ścierniwem zgodnie z normą [31].<br>Uwaga 2: Precyzyjne wymagania dotyczące powłok konwersyjnych i warunków aplikacji farb proszkowych należy ustalać z producentami wyrobów; podane w tabeli dane należy przyjąć jako informacyjne.<br>Uwaga 3: Gruntująca powłoka epoksydowa może być z wypełniaczem cynkowym.</td></tr>
</table>

(9) Powłoki o grubości 85 µm zabezpieczają antykorozyjnie podłoże stalowe, według normy [38], przez okres co najmniej 20 lat w środowisku C4 i co najmniej 10 lat w środowisku C5.

(10) Powłok cynkowych zanurzeniowych, jako samodzielnego zabezpieczenia o podanych w tabeli grubościach, nie należy stosować w środowisku z dużą zawartością chlorków oraz gdy na konstrukcji występują szczeliny.

(11) W odniesieniu do stalowych konstrukcji inżynierskich zabezpieczonych powłoką cynkową, jako samodzielnym zabezpieczeniem, należy dobrać stal, na której można uzyskać powłoki cynkowe o dobrych właściwościach mechanicznych o grubości nie mniejszej niż 150 µm, na elementach o grubości ścianki nie mniejszej niż 6 mm.

(12) Grubość powłoki cynkowej zależy od rodzaju zastosowanej stali i może się miejscowo różnić w zależności od składu stali.

(13) W odniesieniu do zabezpieczenia antykorozyjnego składającego się z powłoki aluminiowej lub jej stopu z organicznymi powłokami malarskimi z farb ciekłych lub proszkowych dopuszcza się posiadanie Certyfikatu Qualicoat [65], AAMA [66], [67], [68], Qualanod [69] lub KOT [6] odpowiednio w środowisku C4 lub C5.

(14) Śruby, nakrętki i podkładki powinny mieć trwałość antykorozyjną taką jak cała konstrukcja.

(15) Zabezpieczenia antykorozyjne powinny spełniać następujące wymagania:

a) przyczepność do podłoża i przyczepność międzywarstwowa, określana zgodnie z normą [20] metodą nacięcia krzyżem, nie wyższa niż 1 w odniesieniu do powłok organicznych i nieorganicznych oraz nie niższa niż 5 MPa do powłok metalowych natryskiwanych cieplnie, określana zgodnie z normą [19], przy czym pojedynczy pomiar nie może być niższy niż 3 MPa. Ponieważ badanie przyczepności jest badaniem niszczącym, należy wykonywać je na próbkach świadkach, a dopiero

w przypadkach wątpliwych dopuścić dodatkowe badania sprawdzające na konstrukcji,

b) grubość powinna być określana w odniesieniu do powłok:
   - malarskich, zgodnie z normą [38],
   - metalowych natryskiwanych cieplnie, zgodnie z normami [37] i [59],
   - cynkowych zanurzeniowych, zgodnie z normą [38],

c) klasa staranności w odniesieniu do powłok nawierzchniowych powinna wynosić:
   - klasa II na min. 70% powierzchni,
   - klasa III na max. 30% dla całego systemu, według załącznika nr 3,

d) wszystkie powłoki nie powinny mieć wad niedopuszczalnych według załącznika nr 3,

e) trwałość koloru i połysku powinna być zgodna z wymaganiami Inwestora i określana zgodnie z normami [21] i [22],

f) wszystkie zabezpieczenia antykorozyjne nowych konstrukcji powinny być wykonane w wytwórni, a na placu budowy powinny być wykonane tylko zabezpieczenia spoin i uszkodzeń takim samym zabezpieczeniem antykorozyjnym, jak na całej konstrukcji. Wyjątek mogą stanowić powierzchnie do 10 $cm^2$ na konstrukcjach zabezpieczanych powłoką metalową natryskiwaną cieplnie i powłoką cynkową zanurzeniową, gdzie zamiast tych powłok można nałożyć powłokę epoksydową wysokocynkową lub powłokę z farby na bazie żywicy węglowodorowej ze zmikronizowanym cynkiem w ilości powyżej 90% wag. cynku w suchej powłoce,

g) przed wykonaniem renowacji zabezpieczeń antykorozyjnych należy wykonać ocenę ich stanu technicznego. Ocenę tę powinny wykonywać osoby, które legitymują się udokumentowanym doświadczeniem zrealizowanych projektów zabezpieczeń antykorozyjnych obiektów inżynierskich i ukończonym szkoleniem w tym zakresie lub udokumentowanym wyższym wykształceniem technicznym w dziedzinie ochrony przed korozją. Ocena powinna zawierać:
   - dokumentację fotograficzną stanu technicznego konstrukcji,
   - ustalenie miejsc i obszarów szczególnie narażonych korozyjnie,
   - ustalenie kategorii korozyjności z uwzględnieniem miejsc i obszarów szczególnie narażonych korozyjnie,
   - określenie właściwości istniejących powłok, co najmniej takich jak: przyczepność (do podłoża i międzywarstwowa), grubość poszczególnych warstw, barwa, połysk, zawartość związków ołowiu i chromu na VI stopniu utlenienia, zniszczenia według norm: [14] (spęcherzenie), [15] (skorodowanie), [16] (spękanie), [17] (złuszczenie) i [18] (skredowanie),
   - określenie rodzaju pozostawianych powłok przy renowacji częściowej,
   - określenie mechanicznych uszkodzeń powłok,
   - ustalenie koniecznych napraw,
   - ustalenie zaleceń technologii zabezpieczeń i doboru powłok biorąc pod uwagę zróżnicowane zagrożenie korozyjne oraz przyszłe renowacje.

# 8. Powierzchnie referencyjne

(1) Przy zabezpieczaniu nowych konstrukcji oraz przy wykonywaniu prac renowacyjnych należy wykonać powierzchnie referencyjne w celu sprawdzenia wykonywalności wyspecyfikowanej technologii i materiałów oraz określenia minimalnych standardów wykonania prac. Powierzchnie referencyjne mogą być również stosowane w celu porównania zachowania się zabezpieczenia antykorozyjnego na tej powierzchni i pozostałej powierzchni konstrukcji w celach gwarancyjnych jeżeli strony tak ustaliły.

(2) Powierzchnie referencyjne powinny obejmować wszystkie powierzchnie typowe w odniesieniu do zagrożeń korozyjnych na danej konstrukcji.

(3) Minimalna liczba powierzchni referencyjnych powinna być zgodna z wymaganiami normy [40], które podano również w tab. 5.1.

**Tab. 5.1. Minimalna liczba powierzchni referencyjnych [40]**

| Powierzchnia P zabezpieczanej antykorozyjnie konstrukcji [m$^2$] | Zalecana liczba powierzchni referencyjnych | Zalecany stosunek powierzchni referencyjnych do powierzchni konstrukcji [%] |
|---|---|---|
| P ≤ 5 000 | 1 | 0,30 |
| 5 000 < P ≤ 10 000 | 2 | 0,30 |
| 10 000 < P ≤ 25 000 | 3 | 0,20 |
| 25 000 < P ≤ 50 000 | 4 | 0,15 |
| P > 50 000 | 5 | 0,10 |

(4) Powierzchnie referencyjne powinny być wykonane w obecności przedstawiciela Inwestora, Wykonawcy i Producenta materiałów.

(5) Miejsca, liczbę i powierzchnię powierzchni referencyjnych wyznacza Przedstawiciel Inwestora.

(6) Pierwsza powierzchnia referencyjna powinna być wykonana na pierwszym zabezpieczanym elemencie konstrukcji.

(7) Powierzchnie referencyjne powinny być oznaczone w sposób trwały i prosty do zidentyfikowania.

# 9. Techniczne warunki gwarancji

(1) W przypadku nowych zabezpieczeń antykorozyjnych zalecane jest przyjęcie, już na etapie projektu, następujących technicznych warunków gwarancji:

a) sprawdzenie stanu powłoki w ramach przeglądu gwarancyjnego po 5 latach od daty odbioru końcowego, jeśli warunki kontraktu nie mówią inaczej; dla zabezpieczeń antykorozyjnych zaleca się 5-letni okres gwarancyjny,
b) ocena stanu powłoki zostanie przeprowadzona na podstawie oceny:
   - stanu powłok według wzorców zawartych w normach [14], [15], [16], [17] i [18],
   - przyczepności powłok metodą nacięcia krzyżem według normy [20] lub w przypadku zabezpieczenia z powłoką metalową natryskiwaną cieplnie – metodą odrywania według normy [19] z podaniem przyrządu, którym będzie wykonywane badanie,
   - zmiany barwy według normy [21],
c) do wykonywania poprawek w okresie gwarancyjnym kwalifikują się powłoki na tych elementach konstrukcji, na których:
   - występuje skorodowanie większe niż na wzorcu Ri 1 według normy [15],
   - występuje kredowanie powyżej stopnia 2 według normy [18],
   - występuje jakiekolwiek pęcherzenie, łuszczenie i pękanie powłok, wyłączając uszkodzenia mechaniczne spowodowane przez użytkowników,
   - wartość pomiaru przyczepności powłok do podłoża i przyczepności międzywarstwowej powłok jest wyższa niż stopień 1 lub ma wartość pomiaru niższą niż 5 MPa [19], [20],
   - zmiana barwy jest większa niż $\Delta E_{2000} = 5$ według normy [21] lub różni się od innych ustaleń w Specyfikacji Technicznej.

(2) W konstrukcjach zespolonych stalowo-betonowych, niezależnie od odpowiedniej ochrony przewidzianej do poszczególnych materiałów, powinno być zapewnione odprowadzenie skroplin pary wodnej wydostających się z betonu i osadzających się na pasach elementów stalowych.

# 10. Wymagania dotyczące utrzymania

(1) Zalecenia dotyczące utrzymania zabezpieczeń antykorozyjnych powinny stanowić część instrukcji utrzymania.

(2) W instrukcji trzeba określić, z jakich materiałów jest wykonany istniejący system antykorozyjny, kiedy został wykonany, umieścić opisy technologiczne i zalecane częstotliwości prac konserwacyjnych:

a) dotyczące pozimowego mycia konstrukcji (zaleca się mycie po każdej zimie do uzyskania poziomu zanieczyszczeń jonowych 40 μS/cm, zdjętych według normy [36]),
b) dotyczące innych prac konserwacyjnych charakterystycznych dla danego obiektu:
   - zaleca się usuwanie odchodów ptasich, co najmniej raz w roku,
   - zaleca się utrzymywanie drożności otworów odpływowych co najmniej raz na kwartał,
   - zaleca się utrzymywać drożność wszelkich odwodnień i kontrolować, czy spływająca woda nie ścieka po obiekcie,
   - zaleca się usuwanie zanieczyszczeń z elementów skrzynkowych i innych elementów pozwalających na ich gromadzenie się co najmniej raz na kwartał,
   - zaleca się nie dopuszczanie do porastania powłok w miejscach stale zacienionych i wilgotnych,
   - wszelka roślinność (poza roślinnością celowo umieszczoną na obiekcie) nie powinna być w odległości mniejszej niż 2,0 m od każdego elementu obiektu.

(3) Naprawy powłok, w tym naprawy uszkodzeń mechanicznych i korozyjnych, muszą być prowadzone według technologii i materiałami zalecanymi w ostatniej Specyfikacji Technicznej dotyczącej tych prac:

a) naprawa uszkodzeń powinna być wykonana w możliwie najkrótszym terminie (nie dłuższym niż w ciągu miesiąca) po ich identyfikacji lub w czasie umożliwiającym prowadzenie prac malarskich,
b) powłoki skredowane do stopnia wyższego niż 5 według normy [18] powinny być w ciągu roku odnowione (omiecione strumieniowo-ściernie i przemalowane dodatkową warstwą powłoki nawierzchniowej).

# Załącznik nr 1. Wymagania dotyczące powłok cynkowych zanurzeniowych, przedstawiane ocynkowni według normy [9]

(1) Wymagania dotyczące powłok cynkowych zanurzeniowych, które należy przedstawić w ocynkowni, podano w tab. Z.1.1.

(2) Wymagania zawarte w punktach 3 i 4 tabeli są obligatoryjne ze względu na jakość powłoki cynkowej. Wszystkie inne punkty należy wypełnić zgodnie z wymaganiami każdego kontraktu.

**Tab. Z.1.1. Wymagania techniczne dotyczące powłok cynkowych zanurzeniowych**

| Lp. | Parametry techniczne określane przez Zamawiającego | Wymaganie |
|---|---|---|
| 1 | Skład chemiczny i wszystkie właściwości materiału podłoża, które mogą mieć wpływ na przebieg cynkowania zanurzeniowego, w tym dokumentację warunków dostawy stali, zgodnie z PN-EN 10025-1:2007, PN-EN 10163-3:2006, PN-EN 10204:2006 | |
| 2 | Obecność na wyrobie powierzchni po cięciu płomieniowym, laserowym lub plazmowym | |
| 3 | Wskazanie powierzchni istotnie ważnych | wszystkie powierzchnie są istotnie ważne |
| 4 | Wielkość powierzchni nieocynkowanych | 0,01% |
| 5 | Rysunek lub inne rodzaje identyfikacji obszarów, na których nieregularności, np. zgrubienia lub miejsca sklejenia, mogą ocynkowany wyrób uczynić bezużytecznym do przewidywanego użytkowania; zamawiający powinien ustalić z wykonawcą sposób rozwiązania takich problemów | |
| 6 | Umiejscowienie otworów odpowietrzających – do uzgodnienia z ocynkownią | |
| 7 | Wskazania dotyczące wymaganej jakości wykończenia powierzchni | |
| 8 | Specjalne wymagania dotyczące przygotowania powierzchni | |
| 9 | Specjalne wymagania dotyczące grubości powłoki | |
| 10 | Potrzebę albo akceptację odwirowywania wyrobów | |
| 11 | Skład stali (objętościowy i powierzchniowy) | |
| 12 | Stan powierzchni stali | |
| 13 | Chropowatość powierzchni wyrobu | |
| 14 | Projekt wyrobu (wielkość, ciężar i kształt) | |
| 15 | Naprężenia w wyrobie | |
| 16 | Określenie prób odbiorczych | |

# Załącznik nr 2. Badania przyspieszone w celu uzyskania KOT w odniesieniu do zabezpieczeń antykorozyjnych w środowisku C4 i C5

(1) Wymagania stawiane systemom antykorozyjnym eksponowanym w środowisku korozyjnym C5, okres trwałości H i VH, zgodnie z normą [8], przedstawiono w tab. Z.2.1.

**Tab. Z.2.1. Wymagania stawiane systemom antykorozyjnym eksponowanym w środowisku korozyjnym C5, okres trwałości H i VH (1 z 2)**

| Lp. | Zasadnicza charakterystyka | Dotyczy podstawowego wymagania | Poziom/Klasa/Opis | Metody oceny według normy lub procedury |
|---|---|---|---|---|
| **Wyroby powłokowe do ochrony przed korozją konstrukcji metalowych** | | | | |
| 1 | Odporność na działanie mgły solnej i UV, cykle zmienne | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | 12 cykli (2016 h) lub 16 cykli dla środowiska C5-VH | załącznik B [44] |
| 2 | Ocena stopnia spęcherzenia, zardzewienia, spękania, złuszczenia po badaniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] próbek nienaciętych | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Powłoka bez zmian (0(S0)) i Ri0 (dla zardzewienia) | [14], [15], [16], [17] |
| 3 | Ocena stopnia spęcherzenia, zardzewienia, spękania, złuszczenia po badaniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] próbek naciętych | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Powłoka ze zmianami do 4 mm od rysy na maksymalnym poziomie (2(S3)) i Ri1 (dla zardzewienia) | [14], [15], [16], [17] |
| 4 | Ocena stopnia odwarstwienia od rysy po badaniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] próbek naciętych | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Powłoka ze zmianami do 4 mm od rysy | [45] |
| 5 | Odporność na promieniowanie fluorescencyjne UV | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | 2000 h stopień skredowania max 2 zgodnie z normą [18] | [46] |
| 6 | Przyczepność do podłoża przed starzeniem | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Min. 5 [MPa] lub stopień 0 | [47], [48] |
| 7 | Przyczepność do podłoża po starzeniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Min. 5 [MPa] lub stopień 0 | [47], [48] |
| 8 | Odporność powłok na ciągłą kondensację pary wodnej | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Brak zmian jak w punkcie 3 | [49] |
| 9 | Pomiar grubości systemu antykorozyjnego | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Zgodnie z deklaracją producenta ±10% wartości deklarowanej | met. 7B.2 lub 7C [29] |
| 10 | Rezystancja powłoki przed starzeniem (EIS) | | $\geq 10^9\ \Omega$ cm | [50] |
| 11 | Rezystancja powłoki po starzeniu zgodnie z normą [45] (EIS) | | $\geq 10^8\ \Omega$ cm | [50] |
| 12 | Morfologia systemu antykorozyjnego w tym oznaczenie wielkości pigmentów antykorozyjnych | | - | Analiza za pomocą mikroskopu skaningowego. Dopuszczalna różnica próbek względem wzoru 20%. |
| 13 | Widmo FTIR w zakresie od 400 do 4000 cm-1 | | Zgodnie ze wzorcem. Występowanie i względna intensywność głównych pików | [51], [58] |

**Tab. Z.2.1. Wymagania stawiane systemom antykorozyjnym eksponowanym w środowisku korozyjnym C5, okres trwałości H i VH (2 z 2)**

| Lp. | Zasadnicza charakterystyka | Dotyczy podstawowego wymagania | Poziom/Klasa/Opis | Metody oceny według normy lub procedury |
|---|---|---|---|---|
| **Wyroby powłokowe do ochrony przed korozją konstrukcji metalowych** | | | | |
| 14 | Udarność przed badaniami korozyjnym oceniana na awersie próbki | | 80 | [52] |
| 15 | Udarność po badaniach korozyjnych oceniana na awersie próbki | | 40 | [52] |
| 16 | Zmiana połysku po starzeniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] | | Max. 50% wartości wyjściowej | [22] |
| 17 | Lepkość/kubek | | Określona według deklaracji producenta | [53] |
| 18 | Gęstość | | | [54] |
| 19 | Zawartość części stałych | | | [55] |
| 20 | Zawartość lotnych związków organicznych | | | [56] |
| 21 | Zawartość pigmentów | | | Odpowiednio do pigmentu |

(2) Wymagania stawiane systemom antykorozyjnym eksponowanym w środowisku korozyjnym C4, okres trwałości H i VH, zgodnie z normą [8], przedstawiono w tab. Z.2.2.

**Tab. Z.2.2. Wymagania stawiane systemom antykorozyjnym eksponowanym w środowisku korozyjnym C4 okres trwałości H i VH (1 z 2)**

| Lp. | Zasadnicza charakterystyka | Dotyczy podstawowego wymagania | Poziom/Klasa/Opis | Metody oceny według normy lub procedury |
|---|---|---|---|---|
| **Wyroby powłokowe do ochrony przed korozją konstrukcji metalowych** | | | | |
| 1 | Odporność na działanie mgły solnej i UV, cykle zmienne | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | 8 cykli (1344 h) lub 12 cykli dla środowiska C4-VH | załącznik B [44] |
| 2 | Ocena stopnia spęcherzenia, zardzewienia, spękania, złuszczenia po badaniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] próbek nienaciętych | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Powłoka bez zmian (0(S0)) i Ri0 (dla zardzewienia) | [14], [15], [16], [17] |
| 3 | Ocena stopnia spęcherzenia, zardzewienia, spękania, złuszczenia po badaniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] próbek naciętych | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Powłoka ze zmianami do 4 mm od rysy na maksymalnym poziomie (2(S3)) i Ri1 (dla zardzewienia) | [14], [15], [16], [17] |
| 4 | Ocena stopnia odwarstwienia od rysy po badaniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] próbek naciętych | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Powłoka ze zmianami do 4 mm od rysy | [45] |
| 5 | Odporność na promieniowanie fluorescencyjne UV | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | 2000 h stopień skredowania max 2 zgodnie z normą [18] | [46] |
| 6 | Przyczepność do podłoża przed starzeniem | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Min. 5 [MPa] lub stopień 0 | [47], [48] |
| 7 | Przyczepność do podłoża po starzeniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Min. 5 [MPa] lub stopień 0 | [47], [48] |
| 8 | Odporność powłok na ciągłą kondensację pary wodnej | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Brak zmian jak w punkcie 3 | [49] |

**Tab. Z.2.2. Wymagania stawiane systemom antykorozyjnym eksponowanym w środowisku korozyjnym C4 okres trwałości H i VH (2 z 2)**

| Lp. | Zasadnicza charakterystyka | Dotyczy podstawowego wymagania | Poziom/Klasa/Opis | Metody oceny według normy lub procedury |
|---|---|---|---|---|
| **Wyroby powłokowe do ochrony przed korozją konstrukcji metalowych** | | | | |
| 9 | Pomiar grubości systemu antykorozyjnego | 7. Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych | Zgodnie z deklaracją producenta ±10% wartości deklarowanej | met. 7B.2 lub 7C [29] |
| 10 | Rezystancja powłoki przed starzeniem (EIS) | | ≥ 109 Ω cm | [50] |
| 11 | Rezystancja powłoki po starzeniu zgodnie z normą [45] (EIS) | | ≥ 108 Ω cm | [50] |
| 12 | Morfologia systemu antykorozyjnego w tym oznaczenie wielkości pigmentów antykorozyjnych | | - | Analiza za pomocą mikroskopu skaningowego. Dopuszczalna różnica próbek względem wzoru 20%. |
| 13 | Widmo FTIR w zakresie od 400 do 4000 cm-1 | | Zgodnie ze wzorcem. Występowanie i względna intensywność głównych pików | [51], [57] |
| 14 | Udarność przed badaniami korozyjnymi oceniana na awersie próbki | | 80 | [52] |
| 15 | Udarność po badaniach korozyjnych oceniana na awersie próbki | | 40 | [52] |
| 16 | Zmiana połysku po starzeniu zgodnie z załącznikiem B normy [45] | | Max. 50% wartości wyjściowej | [22] |
| 17 | Lepkość/kubek | | Określona według deklaracji producenta | [53] |
| 18 | Gęstość | | | [54] |
| 19 | Zawartość części stałych | | | [55] |
| 20 | Zawartość lotnych związków organicznych | | | [56] |
| 21 | Zawartość pigmentów | | | Odpowiednio do pigmentu |

# Załącznik nr 3. Wady niedopuszczalne i klasy staranności powłok antykorozyjnych

(1) Ocenę staranności wykonana powłoki wykonuje się porównując ją ze wzorcami i ich opisem.

(2) W celu zaklasyfikowania powłoki należy posługiwać się wzorcami obrazującymi klasy jakości powłok (rys. Z.3.1, Z.3.2, Z.3.3 i Z.3.4). Ustalono cztery klasy jakości powłok malarskich. Dopuszczalne w każdej klasie wady powłok, nieobniżające ich walorów eksploatacyjnych podane są w tab. Z.3.1.

(3) W ocenie staranności wykonania należy zwrócić uwagę na obecność i nasilenie następujących wad: zanieczyszczenia stałe, zacieki, ukłucia igłą, kratery, zmarszczenia, spękania, skórka pomarańczowa.

**Tab. Z.3.1: Klasy jakości powłok malarskich**

| Wady powłoki | Klasa I | Klasa II | Klasa III | Klasa IV |
|---|---|---|---|---|
| **Zmiana koloru i odcienia** | Kolor i odcień zgodnie z kartą kolorów | Kolor zgodny z kartą kolorów; nieznaczna zmiana odcienia na zaciekach | Kolor zgodny z kartą kolorów; nieznaczne różnice w odcieniu | Kolor zgodny z kartą kolorów; dopuszczalne różnice w odcieniu |
| **Zanieczyszczenia stałe** | Pojedyncze zanieczyszczenia stałe o średnicy nie przekraczającej 0,5 mm, wzorzec I | Pojedyncze zanieczyszczenia wmalowane w powłokę lub osadzone w warstwie nawierzchniowej, wzorzec IIa | Zanieczyszczenia w formie pojedynczych zgrupowań, których powierzchnia nie przekracza 1 cm², wzorzec IIIa | Znaczna ilość zanieczyszczeń formie zgrupowań wmalowanych lub osadzonych w powłoce, wzorzec IVa |
| **Zacieki** | Niedopuszczalne | Nieznaczne zacieki uwidaczniające się jedynie zmianą odcienia powłoki, wzorzec IIb | Zacieki małe, płaskie, niekończące się kroplami farby, wzorzec IIIb | Dość znaczna ilość zacieków, kończących się płaskimi kroplami farby, wzorzec IVb |
| **Ukłucia igłą, kratery** | Niedopuszczalne | Pojedyncze ukłucia igłą, wzorzec IIc | Dość liczne ukłucia igłą, wzorzec IIIa<br><br>Pojedyncze kratery w nawierzchniowych powłokach systemu, wzorzec IIIc | Liczne ukłucia igłą i dość liczne kratery nieprzebijające powłoki do podłoża, wzorzec IVc |
| **Zmarszczenia, spęcherzenia, skórka pomarańczowa, spękania powierzchniowe** | Niedopuszczalne | Bardzo nieznaczne drobne zmarszczenia, wzorzec IId<br>Niedopuszczalne spękania, skórka pomarańczowa i spęcherzenia | Drobne zmarszczenia, wzorzec IIIa<br>Nieznaczna skórka pomarańczowa, wzorzec IIId<br>Niedopuszczalne spękania i spęcherzenia | Drobne spęcherzenia, wzorzec IVb<br>Skórka pomarańczowa, zmarszczenia, spękania powierzchniowe, wzorzec IVd |

(4) Za niedopuszczalne wady powłok malarskich uznaje się wady wynikające ze złej jakości farb lub zastosowania w systemie farb nie kompatybilnych ze sobą w wyniku czego występuje na ogół podnoszenie się pokrycia, spęcherzenie i zmarszczenie.

(5) Do tej grupy wad zalicza się również wady powstałe wskutek bardzo niestarannego prowadzenia prac malarskich. Wzorce niedopuszczalnych wad pokazano na rys. Z.3.5.

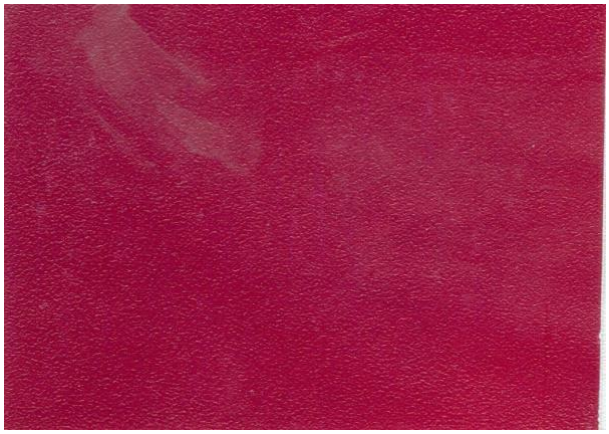
(6) Za wady niedopuszczalne uznano:

a) grube zacieki w formie firanek z występującymi na nich spęcherzeniami powłoki,

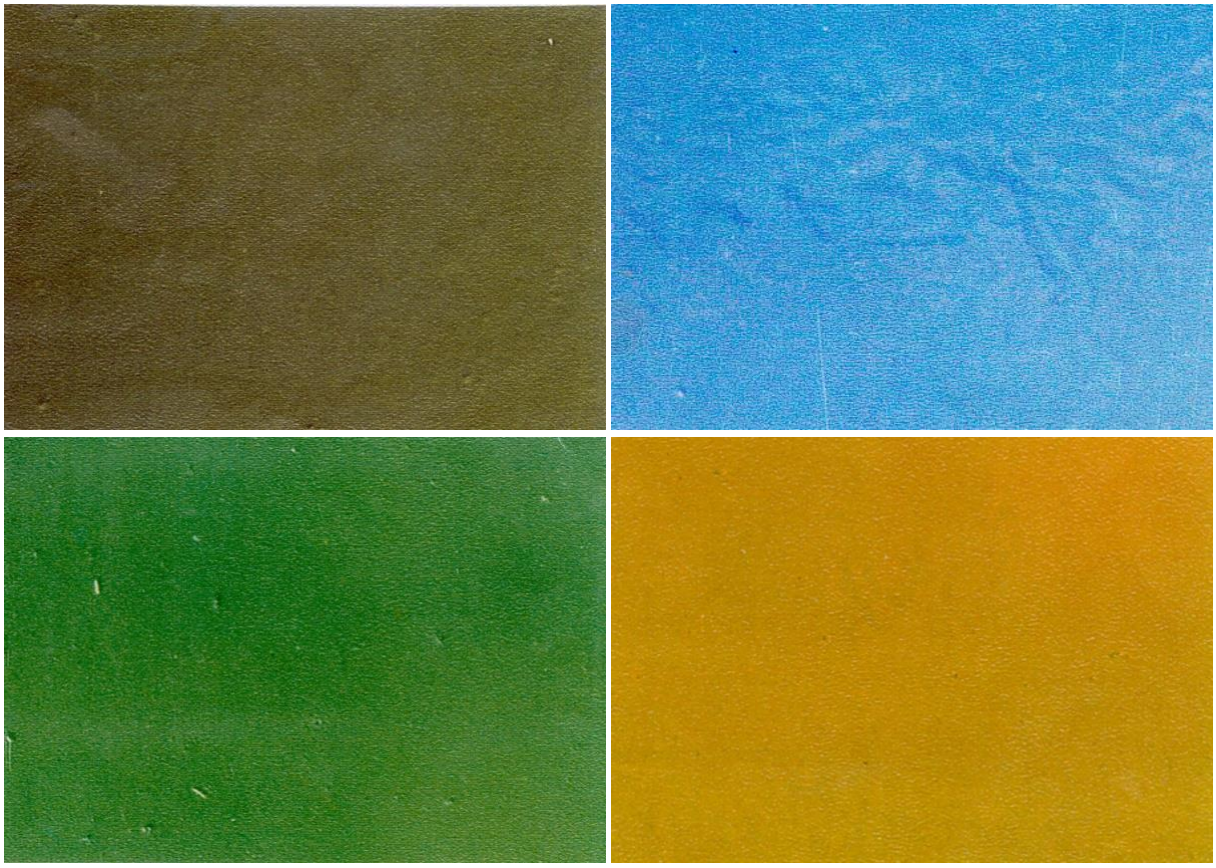
b) grube zacieki kończące się kroplami farby,
c) skórka pomarańczowa i kratery,
d) kratery przebijające powłokę do podłoża,
e) duże spęcherzenia powłoki nawierzchniowej,
f) bardzo duże spęcherzenia całego systemu,
g) zmarszczenia, spękania wgłębne,
h) spękania deseniowe całego systemu.

(7) Wystąpienie choćby jednej w wymienionych wad dyskwalifikuje powłokę na danym miejscu obserwacyjnym.

(8) Powłoki otrzymane z farb z wypełniaczami płatkowymi dają wrażenie optyczne niejednorodności barwy i połysku. Dotyczy to również powłok w kolorze RAL 9006 i 9007 pigmentowanych płatkami aluminium. Nie jest to wadą, ale nieodłączną cechą tych powłok.



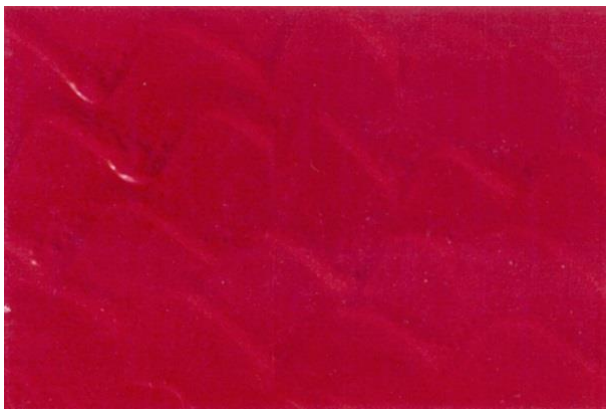
**Rys. Z.3.1. Klasy jakości powłok, wzorzec klasy I**



**Rys. Z.3.2. Klasy jakości powłok, wzorce klasy II**

**Rys. Z.3.3. Klasy jakości powłok, wzorce klasy III**

**Rys. Z.3.4. Klasy jakości powłok, wzorce klasy IV**



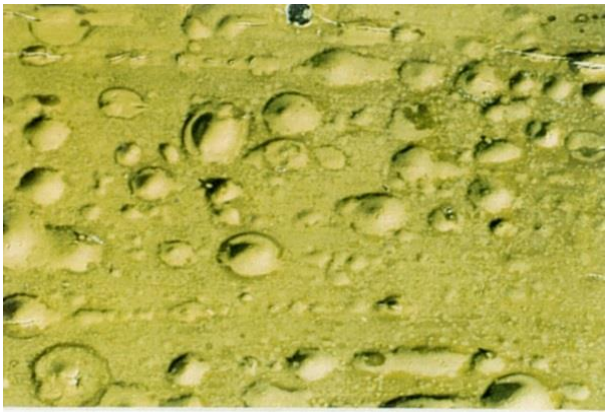
a) grube zacieki w formie „firanek" z występującymi na nich pęcherzami farby

b) grube zacieki kończące się kroplami farby

c) skórka pomarańczowa i kratery, wynikające z podnoszenia się powłoki

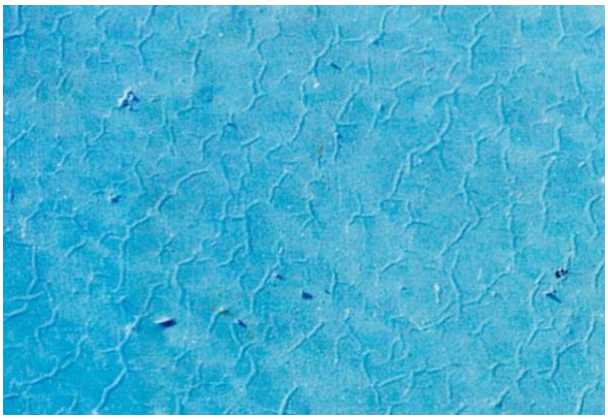
d) kratery przebijające powłokę do podłoża

e) duże spęcherzenia powłoki nawierzchniowej



f) bardzo duże spęcherzenia całego zestawu

g) zmarszczenia, spękania wgłębne



h) spękania deseniowe

Rys. Z.3.5. Niedopuszczalne wady powłok malarskich