

**Andrzej Miszczyk, Michał Szociński,  
Kazimierz Darowicki**

**Powłoki malarskie  
w ochronie  
przeciwkorozyjnej**

**Zasady stosowania  
i kontrola jakości**

**Gdańsk 2022**

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

*Dariusz Mikielewicz*

RECENZENT

*Józef Haponiuk*

REDAKCJA JĘZYKOWA

*Agnieszka Frankiewicz*

SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI

*Wioleta Lipska-Kamińska*

Wydano za zgodą  
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem  
<https://www.sklep.pg.edu.pl>

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie  
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy.

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2022

ISBN 978-83-7348-880-9

# Spis treści

Spis ważniejszych oznaczeń i skrótów .....	7
Wstęp .....	11
1. Korozja – definicja, typy, środowiska .....	13
1.1. Podział ze względu na mechanizm procesu korozyjnego .....	13
1.1.1. Mechanizm elektrochemiczny .....	13
1.1.2. Mechanizm chemiczny .....	14
1.2. Podział ze względu na typ zniszczeń korozyjnych .....	15
1.3. Podział ze względu na środowisko .....	16
2. Metody ochrony przed korozją .....	17
2.1. Ochrona powłokowa .....	17
2.1.1. Powłoki metalowe .....	17
2.1.2. Powłoki niemetalowe .....	18
2.1.3. Powłoki organiczne .....	19
2.2. Ochrona inhibitorowa .....	20
2.3. Ochrona elektrochemiczna .....	21
2.3.1. Ochrona katodowa z wykorzystaniem zewnętrznego źródła prądu stałego .....	21
2.3.2. Ochrona katodowa z użyciem anod galwanicznych .....	22
3. Powłoki ochronne – skład, właściwości, mechanizmy schnięcia .....	24
3.1. Skład farby .....	24
3.2. Schnięcie farby .....	26
3.2.1. Suszenie fizyczne .....	26
3.2.2. Utwardzanie chemiczne .....	27
3.2.3. Utwardzanie („schnięcie”) oksydacyjne .....	28
4. Projektowanie zabezpieczenia powłokowego .....	29
5. Przygotowanie podłoża przed malowaniem .....	34
5.1. Metody przygotowania powierzchni .....	34
5.2. Przygotowanie powierzchni przed nałożeniem farby .....	35
5.3. Obróbka stalowego podłoża (przygotowanie wstępne) .....	35
5.4. Czyszczenie powierzchni i odtłuszczanie .....	36

5.4.1. Narzędzia ręczne .....	38
5.4.2. Narzędzia ręczne z napędem mechanicznym .....	38
5.4.3. Czyszczenie strumieniowo-ścierne .....	39
6. Kontrola przygotowania podłoża przed malowaniem .....	47
6.1. Wzrokowa ocena stanu powierzchni .....	47
6.2. Chropowatość powierzchni podłoża przeznaczonego do malowania .....	50
6.2.1. Pomiar z wykorzystaniem komparatorów .....	50
6.2.2. Pomiar za pomocą miernika igłowego .....	52
6.2.3. Pomiar przy użyciu taśmy replikacyjnej .....	52
6.3. Zapylenie powierzchni przeznaczonej do malowania .....	54
6.4. Zatłuszczenie powierzchni przeznaczonej do malowania .....	55
6.5. Zawartość soli rozpuszczalnych na powierzchni przeznaczonej do malowania .....	55
7. Kontrola warunków klimatycznych .....	58
7.1. Temperatura otoczenia .....	58
7.2. Wilgotność względna .....	58
7.3. Różnica pomiędzy temperaturą malowanej powierzchni a temperaturą punktu rosy .....	59
7.4. Opady atmosferyczne .....	59
7.5. Wiatr .....	59
7.6. Wentylacja .....	59
7.7. Pomiar parametrów klimatycznych .....	60
8. Nakładanie powłok .....	62
8.1. Metody konwencjonalne: pędzel, wałek .....	62
8.2. Metoda natrysku powietrznego .....	63
8.3. Metoda natrysku bezpowietrznego .....	65
9. Kontrola jakości powłok w czasie nakładania i po nałożeniu .....	68
9.1. Pomiar grubości powłok na mokro .....	68
9.2. Pomiar grubości powłok na sucho .....	69
9.3. Pomiar twardości .....	70
9.3.1. Metoda Shore'a .....	71
9.3.2. Metoda Barcola .....	72
9.3.3. Metoda ołówkowa .....	72
9.4. Pomiar przyczepności .....	73
9.4.1. Metoda siatki nacięć .....	73
9.4.2. Metoda odrywowa .....	75
9.5. Pomiar szczelności .....	77
9.6. Pomiar gęstości farby .....	80
9.7. Pomiar lepkości kinematycznej farby .....	81
10. Inspekcja powłok .....	83
10.1. Rola inspektora .....	83

---

10.2. Plan inspekcji .....	84
10.3. Sprzęt inspekcyjny .....	86
11. Wady powłok .....	88
12. Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna w badaniu powłok .....	98
12.1. Podstawy spektroskopii impedancyjnej .....	98
12.2. Zastosowanie spektroskopii impedancyjnej w badaniach powłok .....	100
13. Zabezpieczenie zbiorników balastowych statków .....	106
14. Spis norm .....	110
Literatura .....	120
Słowniki terminów specjalistycznych .....	121
Słownik angielsko-niemiecko-polski .....	121
Słownik polsko-angielsko-niemiecki .....	132

## Spis ważniejszych oznaczeń i skrótów

$C$	– pojemność elektryczna [F, pF, nF, $\mu$ F; znormalizowana: F/cm <sup>2</sup> , pF/cm <sup>2</sup> , nF/cm <sup>2</sup> , $\mu$ F/cm <sup>2</sup> ]
$C_c$	– pojemność powłoki (c – od ang. <i>coating</i> )
$C_{dl}$	– pojemność podwójnej warstwy elektrycznej (dl – od ang. <i>double layer</i> )
$d$	– grubość powłoki
$f$	– częstotliwość [Hz]
$I$	– natężenie prądu [A]
$ Z $	– moduł impedancji $Z$ [ $\Omega$ , znormalizowany: $\Omega$ cm <sup>2</sup> ]
$R$	– rezystancja [ $\Omega$ ; znormalizowana: $\Omega$ cm <sup>2</sup> ]
$R_c$	– rezystancja powłoki (c – od ang. <i>coating</i> )
$R_{ct}$	– rezystancja przeniesienia ładunku (ct – od ang. <i>charge transfer</i> )
$R_e$	– rezystancja elektrolitu (e – od ang. <i>electrolyte</i> )
$R_p$	– rezystancja porów w powłoce (p – od ang. <i>pore</i> )
$R_y$	– maksymalna różnica wysokości profilu chropowatości powierzchni na długości pojedynczego odcinka elementarnego
$R_{y5}$	– parametr opisujący chropowatość powierzchni
$S_T$	– całkowite zanieczyszczenie jonowe powierzchni przeznaczony do malowania [mg/m <sup>2</sup> ]
$U$	– napięcie [V]
$Y, n$	– parametry elementu stałofazowego
$Z$	– impedancja [ $\Omega$ , znormalizowana: $\Omega$ cm <sup>2</sup> ]
$Z', Z''$	– część rzeczywista i urojona impedancji $Z$
$\epsilon$	– względna przenikalność (stała dielektryczna) materiału
$\epsilon_0$	– przenikalność elektryczna (stała dielektryczna) próżni, 8,854 · 10 <sup>-12</sup> F/m
$\theta$	– przesunięcie fazowe, kąt fazowy
$\omega$	– częstotliwość kołowa (kątowna) [rad/s]
A, B, C, D	– stany wyjściowe powierzchni stalowej przed oczyszczeniem
AY	– powłoka akrylowa (ang. <i>acryl</i> )
C1, C2, C3, C4, C5, CX	– kategorie korozyjności atmosfery
CPE (Y, n)	– element stałofazowy (ang. <i>constant phase element</i> )

CTF	– zbiór dokumentów dotyczących zabezpieczenia powłokowego zbiorników balastowych statku (ang. <i>Coating Technical File</i> )
DFT	– grubość powłoki na sucho (ang. <i>dry film thickness</i> )
DNV	– Det Norske Veritas
EP	– powłoka epoksydowa (ang. <i>epoxy</i> )
ESI	– powłoka etylokrzemianowa (ang. <i>ethyl silicate</i> )
Fl	– stopień oczyszczenia powierzchni na drodze płomieniowej (od ang. <i>flame</i> )
G	– typ komparatora do oceny chropowatości powierzchni uzyskanej przy użyciu ścierniwa ostrokątnego
HP WC	– mycie wodą pod wysokim ciśnieniem (ang. <i>high-pressure water cleaning</i> )
HP WJ	– czyszczenie wodą pod wysokim ciśnieniem (ang. <i>high-pressure water jetting</i> )
Im1, Im2, Im3, Im4	– kategorie korozyjności wód i gleby
IMO	– Międzynarodowa Organizacja Morska (International Maritime Organization)
LP WC	– mycie wodą pod niskim ciśnieniem (ang. <i>low-pressure water cleaning</i> )
NDFT	– nominalna grubość powłoki suchej (ang. <i>nominal dry film thickness</i> )
P Sa1, P Sa2, P Sa2½, P Sa3	– stopnie przygotowania wcześniej pokrytych powłokami podłoży stalowych po miejscowym usunięciu tych powłok na drodze obróbki strumieniowo-ściernej
P St2, P St3	– stopnie przygotowania wcześniej pokrytych powłokami podłoży stalowych po miejscowym usunięciu tych powłok na drodze obróbki narzędziami ręcznymi i narzędziami ręcznymi z napędem mechanicznym
P1, P2, P3	– stopnie przygotowania spoin, krawędzi i innych obszarów z wadami powierzchni
PSPC	– wymagania odnośnie do zabezpieczeń powłokowych zbiorników balastowych na statkach (ang. <i>Performance Standard for Protective Coatings</i> )
PUR	– powłoka poliuretanowa (ang. <i>polyurethane</i> )
S	– typ komparatora do oceny chropowatości powierzchni uzyskanej przy użyciu ścierniwa kulistego
Sa1, Sa2, Sa2½, Sa3	– stopnie przygotowania powierzchni przy użyciu obróbki strumieniowo-ściernej
SOK	– stacja ochrony katodowej
SOLAS	– Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu ( <i>Safety of Life at Sea</i> )
St1, St2, St3	– stopnie przygotowania powierzchni przy użyciu narzędzi ręcznych i narzędzi ręcznych z napędem mechanicznym

---

UHP WJ	– czyszczenie wodą pod ultrawysokim ciśnieniem (ang. <i>ultra-high-pressure water jetting</i> )
UV	– ultrafiolet (ang. <i>ultraviolet</i> )
Wa1, Wa2, Wa2½	– stopnie przygotowania powierzchni po czyszczeniu strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem
WC	– mycie wodą (ang. <i>water cleaning</i> )
WFT	– grubość powłoki na mokro (ang. <i>wet film thickness</i> )
WJ	– czyszczenie wodą (ang. <i>water jetting</i> )



# Wstęp

W książce przedstawiono podstawowe zasady wykonywania i kontroli jakości przeciwkorozyjnych wymalowań malarskich na konstrukcjach stalowych. Opracowanie powstało na bazie wykładów i zajęć praktycznych dla studentów Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej prowadzonych przez Katedrę Elektrochemii, Korozji i Inżynierii Materiałowej oraz realizowanych w ramach prac Katedry od około 12 lat kursów dla inspektorów powłok malarskich. Dotyczą one nadzoru wykonywania zabezpieczeń powłokowych na statkach morskich, w szczególności w zbiornikach balastowych. Kursy te są certyfikowane przez firmę DNV z siedzibą w Høvik w Norwegii, będącą znanym, międzynarodowym, akredytowanym towarzystwem klasyfikacyjnym.

Prezentowane zasady omówiono na przykładzie konstrukcji morskich, jednak obowiązują one w przypadku każdej konstrukcji stalowej. Przedstawione w książce wymagania stawiane wykonawcom prezentują – zgodnie z obecnym stanem wiedzy i doświadczeń – optymalny poziom pod względem trwałości zabezpieczenia przeciwkorozyjnego. Autorzy nie ponoszą jednak odpowiedzialności za ewentualne problemy wynikłe z zastosowania informacji zawartych w niniejszym opracowaniu.

Składamy podziękowania Kindze i Maciejowi Ksepkom z firmy Bemakor, Marcie Fabiszewskiej z firmy Siem Shipping Inc., Zbigniewowi Ostrowickiemu z firmy Jotun Polska, Arturowi Pilchowi z firmy Graco, Dorocie Pawłyszyn, Robertowi Tichkowi, Krzysztofowi Kozakowi z firmy Sames oraz firmom TQC i DeFelsko za pomoc w skompletowaniu ilustracji i zgodę na ich wykorzystanie w książce.

Autorzy