

# APARATURA

## BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

### Wybrane aspekty badań powłok antykorozyjnych na przykładzie komory solnej i elementów maszyn łakarskich w przedsiębiorstwie SaMASZ

JERZY JAROSZEWICZ<sup>1</sup>, KAROLINA SOSNA<sup>2</sup>, ANGELIKA MIKUTOWICZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

<sup>2</sup> POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA

**Słowa kluczowe:** komora solna, ubytki korozyjne, procesy technologiczne

#### STRESZCZENIE:

W pracy zaprezentowano wybrane aspekty badań powłok antykorozyjnych elementów maszyn. Omówiono komorę solną, która jest wykorzystywana w metodzie sprawdzania powłok antykorozyjnych. W komorze rozpylony został chlorek sodu. Jego zadaniem jest pokazanie, która powłoka spełnia wymagania oraz która powinna zostać jeszcze dopracowana (znalezienie przyczyny odpowiedzialnej za negatywny wynik badania). Jest to badanie, które wykonuje się w temperaturze 35°C i 5% NaCl w atmosferze. Badania w rozpylonej obojętnej solance (NSS) przeprowadzone są wg PN-EN ISO 9227 oraz ISO 3574. W pracy przedstawiono wyniki badań pomiarów próbek, które zostały podzielone ze względu na technologie przygotowania powierzchni, śrutowanie, producenta farby, grubość powłoki oraz stopień odwarstwienia.

#### Selected aspects of corrosion protection tests on the example of the salt chamber and elementsmeadow machines at the SaMASZ compan

**Keywords:** salt chamber, corrosion losses, technological processes

#### SUMMARY:

The paper presents selected aspects of testing corrosion protection of machine elements. The salt chamber is discussed, which is used in the method of checking anti-corrosion coatings. Sodium chloride was sprayed into the chamber. His task is to show which coating meets the requirements and which should be further refined (finding the reason responsible for the negative test result). This is a test that is performed at 35°C and 5% NaCl in the atmosphere. Tests in atomized neutral brine (NSS) are carried out according to PN-EN ISO 9227 and ISO 3574. The paper presents test results of sample measurements, which were divided by surface preparation technologies, shot blasting, paint manufacturer, coating thickness and degree of detachment.

## 1. WSTĘP

Korozja jest to proces niszczenia materiału pod wpływem chemicznego lub elektrochemicznego oddziaływania środowiska.

Zjawisku korozji ulegają różne materiały, zarówno metaliczne, jak i wiele innych. Można zauważyć niszczące działanie środowiska na ceramikę, tworzywa sztuczne, kompozyty. Mechanizm korozji różnych materiałów zależy od typu przewodności elektrycznej na granicy faz materiał – środowisko i od rodzaju środowiska. Korozja ma charakter elektrochemiczny głównie dla materiałów o wysokiej przewodności, natomiast przy niskiej przewodności lub jej braku korozja zachodzi jako proces chemiczny lub fizykochemiczny [1], [2]. W miejscach, w których przewodność jonowa nie występuje, proces niszczenia materiału zachodzi według mechanizmu chemicznego. Do środowisk wywołujących korozję chemiczną metali należą: gorące gazy spalinowe, ropa naftowa i jej pochodne, stopiona siarka, szereg substancji organicznych oraz suche gazy.

Za materiały odporne na korozję uważa się takie, które mogą być stosowane w agresywnych środowiskach bez wprowadzania dodatkowych zabiegów ochronnych. Stopień odporności zależy zarówno od składu i struktury materiału, jak i od rodzaju środowiska. Środowiska kwaśne uważane są za agresywniejsze w działaniu na metale i ich stopy, ale niektóre aniony mogą silnie hamować korozję [3].

Do metod zabezpieczeń antykorozyjnych można zaliczyć m.in. komorę solną, której zadaniem jest wczesne wykrycie ubytków.

## 2. OPIS BADAŃ PRÓBEK W KOMORZE SOLNEJ

Komorę solną jest to badanie wykorzystywane w celach oceny, czy badany wyrób, a dokładniej jego powłoka lub materiał (np. powłoka metalowa, organiczna), posiada cechy korozyjne. Zadaniem rozpylonego w komorze chlorku sodu jest pokazanie, która powłoka spełnia wymagania oraz która powinna zostać jeszcze dopracowana. Jest to badanie przyśpieszone (zachodzi ono 100 razy szybciej w porównaniu do wykonywania badań w środowisku naturalnym), ponieważ wykonuje się je zazwyczaj w temperaturze 35°C i 5% NaCl w atmosferze. Po upływie określonego czasu próbki są wyjmowane, a następnie analizowane. Podczas analizy określa się m.in. wygląd,

ubytki, liczbę oraz jak są rozmieszczone defekty. Wykonuje się analizę mikroskopową.



**Rysunek 1** Fotografia komory solnej w przedsiębiorstwie Samasz.  
Źródło: opracowanie własne

Dzięki temu można określić czas, po jakim zaczęły pojawiać się pierwsze zmiany na próbce. Komora jest wyposażona w system kontroli ogrzewania, który utrzymuje temperaturę w ustalonych warunkach oraz w urządzeniu, gdzie rozpylana jest solanka. Urządzenie to posiada system zasilania czystym powietrzem z regulacją ciśnienia (w zakresie 98 kPa  $\pm$  10 kPa) oraz zbiornik na rozpylony NaCl. Sprężone powietrze, które dostarczane jest do dysz, powinno być oczyszczone z pozostałości olejków i substancji stałych. Badania w rozpylonej obojętnej solance (NSS) są przeprowadzone wg PN-EN ISO 9227. W normie tej jest zawarta procedura wykonania badania, opis aparatury oraz stosowanych odczynników. Można również znaleźć tam rodzaje metod oceny korozyjności środowisk stosowanych do różnych testów [5].

Ocenę korozyjności przeprowadza się w celu sprawdzenia powtarzalności i odtwarzalności wyników badań w danej komorze. W celu ich oznaczenia badaniu w komorze solnej poddaje się specjalne próbki odniesienia wykonane ze stali typu CR4, zgodne z ISO 3574. Po odpowiednim czasie ekspozycji w komorze solnej próbki odniesienia wyjmuje się, odpowiednio czyści, a następnie oznacza ubytek masy metalu na metr kwadratowy próbki odniesienia. Działanie aparatury jest zadowalające, gdy oznaczony po odpowiednim czasie ubytek masy na powierzchnię próbki odniesienia znajduje się w wyznaczonych w normie zakresach dla każdego testu. W przypadku badania NSS wynosi on (70  $\pm$  20) g/m<sup>2</sup> w ciągu 48 godzin, w przypadku testu AASS (40  $\pm$  10) g/m<sup>2</sup> w ciągu



**Rysunek 2** Zbiornik na solankę.  
Źródło: opracowanie własne

24 godzin oraz  $(55 \pm 15)$  g/m<sup>2</sup> w przypadku testu CASS. Norma PN-EN ISO 9227 opisuje także sposoby umieszczania próbek w komorach do badań. Próbki należy umieszczać badaną powierzchnią zwróconą ku górze pod kątem zbliżonym do 20° w stosunku do pionu i w taki sposób, aby nie stykały się ze sobą ani ze ściankami komory. Próbki w komorach można umieszczać na różnych poziomach, jednak należy pamiętać, aby nie dopuścić do ściekania roztworu lub produktów korozji z próbek lub uchwytów z wyższych poziomów na próbki znajdujące się pod nimi. Badania w rozpylonych solankach stosuje się jedynie do prowadzenia testów porównawczych, czy zachowana zostaje jakość badanego materiału metalowego z ochroną lub bez ochrony antykorozyjnej po upływie określonego czasu [5]. Pomiaru takie nie dają możliwości porównania i uszeregowania różnych materiałów pod względem ich odporności na korozję. Badania przeznaczone do oceny zachowania się próbek w wilgotnych atmosferach opisuje norma PN-EN ISO 6270-2:2006 [6].

### 3. INTERPRETACJA WYNIKÓW BADAŃ

Zastosowano metodę ekspozycji próbek do badań w atmosferach z wodą kondensacyjną. Atmosfery do badań zawierające wodę kondensacyjną sprzyjają kondensacji wilgoci na badanych powierzchniach próbek, których temperatura jest niższa niż temperatura nasyconego powietrza w komorze wilgotnościowej. Powodem tego stanu jest promieniowanie ciepła do ścianek komory lub oziębianie badanej próbki. Atmosfera do badań może być albo atmosferą o stałej wilgotności (CH), albo atmosferą zmienną (AHT, AT). Zaleca się wybranie atmosfery zmiennej, jeżeli na próbki

do badań wpływ mają oprócz działania wody kondensacyjnej także zmiany temperatury i wilgotności. Na ilość wody kondensacyjnej istotny wpływ ma temperatura otoczenia w pomieszczeniu z komorą oraz temperatura próbki do badań [4]. Kondensat, który ścieka z próbek do badań, składa się z wody kondensacyjnej oraz w niektórych przypadkach ze stałych i ciekłych składników ekspozycyjnych powłok, rozpuszczonych w wodzie kondensacyjnej lub zmieszanych z nią. W przypadku atmosfery kondensacyjnej o zmiennej wilgotności i temperaturze powietrza badanie przez cały czas trwania, który wynosi 16 h łącznie z oziębianiem, powinno być prowadzone w komorze wilgotnościowej otwartej lub przewietrzanej. Dla tego samego okresu badania, ale w atmosferze o zmiennej temperaturze powietrza, należy zastosować komorę wilgotnościową zamkniętą. Do badania w ciepłej i wilgotnej atmosferze konieczna jest paroszczelna komora klimatyczna, zazwyczaj wyposażona w korytka umieszczone w podłodze spełniające funkcję zbiornika na wodę, której podgrzewaniem reguluje się warunki klimatyczne w komorze. Czas podgrzewania zależy w znaczącym stopniu od rodzaju i ilości próbek, jak również od stosunku powierzchni wody w korytku podłogowym do powierzchni ścianek komory wilgotnościowej oraz temperatury wody. Próbki do badań ekspozuje się pod dowolnym kątem, nie mniejszym niż 60° w stosunku do poziomu, w taki sposób, aby nie były w bliskim kontakcie ze sobą i mogły w sposób odpowiedni wypromieniować energię cieplną [5], [6].

W Tabeli 1 zostały przedstawione wyniki badań próbek elementów maszyn łąkarskich pozostawionych w komorze solnej w różnych czasach. Płytki te zostały podzielone ze względu na technologie przygotowania powierzchni, śrutowanie, producenta farby oraz grubość powłoki. Próbki o nr. 2-5 zostały przygotowane w technologii f. cynkowe +KTL+ farba proszkowa i badane były w czasie 1580 h. Płytki nieśrutowane mają znacznie mniejszą grubość powłoki oraz większy stopień odwarstwienia w porównaniu do próbek śrutowanych. Elementy o nr. 7-8 mają powierzchnię wykonaną technologią fosforanowania żelazowego +pasywacji, a testery o nr. 10-11 f. cynkowego +KTL+ farbą proszkową; zostały one zanurzone na czas 1600 h. Próbki wykonane technologią fosforanowania żelazowego +pasywacji mają znacznie grubsza powłokę od płytek 10-11. Próbka o nr. 7 ma największy stopień odwarstwienia (wynosi on



**Tabela 1** Badanie powłok w komorze solnej PN-EN ISO 9227 (NNS).

Źródło: opracowanie własne

Lp./Nr próbki	Parametry polimeryzacji farby	ILOŚĆ (h) w komorze solnej	Technologia przygotowania powierzchni	Próbka śrutowana TAK/NIE*	RAL producent farby	Grubość powłoki (μm)	Stopień odwarstwienia PN EN ISO 4628-8:2005
1/2	SUM – 210 stopni / 40 min. PPR – 205 stopni / 65 min	1580	F.cynkowe +KTL+ farba proszkowa	NIE	RAL 6017 INVER	65 μm	1,3 mm
2/3	SUM – 210 stopni / 40 min. PPR – 205 stopni / 65 min	1580	F.cynkowe +KTL+ farba proszkowa	NIE	RAL 6017 INVER	45-60 μm	2 mm
3/4	SUM – 210 stopni / 40 min. PPR – 205 stopni / 65 min	1580	F.cynkowe +KTL+ farba proszkowa	TAK	RAL 6017 INVER	90 μm	0,9 m
4/5	SUM – 210 stopni / 40 min. PPR – 205 stopni / 65 min	1580	F.cynkowe +KTL+ farba proszkowa	TAK	RAL 6017 INVER	100-120 μm	0 mm
5/7	Malarnia ręczna 195 stopni / 65 min.	1600	Fosforanowanie żelazowe +pasywacja	NIE	RAL3000 +podkład FreiLacke	112-134 μm	<b>5,4 mm</b>
6/8	Malarnia ręczna 195 stopni / 65 min	1600	Fosforanowanie żelazowe +pasywacja	TAK	RAL3000 +podkład FreiLacke	165-195 μm	1,1 mm
7/10	SUM – 210 stopni / 40 min. PPR – 205 stopni / 65 min	1600	F.cynkowe +KTL+ farba proszkowa	TAK	RAL 2002 PPG	100-130 μm	1,7 mm
8/11	SUM – 210 stopni / 40 min. PPR – 205 stopni / 65 min.	1600	F.cynkowe +KTL+ farba proszkowa	NIE	RAL 2002 PPG	110-125 μm	2,5 mm
9/12	Malarnia ręczna 195 stopni / 65 min.	1080	Fosforanowanie żelazowe +pasywacja	TAK	RAL 2008 INVER	105-108 μm	<b>5,7 mm</b>
10/13	Malarnia ręczna 195 stopni / 65 min.	1080	Fosforanowanie żelazowe +pasywacja	NIE	RAL 2008 INVER	110-117 μm	<b>7,3 mm</b>
11/14	SUM – 210 stopni / 40 min.	912	F.cynkowe +KTL	TAK	PPG	40 μm	0 mm
12/15	SUM – 210 stopni / 40 min.	912	F.cynkowe +KTL	NIE	PPG	20 μm	0,5 mm

5,4 mm) spośród elementów o nr. 7-11. Płytki 12 i 13, które były pokryte fosforanowaniem żelazowym +pasywacją, spędziły w komorze solnej 1080 h. Próbka nieśrutowana o nr. 13 posiada większą grubość powłoki oraz największy stopień odwarstwienia spośród badanych próbek – wynosi on 7,3 mm. Skutkowało to odwarstwieniem pokrycia na krawędzi badanej próbki. Elementy 14 oraz 15 znajdowały się w komorze solnej w czasie 912 h. Płytki zostały pokryte f.cynkowym +KTL. W próbce śrutowanej o nr. 14 grubość powłoki wyniosła 40 μm, natomiast w nieśrutowanej (nr 15) tylko 20 μm. W płytce nr. 14 farba nie uległa odwarstwieniu, natomiast w próbce nr 15 odwarstwiła się na 0,5 mm.



**Rysunek 3** Próbka nr 15.  
Źródło: opracowanie własne



**Rysunek 4** Próbkę nr 5.  
Źródło: opracowanie własne



**Rysunek 6** Próbkę nr 13.  
Źródło: opracowanie własne



**Rysunek 5** Próbkę nr 11.  
Źródło: opracowanie własne

#### 4. WNIOSKI

Komora solna to rodzaj badań przyśpieszonych. Metoda ta jest najbardziej rozpowszechnioną metodą stosowaną od kilkadziesiąt lat. Ma za zadanie pokazanie w krótkim okresie, jak będzie reagować element na mgłę solną. Podczas analizowania wyników badań można określić m.in. wygląd, ubytki, liczbę oraz jak są rozmieszczone defekty.

W opisanych powyżej przykładach można zauważyć, że próbki poddane badaniu pokazały niewielkie uchybienia (od 0,5 mm do 7,3 mm), a w ostatniej badanej próbce powstał pęcherz. Tylko dwie badane płytki o nr. 5 i 14 spełniły zakres norm. Za powstanie odwarstwienia nie odpowiada producent farby, gdyż liczy się technologia przygotowania próbki do malowania oraz cały proces nanoszenia powłoki.

Płytki nieśrutowane mają większy stopień odwarstwienia w porównaniu od próbek śrutowanych. Stopień odwarstwienia nie zależy od grubości płytki.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Surowska B., Wybrane zagadnienia z korozji i ochrony przed korozją, Lublin, Politechnika Lubelska, 7, 2002.
- [2] Poddubny W. N., Korozja broni i amunicji, Warszawa, Ministerstwo Obrony Narodowej, 7, 1953.
- [3] Bala H., Korozja materiałów – teoria i praktyka, Częstochowa, 9-17, 2002.
- [4] Wranglen G., Podstawy korozji i ochrony metali, Warszawa, 72, 1985.
- [5] PN-EN ISO 9227.
- [6] PN-EN ISO 6270-2:2006.