

Stanisław Stężala  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Oddział w Gdańsku  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Akademia Rolnicza w Szczecinie  
Ewa Świsł, Stefan Wieczorek, Jerzy Nowicki  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Oddział w Gdańsku

## **SYMULACYJNA METODA BADAŃ I OCENY PRZYDATNOŚCI UŻYTKOWEJ MALARSKICH POWŁOK OCHRONNYCH ROZSIEWACZY NAWOZÓW MINERALNYCH**

### **Streszczenie**

Opisano symulacyjną metodę badań powłok ochronnych i kryterium ich oceny jako zabezpieczeń antykorozyjnych rozsiewaczy nawozów mineralnych. Przeprowadzono badania czterech zestawów powłok stosowanych w krajowych rozsiewaczach i dokonano oceny uzyskanych wyników. W trakcie badań powłoki poddawano przyspieszonemu oddziaływaniu trzech dominujących w trakcie eksploatacji czynników zużyciowych, tj. zużyciu korozyjnemu, ściernemu i starzeniowemu. Zmianę zdolności ochronnych powłok oceniano przy zastosowaniu elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej.

**Słowa kluczowe:** nawozy mineralne, rozsiewacze, powłoki ochronne, korozja, czynniki zużyciowe, badania symulacyjne

### **Wprowadzenie**

Zużycie korozyjne urządzeń technicznych służących do nawożenia mineralnego jest znacznie wyższe niż pozostałych rolniczych środków technicznych [Stężala, Wyrzykowski 1988; Matuszak 2004; Ambroziak 2005]. Większość produkowanych w kraju rozsiewaczy wykonywana jest ze zwykłej stali węglowej, która ulega silnej korozji w kontakcie z wieloma nawozami mineralnymi. W związku z tym urządzenia takie zabezpieczane są przed zużyciem korozyjnym powłokami ochronnymi, najczęściej malarskimi, rzadziej ogniowymi powłokami cynkowymi. Powłoki malarskie, chroniąc przed korozją stalowe podłoże „barierowo”, powinny charakteryzować się wysoką szczelnością i odpornością na destrukcyjne działanie nawozów. Wieloletnie obserwacje wykazują, że trwałość aktualnie stosowanych powłok

jest niezadowolająca [Matuszak 2004; Ambroziak, Stężała 2005]. W wielu przypadkach, po 2-3 latach eksploatacji pewne fragmenty rozsiewaczy wykazują zaawansowaną korozję. Stan ten można poprawić przez zastosowanie aktualnie dostępnych, bardziej odpornych na działanie nawozów mineralnych powłok, uzyskiwanych z odpowiednio dobranych materiałów malarskich, produkowanych i doskonalonych przez przemysł farb i lakierów. Istotne jednakże jest zagadnienie, w jaki sposób dokonać takiego wyboru, tj. jakie metody badawcze i kryteria przyjąć do oceny i wyboru powłok, nie prowadząc kilkuletnich badań w naturalnych warunkach eksploatacyjnych.

Wyniki uzyskane po kilku latach badań mogą być zdezaktualizowane, ponieważ w międzyczasie dostępne będą już nowe, być może doskonalsze materiały powłokotwórcze i metody ochrony przed korozją. Wynika stąd, że ocena taka, aby mogła być uwzględniona w praktyce, powinna być dokonana w znacznie krótszym czasie. Osiągnięcie powyższego możliwe jest na podstawie wyników badań przyspieszonych, prowadzonych w warunkach symulowanych, uwzględniających czynniki destrukcyjne i narażenia dominujące w stosunku do powłok w trakcie eksploatacji rozsiewaczy.

### **Dominujące czynniki destrukcyjne i narażenia powłoki**

Jako czynniki i narażenia dominujące w trakcie eksploatacyjnego zużywania powłok przyjęto zużywanie: korozyjne, mechaniczne (ścieranie) i starzeniowe.

W procesie korozyjnego zużywania powłoki ochronnej rozsiewaczy nawozów mineralnych istotne znaczenie ma przebieg i produkty procesu korozji elektrochemicznej, wywierające bezpośredni wpływ na charakter i intensywność zużywania podłoża oraz pośredni (produkty korozji podłoża) – na powłokę malarską. Sam elektrolit może wywierać również destrukcyjny wpływ bezpośrednio na powłokę malarską w zależności od jego składu chemicznego i agresywności związków, które go tworzą.

W procesie zużywania ściernego czynnikiem ścierającym są drobne, twarde cząstki nawozów mineralnych, szczególnie nawozów granulowanych. Wpływ zużycia ściernego jest szczególnie widoczny na powierzchniach zespołów rozrzucających i podających (np. podajniki ślimakowe i ich obudowa).

W procesie zużywania starzeniowego zewnętrznym czynnikiem niszczącym są promienie ultrafioletowe. Natężenie światła przekracza 100 lx, a samo światło zawiera cały zakres ultrafioletu, co w zależności od rodzaju materiału tworzącego powłokę wpływa na czas procesu jej zużycia starzeniowego. Powłoki malarskie, jak wszystkie powłoki organiczne, podlegają również zużyciu starzeniowemu pod wpływem wewnętrznych zmian strukturalnych. Nie zależą one od czynników zewnętrznych, lecz od rodzaju związków chemicznych, wchodzących w skład materiału malarskiego, a potem utworzonej z nie-

go powłoki oraz od czasu użytkowania. Z tego powodu intensywność zmian strukturalnych jest indywidualną właściwością dla każdej powłoki, zdeterminowaną tylko jej budową chemiczną. Niemożliwe jest zatem uwzględnienie jej w symulacyjnych badaniach powłok, w których nie ingeruje się w ich wewnętrzną strukturę. Objawy destrukcyjnego działania promieni ultrafioletowych to matowienie i kredowanie powłoki malarskiej, szczególnie widoczne na powierzchniach zbiorników zasypowych oraz konstrukcji nośnej rozsiewaczy. Ponieważ w trakcie eksploatacji powłoki ochronne rozsiewaczy nawozów mineralnych zużywają się w wyniku oddziaływania wszystkich trzech wymienionych czynników zewnętrznych przyjęto, że muszą one być uwzględnione w trakcie badań symulacyjnych.

### **Metodyka badań**

Procesy degradacji (zużycia) powłok pod wpływem czynników zewnętrznych muszą mieć w warunkach symulowanych podobny charakter, jak w warunkach rzeczywistych. Z uwagi na konieczność skrócenia czasu badań symulacyjnych w stosunku do badań prowadzonych w naturalnych warunkach eksploatacyjnych, zużycia powłok w badaniach symulacyjnych powinny być intensywniejsze niż w warunkach rzeczywistych, co osiąga się zwiększając natężenie czynnika lub czynników niszczących powłokę. Podstawowym zagadnieniem w badaniach symulacyjnych jest zidentyfikowanie czynników niszczących i przyjęcie metod badawczych uwzględniających ich wpływ na zużycie powłoki [Stężala 2001]. Uwzględniając powyższe uwarunkowania, badania symulacyjne prowadzono na podstawie metodyki opracowanej w IBMER O.Gdańsk, gdzie jako czynniki dominujące uznano wszystkie trzy procesy ich zużywania, tj. korozyjny, mechaniczny i starzeniowy.

**Zużycie korozyjne** uzyskiwano poddając badane próbki działaniu czterech roztworów elektrolitów, zawierających najbardziej agresywne składniki nawozów mineralnych, wytypowanych w trakcie wcześniejszych badań elektrochemicznych [Stężala, Świst, Wieczorek 2002]. Badania prowadzono metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej na odpowiednio przygotowanych płytkach stalowych pokrytych wybranymi powłokami malarskimi.

Przyjęto, że w przypadku każdej powłoki typu izolacyjnego obniżenie modułu impedancji poniżej wartości  $|Z| = 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$  oznacza, że zaszły w niej zmiany destrukcyjne zmniejszające jej szczelność. Skutkiem tego elektrolit w takim stopniu przenika przez powłokę do podłoża, że w efekcie reakcji podpowłokowej powstają produkty korozji, które w miejscach nieszczelności tworzą na jej powierzchni punktowe ogniska korozji [Hack, Scully 1991; Scully, Hensley 1994; Bierwagen, He, Li, Ellingson, Tallman 2000].

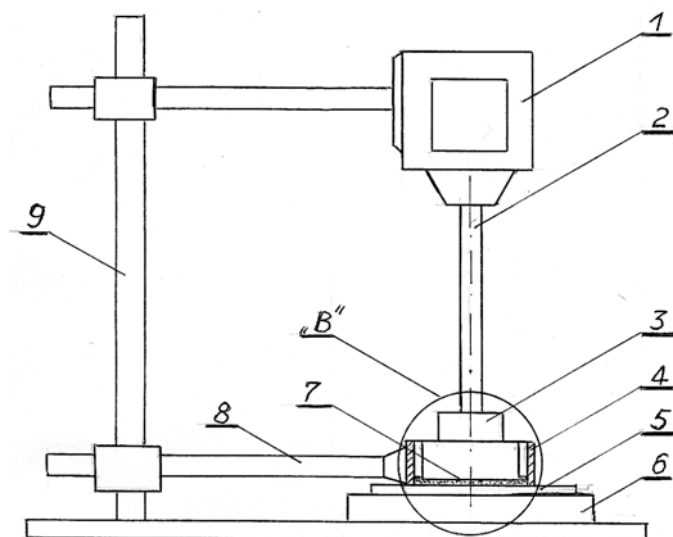
Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna jest szeroko stosowaną współcześnie metodą do badań przemian zachodzących w grubych powłokach żywicznych oraz zmian w układzie stal/powłoka ochronna [Vogelsang 1998]. Zastosowano system pomiarowy pozwalający na ocenę zmian właściwości grubych powłok organicznych podczas ekspozycji w roztworze elektrolitu. Badania prowadzono przy użyciu klasycznego analizatora transmitancji Atlas 9121. Podstawowy aparat pomiarowy uzupełniono specjalną przystawką Atlas 9181 o impedancji wejściowej rzędu  $T\Omega$ . Dokładność pomiaru skontrolowano, wykonując pomiary impedancji rezystorów

$1\text{ M}\Omega$  i  $0,5\text{ M}\Omega$ .

Uzyskane wyniki mieściły się w granicach tolerancji wartości rezystorów (3%). Pomiary wykonano w zakresie częstotliwości  $0,1\text{ MHz} \pm 1\text{ mHz}$ . Pracę układu pomiarowego kontrolował program komputerowy IMP-OPT v. 4.0 firmy Soft-Kar. Pomiary przeprowadzono w układzie dwuelektrodowym w temperaturze pokojowej. Elektrode pomocniczą stanowiła siatka platynowa o dużej powierzchni. Czas ekspozycji powłok w roztworze elektrolitu uzależniony był od szybkości ich destrukcji w przyjętych do badań roztworach i wynosił 2-6 miesięcy. Powierzchnia badanej powłoki wynosiła  $38\text{ cm}^2$ .

**Zużycie ściernie** powłok uzyskano przy zastosowaniu własnego, oryginalnego, zaprojektowanego i wykonanego w tym celu urządzenia LAS-1 z napędem elektrycznym o mocy  $75\text{ W}$  i możliwości płynnej zmiany obrotów, składającego się z mieszadła laboratoryjnego RW16b, głowicy ścierniczej

i napędzającego ją wałka. Schemat zestawu LAS-1 do badań ścierności oraz głowicy ścierniczej przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat zestawu LAS-1. 1- mieszadło laboratoryjne RW16b, 2-walek napędzający głowicę ścierającą, 3- głowica ścierająca, 4- pierścień ograniczający cylinderka przyklejonego do próbki, 5- próbka pokryta ścierną powłoką, 6- podstawa dystansowa, 7- elektrokorund, 8- ramię statywu, 9- statyw

Fig. 1. Scheme of the LAS-1 set: 1- laboratory mixer RW16b, 2- driving shaft of abrasive head, 3- abrasive head, 4- limiting ring of the cylinder stucked on the sample, 5- sample covered with abraded coatings, 6- distance piece, 7- aloxite, 8- stillage arm, 9- stillage

W urządzeniu tym elektrokorund ściera powłokę pod naciskiem obracającej się głowicy ścierającej obciążonej ciężarkiem w postaci tulei stalowej o masie 500 g. Elektrokorund EA80 zadawany jest przez 4 otwory o  $\varnothing 12$  mm, symetrycznie rozmieszczone w głowicy, umożliwiając uzyskanie cienkiej warstwy ścierniej pomiędzy powłoką a głowicą. Całkowita masa elektrokorundu wynosiła 35 g. Czas ścierania wynosił 20 minut przy 150 obrotach na minutę.

**Zużycie starzeniowe** powłok osiągnano poddając (przez cały czas badań) zalane elektrolitem próbki działaniu promieniowania UV, emitowanego przez lampę kwarcową L12/60 bez filtra. Czas naświetlania wynosił 18 godzin na dobę, przez 4 doby w każdym tygodniu badań.

Badaniom poddawano próbki ze stali St-3 o grubości 3 mm, pokryte czterema zestawami powłok malarskich, przedstawionymi poniżej.

#### **Zestaw I**

1. Temacoat GPL-S PRIMER – dwuskładnikowy grubowarstwowy grunt epoksydowy utwardzany poliamidem – 2 warstwy
2. Temadur 90 – dwuskładnikowa poliuretanowa farba nawierzchniowa, utwardzana izocyjanianem alifatycznym – 2 warstwy

#### **Zestaw II**

1. Temaprime EUR – szybkoschnący, pigmentowany antykorozyjnie podkład alkidowy – 2 warstwy
2. Temalak ML90 – wysokopołyskowa, alkidowa farba nawierzchniowa – 2 warstwy

#### **Zestaw III**

1. Podkład poliuretanowy do metalu – wyrób dwuskładnikowy – 2 warstwy
2. Nobiakrylak – emalia poliuretanowa akrylowa, dwuskładnikowa – 2 warstwy

#### **Zestaw IV**

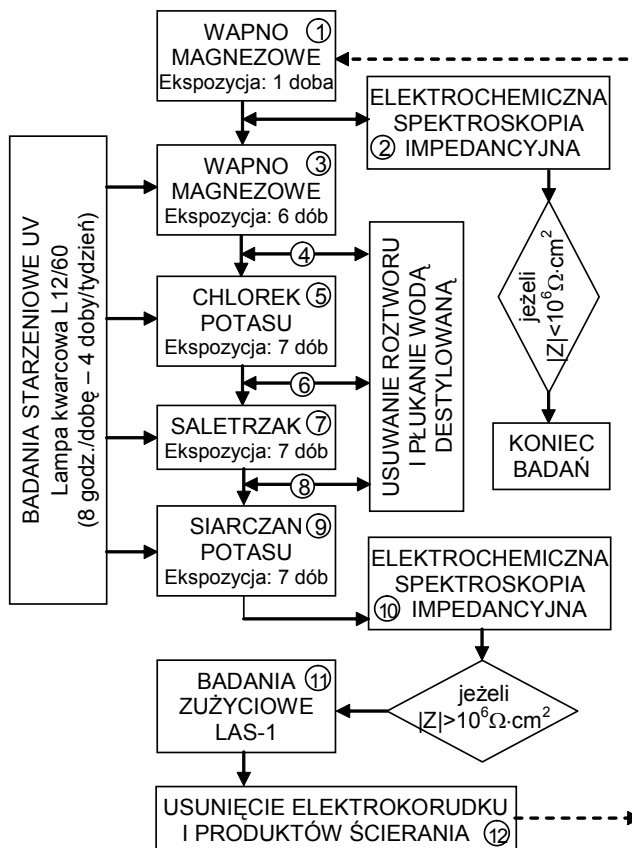
1. Podkład elektroforetyczny
2. Podkład epoksydowy chemoodporny
3. Emalia epoksydowa chemoodporna

Powłoki zestawów I-III nakładano na strumieniowo oczyszczone elektrodami EA80 ww. próbki stosując 24-godzinne odstępy pomiędzy nakładaniem kolejnych warstw i przeszlifowanie papierem ściernym nr 400 każdej warstwy przed nałożeniem następnej. Przed badaniami powłoki sezonowano przez okres 7 dni. Zestaw IV był przygotowany przez producenta rozsiewaczy. Do każdej próbki przyklejono następnie cylinderki z PCV o średnicy wewnętrznej 83 mm, do których nalewano roztwory poszczególnych nawozów. Grubość nałożonych powłok mierzono powłokomierzem VEB Geophysikalischer Gerätebau typu MSM-1, stosując specjalny szablon, umożliwiając dokonywanie pomiaru w sześciu zawsze tych samych miejscach powłoki.

Powłoki były poddawane działaniu roztworów wodnych czterech nawozów przez okres siedmiu dni w każdym nawozie w następującej kolejności:

- wapno magnezowe - roztwór nasycony,
- 3% roztwór chlorku potasu (KCl),
- 3% roztwór saletrzaku,
- 3% roztwór siarczanu potasu ( $K_2SO_4$ ).

Po 24 godzinach działania wapna magnezowego, wyjściowy stan powłok badano metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej. Badania powtarzano po ukończeniu każdego cyklu ekspozycji, którego przebieg i kolejność wykonywanych czynności zilustrowano na rysunku 2. Po zakończeniu opisanego cyklu rozpoczynano kolejno analogiczny cykl, zaczynając od 24-godzinnego działania wapna magnezowego i badań impedancyjnych, a kończąc na badaniach zużyciowo-ściernych. Przez cały czas badań w roztworach elektrolitów próbki poddawano działaniu promieniowania UV, emitowanego przez lampę kwarcową L12/60.



Rys. 2. Przebieg i kolejność wykonywania czynności w trakcie badań

Fig. 2. Course and sequence of the operations during tests

Cykle powtarzano do momentu, gdy moduł impedancji  $|Z|$  obniżył się poniżej wartości  $10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$  ( $|Z| \leq 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ ), co dla powłoki typu izolacyjnego oznacza, że zaszły w niej zmiany destrukcyjne, zmniejszające jej szczelność do tego stopnia, że nie zapewnia już skutecznej ochrony podłoża. Próbkę takie eliminowano z dalszych badań, dokonując na koniec pomiaru ich grubości w tych samych miejscach, jak przed rozpoczęciem badań. Wyżej opisanym badaniom poddawano po cztery próbki z każdego zestawu.

Jako kryterium oceny przyjęto liczbę cykli, po której moduł impedancji, wyznaczony jako średnia wartość z trzech najkorzystniejszych wyników badań ocenianej powłoki, osiągnął wartość nie mniejszą jak  $|Z| = 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ .

## Wyniki badań i ich omówienie

Wyniki badań impedancyjnych powłok poddawanych cyklicznemu oddziaływaniu czynników korozyjnych, starzeniowych i ścieralnościowych zestawiono w tabeli 1 oraz jako przykłady zilustrowano na rysunkach 3 i 4.

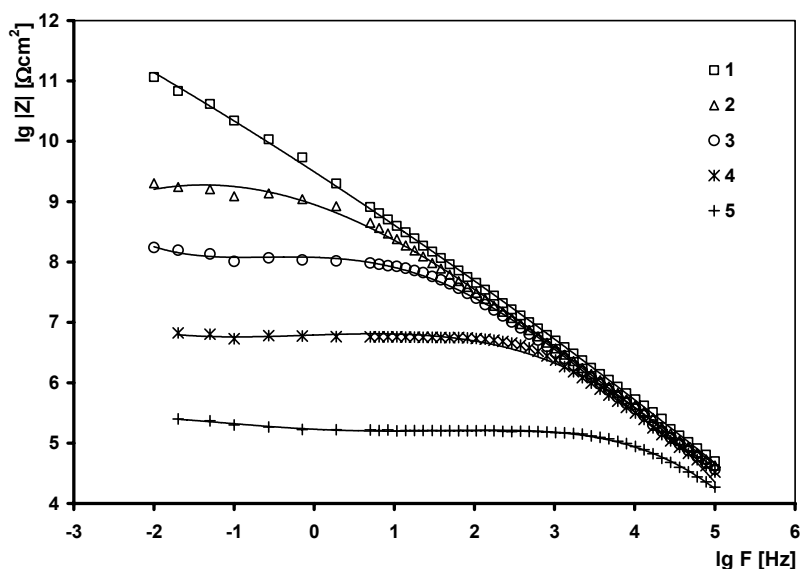
*Tabela 1. Zestawienie wyników badań wybranych powłok malarskich uzyskanych w warunkach symulowanych*

*Table 1. Results of testing selected painted coatings, obtained under simulation conditions*

Zestaw malarski	Symbol próbki	Średnia grubość powłoki [μm]		Liczba ścierań	Początkowy moduł impedancji x10 <sup>11</sup> [Ω·cm <sup>2</sup> ]	Moduł impedancji po ostatnim cyklu x10 <sup>6</sup> [Ω·cm <sup>2</sup> ]	Liczba cykli do zużycia powłok
		początkowa	końcowa				
I	I/1	160	150	6	1	0,2	6,25
	I/2	171	158	6	1	0,6	6
	I/3	155	146	5	1	0,18	5*
	I/4	168	156	6	1	0,125	6
	średnia	163	152	6	1	0,28	6,08
II	II/1	180	181	3	0,3	0,2	3,25
	II/2	185	186	3	0,4	0,06	3,25
	II/3	189	192	3	0,5	0,008	3,25
	II/4	174	179	3	0,4	0,09	3*
	średnia	182	185	3	0,4	0,09	3,25
III	III/1	141	135	5	1	0,2	5*
	III/2	156	152	5	1	0,75	5
	III/3	151	143	7	1	0,03	7
	III/4	153	143	6	1	0,7	6
	średnia	150	143	6	1	0,42	6
IV	IV/1	98	94	2	1	0,8	2
	IV/2	102	96	2	1	1,1	2
	IV/3	107	94	2	1	0,009	2,25
	V/4	111	101	2	1	0,1	2*
	średnia	105	96	2	1	0,5	2,08

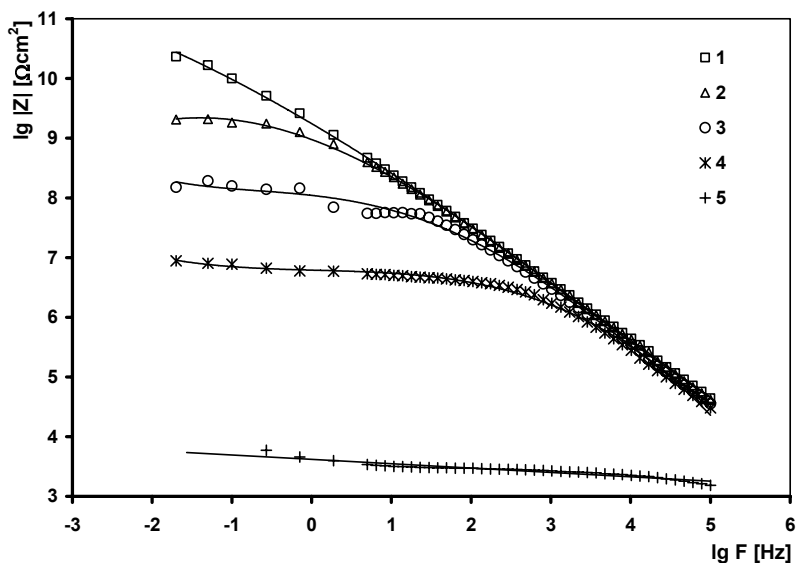
\*- wartość wyeliminowana przy wyznaczaniu wyniku średniego





Rys. 3. Graficzna ilustracja zmian modułów impedancji powłoki epoksydowo-poliuretanowej (próbka I/1): 1- po 24 godz., 2- po 3 cyklach, 3- po 5 cyklach, 4- po 6 cyklach, 5- po 6¼ cyklach badań

Fig. 3. Graphic illustration of the changes in epoxy-polyurethane coating impedance (sample I/1: 1 - after 24 hrs, 2- after 3 testing cycles, 3- after 5 cycles, 4- after 6 cycles, 5- after 6.25 cycles)



Rys. 4. Graficzna ilustracja zmian modułów impedancji powłoki alkidowej (próbka II/2): 1- po 24 godz., 2- po 1 cyklu, 3- po 2 cyklach, 4- po 3 cyklach, 5- po 3¼ cyklach badań

Fig. 4. Graphic illustration of the changes in impedance modulus of alkyd coating (sample II/2): 1- after 24 hrs, 2- after 1 testing cycle, 3- after 2 cycles, 4- after 3 cycles, 5- after 3.25 cycles)

Wszystkie badane zestawy powłok charakteryzowały się wysokimi właściwościami ochronnymi na początku badań, o czym świadczą duże wartości modułów impedancyjnych, wynoszące  $|Z| = 10^{10} \div 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}^2$ . W miarę upływu czasu i związanego z nim zwiększającego się oddziaływania czynników zużyciowych, wartość modułu impedancji obniżała się.

W zależności od odporności powłok na destrukcyjne oddziaływanie czynników niszczących, moduł impedancji uzyskiwał po różnej liczbie cykli badawczych graniczną wartość  $|Z| = 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ . Można zaobserwować, że nie grubość powłok, wynosząca dla trzech z nich 150-182  $\mu\text{m}$ , a tylko dla jednej ok. 100  $\mu\text{m}$ , decydowała o ich odporności na zużycie w wymuszonych w trakcie badań warunkach.

Można z dużym prawdopodobieństwem wnioskować, że decydujący wpływ na zmniejszenie własności ochronnych powłok miało oddziaływanie elektrolityczne roztworów zastosowanych nawozów, połączone ze ścieraniem, które nie wykazywało wyraźnego wpływu na zmniejszanie grubości powłok. Raczej powodowało zmatowienie i rozwinięcie powierzchni ich warstw zewnętrznych, umożliwiając intensywniejszy kontakt agresywnych roztworów elektrolitów. Ich destrukcyjny wpływ objawił się szczególnie w przypadku zestawu powłokowego II (zestaw powłok alkidowych), w którym pomimo trzykrotnego ścierania (łącznie czas wynosił 60 minut) grubość powłoki nie tylko nie zmniejszyła się, ale nawet nieznacznie wzrosła (tab. 1). Wynosiła ona na początku badań średnio 182  $\mu\text{m}$ , a po ich zakończeniu 185  $\mu\text{m}$ .

Wzrost grubości badanych powłok alkidowych jest prawdopodobnie wynikiem ich pęcznienia pod wpływem działania zastosowanych elektrolitów, co zmniejsza ich odporność na zarysowanie i obniża szczelność. W rezultacie omawiany zestaw powłok ochronnych osiągnął graniczną wartość przyjętego kryterium oceny po zaledwie 3,25 cyklach badawczych.

Podobne zjawisko występuje również w przypadku zestawu IV (epoksydowy), który charakteryzował się znacznie mniejszą grubością niż pozostałe (średnia grubość 105  $\mu\text{m}$ ) i już po 2,08 cyklach badawczych osiągnął graniczną wartość modułu impedancji  $|Z| = 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , przy niewielkim (zaledwie o 4  $\mu\text{m}$ ) zmniejszeniu grubości powłoki. W rezultacie w przypadku próbki IV/1, której przy grubości początkowej powłoki równej 98  $\mu\text{m}$  moduł impedancji wynosił  $|Z| = 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}^2$ , po jednym cyklu badań  $3 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}^2$ , a już pod dwóch cyklach zaledwie  $8 \cdot 10^5 \Omega \cdot \text{cm}^2$ .

Założone kryteria oceny, kwalifikujące badane zestawy do praktycznego stosowania jako powłoki ochronne rozsiewaczy nawozów mineralnych, spełniają powłoki zestawu I oraz zestawu III (tab. 1), których moduł impedancji obniżył się do wartości  $|Z| \leq 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$  po 6,08 cyklach (zestaw I) i 6 cyklach (zestaw III).

## **Podsumowanie**

Opracowana metoda badań symulacyjnych umożliwia szybką, wymierną ocenę przydatności powłok malarskich do antykorozyjnej ochrony rozsiewaczy nawozów mineralnych. Badania prowadzone są w warunkach laboratoryjnych, uwzględniających główne czynniki destrukcyjne, na które narażona jest powłoka i chronione przez nią podłoże stalowe w trakcie użytkowania i przechowywania maszyn w okresach międzykampanijnych w rolnictwie.

Ustalono cykle badawcze, w trakcie których powłoki poddawane są oddziaływaniu ww. czynników, a zmiany zdolności ochronnych powłok oceniane są przy zastosowaniu elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej, przez wyznaczenie modułu impedancji. Jako kryterium oceny kwalifikujące powłoki do stosowania w rozsiewaczach nawozów mineralnych przyjęto liczbę pięciu cykli, po której osiągnięciu wyznaczony empirycznie moduł impedancji wynosić będzie nie mniej niż  $|Z| = 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ .

Oznacza to, że powłoki niespełniające powyższego kryterium nie powinny być stosowane w rozsiewaczach. Dopiero spośród powłok kryterium spełniających należy dokonywać właściwego wyboru kierując się zasadą, że im wyższa liczba cykli odpowiadać będzie osiągnięciu wartości  $|Z| = 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , tym wyższymi własnościami ochronnymi w warunkach praktycznego użytkowania charakteryzować się będzie powłoka.

## **Stwierdzenia i wnioski**

Opracowana metoda umożliwia wymierną ocenę i na jej podstawie dobór najlepszych powłok malarskich, do antykorozyjnego zabezpieczania rozsiewaczy nawozów mineralnych oraz innych urządzeń technicznych kontaktujących się z nawozami.

Dzięki temu, że w trakcie badań wykonywanych wg opracowanej metody uwzględniane są trzy główne czynniki wpływające na zużywanie powłok ochronnych i zabezpieczanego przez nie podłoża, charakter i przebieg procesów zużyciowych jest bardzo zbliżony do naturalnego zużycia w warunkach użytkowania i przechowywania rozsiewaczy nawozów mineralnych.

Przeprowadzone badania czterech rodzajów zestawów malarskich powłok ochronnych, stosowanych aktualnie przez niektórych krajowych producentów rozsiewaczy nawozów mineralnych wykazały, że tylko dwa z badanych zestawów odpowiadają kryterium (liczba cykli badawczych  $\geq 5$ ), na podstawie którego można zalecać ich konkretne zastosowanie w rozsiewaczach.

## **Bibliografia**

- Ambroziak W. 2005. Wpływ konserwacji na przydatność użytkową maszyn rolniczych. Rozprawa doktorska. IBMER, Warszawa
- Ambroziak W., Stężała S. 2005. Wlijanije konserwacji na techniczესkoje so-  
stojanije i stoimost tekuszczego remonta sielskochozjajstwiennych maszin.  
Sbornik Naucznych Trudow. Rosijskaja Akademia Nauk – Kirow, t. 2: 65-73
- Bierwagen G.P., He L., Li J., Ellingson L., Tauman D.E. 2000. Studies of new  
accelerated evaluation method for coating corrosion resistance - thermal cycling  
testing. Progress in Organic Coatings, 39: 57-78
- Hack H.P., Scully J.R. 1991. Defect Area Determination of Organic Coated  
Steels in Seawater Using the Breakpoint Frequency Method. J. Electrochemi-  
cal Society, Vol. 138(1): 33-40
- Matuszak K. 2004. Wpływ jakości konserwacji i przechowywania na koszty  
eksploatacji maszyn rolniczych. Rozprawa doktorska. AR Szczecin
- Scully J.R., Hensley S.T. 1994. Lifetime Prediction for Organic Coatings on  
Steel and a Magnesium Alloy Using Electrochemical Impedance Methods.  
Corrosion, Vol. 50(9): 705-716
- Stężała S. 2001. Wyznaczanie trwałości powłok ochronnych środków tech-  
nicznych eksploatowanych w obiektach produkcji zwierzęcej. Inżynieria Rolni-  
cza, 4(24): 25-58
- Stężała S., Świst E., Wieczorek S. 2002. Renowacja metalicznych powłok cyn-  
kowych w obiektach inwentarskich przy zastosowaniu wysokopigmentowa-  
nych cynkiem powłok malarskich. Problemy Inżynierii Rolniczej, 4(38): 77-84
- Stężała S., Wyrzykowski W. 1988. Ocena stanu zagrożenia korozyjnego i ja-  
kości ochrony czasowej maszyn rolniczych. Roczniki Nauk Rolniczych, t. 78-  
C-3: 155-168
- Vogelsang J. 1998. Round Robin Test for the Measurement of Very High Im-  
pedance and Low Capacity. Konferencja EIS 98, Rio de Janeiro