

# Porównawcze badania właściwości ochronnych powłok metalicznych na blachach stalowych

Mgr inż. Adrian Strąk, mgr inż. Helena Bobryk, inż. Wojciech Piwowarczyk,  
Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Materiałów Budowlanych, Warszawa

## 1. Wprowadzenie

W warunkach atmosferycznych metale ulegają procesowi zniszczenia korozyjnego na skutek działania środowiska. Procesy korozji mają różny charakter zależny od czynników zewnętrznych takich jak np. wilgotność powietrza, temperatura, zawartość w powietrzu cząstek stałych – pyłu węglowego, sadzy, piasku, rozpylonych związków chemicznych, obecność gazów – dwutlenku węgla, dwutlenku siarki, siarkowodoru, chlorowodoru, amoniaku, tlenków azotu i innych.

Zniszczenie korozyjne blach stosowanych w budownictwie na pokrycia dachowe i elewacje ma charakter korozji elektrochemicznej. Od wielu lat powszechnie stosowanym zabezpieczeniem tego typu materiałów jest powłoka cynkowa. Rosnące wymagania pod względem właściwości mechanicznych i odporności korozyjnej sprawiły, że blacha z powłoką cynkową stała się dla budownictwa materiałem niespełniającym wygórowanych oczekiwań. Aby sprostać

dynamicznie zmieniającym się wymaganiom rynku, stale podejmowane są próby wytworzenia nowego rodzaju zabezpieczeń antykorozyjnych lub modyfikacji już istniejących, poprzez zmianę składu chemicznego i/lub ilościowego powłoki czy technologii jej wytwarzania. Efektem tego typu działań było pojawienie się na rynku powłok metalicznych, które oprócz cynku zawierają aluminium – stopy cynk-aluminium (ZA) i aluminium-cynk (AZ) lub dodatek tytanu i miedzi Zn(Ti, Cu), powłok ze stopu aluminium-krzem (AS). Powłoki ze stopów cynk-aluminium i aluminium-cynk posiadają lepsze właściwości antykorozyjne w porównaniu do powłok zawierających w swoim składzie sam cynk. Skuteczniejsze działanie ochronne powłoki z aluminium zawdzięczają znacznej odporności korozyjnej spasywowanego aluminium [1, 2]. Najczęściej stosowaną metodą wytwarzania tego rodzaju powłok na blachach stalowych przeznaczonych na pokrycia dachowe jest powlekanie ogniowe w sposób ciągły – naniesienie po-

włoki metalicznej przez zanurzenie odpowiednio przygotowanego wyrobu w kąpeli stopionego metalu o odpowiednim składzie chemicznym. Wymagania dotyczące nominalnej grubości oraz masy metalicznych powłok ochronnych na wyrobach dla budownictwa zostały znormalizowane (tab. 1).

Stosunkowo nowym typem metalicznych powłok ochronnych na blachach stalowych są powłoki cynkowo-magnezowe (ZMg). Obecnie w krajach Unii Europejskiej nie ma normy, która ściśle podawałaby specyfikacje dotyczące ich zastosowania.

Jednym z podstawowych parametrów decydujących o przydatności blach na pokrycia dachowe i elewacje jest ich odporność korozyjna. Aby dopuścić do stosowania w budownictwie blachy z powłoką cynkowo-magnezową konieczne jest określenie odporności korozyjnej tego typu blach oraz porównanie ich z innymi materiałami wykorzystywanymi na pokrycia dachowe.

W celu określenia przydatności do stosowania w budownictwie bla-

**Tabela 1.** Nominalne masy i grubości powłok metalicznych na blachach stosowanych w budownictwie (oprócz danych dla powłoki ze stopu aluminium-krzem) w krajach UE [3]

Powłoka metaliczna nanoszona ogniowo	Z powłoką organiczną			Bez powłoki organicznej		
	Oznaczenie	Masa obustronnie g/m <sup>2</sup>	Grubość po jednej stronie, μm	Oznaczenie	Masa obustronnie g/m <sup>2</sup>	Grubość po jednej stronie, μm
Cynk, Z	Z 200	200	14	Z 275	275	20
	Z 225	225	16	Z 350	350	25
	Z 275	275	20	Z 450	450	32
5% Al-Zn, ZA	ZA 200	200	15	ZA 255	255	20
	ZA 255	255	20	ZA 300	300	25
55% Al-Zn, AZ	AZ 150	150	20	AZ 150	150	20
				AZ 185	185	25

**Tabela 2.** Wyniki badań fizyko mechanicznych powłok metalicznych przeznaczonych do przyspieszonych badań korozyjnych [7]

Rodzaj powłoki	cynkowo-magnezowa					cynkowa Z275	aluminowo-cynkowa AZ185
	ZMg90	ZMg120	ZMg195	ZMg250	ZMg310		
Masa powłoki, średnia, g/m <sup>2</sup>	118	131	195	250	301	278	183
Grubość powłoki, średnia, μm	7	9	16	18	21	20	25
Rodzaj powierzchni *)	C	C	C	C	C	C	C
Przyczepność powłoki, zgięcie o 180° **)	Brak złuszczeń i pęknięć						

\*) Rodzaj jakości powierzchni powłoki metalicznej określono zgodnie z normą PN-EN 10346:2011 p.7.5

\*\*) Oceny przyczepności dla powłoki ZMg310 dokonano przy zgięciu o kąt 90°

chy z powłoką cynkowo-magnezową w Instytucie Techniki Budowlanej przeprowadzono porównawcze przyspieszone badania laboratoryjne odporności korozyjnej blach stalowych z różnymi powłokami metalicznymi.

## 2. Zakres, metody i wyniki badań

Badania porównawcze wybranych powłok metalicznych przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych jako przyspieszone badania korozyjne, które obejmowały badania odporności na działanie mgły solnej (NSS), wilgoci (CH) i dwutlenku siarki. Celem badań była ocena skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej metalicznej powłoki cynkowo-magnezowej w porównaniu z wybranymi powłokami metalicznymi, objętymi normą PN-EN 10346 [3]. W ich wyniku określono przydatność badanych materiałów do stosowania w budownictwie. Do badań wytypowano blachy z powłoką metaliczną:

- cynkową Z275 o masie nominalnej 275 g/m<sup>2</sup>,
- aluminowo-cynkową AZ185 o masie nominalnej 185 g/m<sup>2</sup>,
- cynkowo-magnezową ZMg o masach nominalnych 90, 120, 195, 250 i 310 g/m<sup>2</sup>.

Wszystkie badane powłoki zostały naniesione w warunkach przemysłowych tą samą metodą powlekania ciągłego przez zanurzenie odpowiednio przygotowanej blachy stalowej w kąpeli stopionego metalu. Do każdego z przeprowadzonych badań korozyjnych użyto próbek o wymiarach 100 x 150 mm. Z każdego rodzaju blachy wykonano 3 próbki badawcze. Przed rozpoczęciem eks-

pozycji próbek w komorach trwale je oznakowano i dokonano pomiarów grubości, masy i przyczepności powłok metalicznych. Średnie wartości wyników pomiarów zamieszczono w tabeli 2.

Badania odporności na działanie mgły solnej próbek metalowych realizowano w komorze solnej w atmosferze mgły uzyskiwanej przez rozpylanie wodnego roztworu chlorku sodu o stężeniu 5%. Próbę przeprowadzono w atmosferze obojętnej mgły solnej (NSS) zgodnie z normą PN-EN ISO 9227 [4]. Oceny wyglądu próbek w toku badań dokonano wizualnie po ekspozycji w czasie 96, 480 i 1300 godzin. Badania odporności na wilgotną atmosferę SO<sub>2</sub> przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 3231 [5] w komorze o objętości 300 l., ekspozując próbki przez:

- 20 cykli po 24 godziny w atmosferze SO<sub>2</sub> o stężeniu 667 ppm,
- 20 cykli po 24 godziny w atmosferze SO<sub>2</sub> o stężeniu 667 ppm, a następnie
- 5 cykli po 24 godziny w atmosferze SO<sub>2</sub> o stężeniu 6670 ppm.

Oceny stanu powłok, podobnie jak w przypadku badań w komorze solnej, dokonano wizualnie. Badania odporności na działanie wilgoci wykonano w komorze kondensacyjnej zgodnie z wytycznymi normy PN-EN ISO 6270-1 [6], poddając próbki ciągłemu działaniu wilgoci (CH) w czasie 1500 godzin.

Wyniki przyspieszonych badań korozyjnych wytypowanych powłok metalicznych wraz z czasami ekspozycji dla poszczególnych testów korozyjnych przedstawiono w tabeli 3.

Analiza wyników przyspieszonych badań korozyjnych odporności na działanie wilgotnej atmosfery SO<sub>2</sub> oraz

kondensacji pary wodnej wykazała, że powłoki metaliczne cynkowo-magnezowe posiadają właściwości ochronne porównywalne do właściwości powłoki cynkowej Z275 i aluminowo-cynkowej AZ185. W przypadku badań w komorze kondensacyjnej po czasie 1500 godzin dla powłok metalicznych ZMg90 oraz Z275 odnotowano pojawienie się na powierzchni próbek produktów tzw. białej korozji. Dla pozostałych blach wykorzystanych w tym badaniu nie stwierdzono zauważalnych zmian w budowie powłoki. Porównywalne wyniki badań pomiędzy powłokami cynkowo-magnezowymi a cynkową Z275 i aluminowo-cynkową AZ185 uzyskano również po teście w komorze z wilgotną atmosferą SO<sub>2</sub>. Wszystkie badane próbki po 20 cyklach ekspozycji w komorze z SO<sub>2</sub> o stężeniu 667 ppm wykazywały dobrą odporność korozyjną. Ze względu na brak zmian wyglądu powłok, 10-krotnie zwiększono stężenie SO<sub>2</sub> i ekspozowano próbki przez kolejne 5 cykli. Efektem zintensyfikowania procesów korozji było pojawienie się na każdej z badanych próbek produktów białej korozji.

Wyniki badań odporności na działanie obojętnej mgły solnej, również potwierdzają dobre właściwości ochronne powłok cynkowo-magnezowych w porównaniu z powłokami cynkową i aluminowo-cynkową. Po maksymalnym czasie badania – 1300 godzinach ekspozycji próbek w komorze solnej na żadnej z blach powlekanych powłoką cynkowo-magnezową nie zaobserwowano pojawienia się czerwonej korozji. Na powierzchni próbek znajdowały się jedynie produkty białej korozji. W przypadku powłoki aluminio-

**Tabela 3.** Wyniki przyspieszonych badań korozyjnych powłok metalicznych na blachach stalowych [7]

Rodzaj powłoki metalicznej	Rodzaj testu korozyjnego					
	Komora solna (obojętna mgła solna)			Komora wilgotnościowa (kondensacja ciągła)	Komora SO <sub>2</sub> (wilgotna atmosfera z SO <sub>2</sub> )	
	po 96 godz.	po 480 godz.	po 1300 godz.	po 1500 godz.	po 20 cyklach (0,2 l)	po 20 cyklach (0,2 l) oraz 5 cyklach (2,0 l)
cynkowo-magnezowa ZMg90	brak zmian	brak zmian	białe produkty korozji	punktowe białe produkty korozji	brak zmian	liczne białe produkty korozji
cynkowo-magnezowa ZMg120	brak zmian	brak zmian	białe produkty korozji	brak zmian	brak zmian	liczne białe produkty korozji
cynkowo-magnezowa ZMg195	brak zmian	brak zmian	białe produkty korozji	brak zmian	brak zmian	liczne białe produkty korozji
cynkowo-magnezowa ZMg250	brak zmian	brak zmian	białe produkty korozji	brak zmian	brak zmian	liczne białe produkty korozji
cynkowo-magnezowa ZMg310	brak zmian	brak zmian	białe produkty korozji	brak zmian	brak zmian	liczne białe produkty korozji
cynkowa Z275	brak zmian	punktowe białe produkty korozji	czerwone produkty korozji na ok. 50% powierzchni; na pozostałej powierzchni białe produkty korozji	liczne ogniska białych produktów korozji	brak zmian	liczne białe produkty korozji
aluminiowo-cynkowa AZ185	brak zmian	brak zmian	białe produkty korozji	brak zmian	brak zmian	nieliczne białe produkty korozji

wo-cynkowej AZ185, podobnie jak dla powłok cynkowo-magnezowych, nie odnotowano efektów czerwonej korozji. Najgorzej spośród wszystkich badanych materiałów wypadły blachy powlekane powłoką cynkową Z275. Powierzchnia próbek dla tego typu powłoki pokryta była w 50% produktami czerwonej korozji. W tym miejscu warto odnotować, że powłoka cynkowo-magnezowa ZMg90 mimo najmniejszej średniej grubości powłoki 7 µm i masie 118 g/m<sup>2</sup> spośród wszystkich badanych powłok ZMg stanowi lepszą ochronę dla podłoża stalowego niż powłoka cynkowa Z275, dla której średnia grubość powłoki wynosiła 20 µm, a masa 278 g/m<sup>2</sup>. Świadczy o tym brak czerwonej korozji po ekspozycji próbek w komorze solnej w czasie 1300 godzin.

### 3. Podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników badań można stwierdzić, że powłoki cynkowo-magnezowe posiadają właściwości ochronne porównywalne z powłoką aluminiowo-cynkową AZ185 i lepsze od powłoki cynkowej Z275, o czym świadczył brak czerwonej korozji na próbkach z blachy

stalowej powlekanej powłokami cynkowo-magnezowymi ZMg, w porównaniu z powłoką cynkową Z275, po 1300 godzinach ekspozycji w komorze z obojętną mgłą solną.

Ważnym argumentem przemawiającym na korzyść powłok cynkowo-magnezowych jest fakt, że uzyskały one zbliżone właściwości ochronne do powłok cynkowych Z275 i aluminiowo-cynkowych AZ185, przy znacznie mniejszej średniej grubości i masie powłoki.

W świetle przeprowadzonych badań, blachy z powłokami cynkowo-magnezowymi okazują się być odpowiednim materiałem do zastosowań na pokrycia dachowe i obróbki blacharskie elewacji. Blachy stalowe powlekane powłoką cynkowo-magnezową mogą być z powodzeniem wykorzystywane jako zamienniki tradycyjnie stosowanych blach z powłoką cynkową. Powłoki cynkowo-magnezowe mogą okazać się atrakcyjne dla przemysłu budowlanego również w aspekcie zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych.

Wyniki przeprowadzonych przyspieszonych badań porównawczych blach stalowych z powłokami cynkowo-magnezowymi będą wykorzy-

stywane przy określaniu zakresu ich stosowania w aprobatkach i rekomendacjach technicznych oraz w pracach badawczo-rozwojowych realizowanych w Instytucie Techniki Budowlanej.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Liberski P., Kania H., Podolski P., Tatarek A., Napióra T., „Porównawcze określenie właściwości antykorozyjnych blach na pokrycia dachowe” Inżynieria Powierzchni nr 1, s. 30–34, 2009
- [2] Wranglen G., „Podstawy korozji i ochrony metali”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1975
- [3] PN-EN 10346:2011 „Wyroby płaskie stalowe powlekane ogniowo w sposób ciągły – warunki techniczne dostawy”
- [4] PN-EN ISO 9227:2007 „Badania korozyjne w sztucznych atmosferach – badania w rozpylonej solance”
- [5] PN-EN ISO 3231:2000 „Farby i lakiery – Oznaczenie odporności na wilgotne atmosfery zawierające ditlenek siarki”
- [6] PN-EN ISO 6270-1:2002 „Farby i lakiery – Oznaczenie odporności na wilgoć – Część 1: Kondensacja ciągła”
- [7] Bobryk H., Strąg A., Piwowarczyk W., Szczepiek M., Możaryn T., „Opracowanie krajowych wymagań technicznych dotyczących trwałości wyrobów z metalowych blach powlekanych, objętych zharmonizowanymi normami PN-EN 1472:2008 i PN-EN 14783:2008” ITB, Warszawa 2011 (praca prowadzona w ramach działalności statutowej)