

w miejscu i czasie, w którym jest potrzebny. Naprawa została podjęta w chwili wystąpienia uszkodzenia bez konieczności interwencji człowieka. Koncepcja ta jest wciąż na etapie wstępnych badań; do rozwiązania pozostaje nadal szereg problemów technologicznych i materiałowych. Nie ulega jednak wątpliwości, że beton samonaprawialny stanowi krok w kierunku „inteligentnych” materiałów budowlanych XXI wieku. Jednym z obiecujących kierunków rozwoju materiałów budowlanych o zdolności do samonaprawy są kompozyty epoksydowo-cementowe stosowane bez utwardzacza.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Czarniecki L., XLVII Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica, 2001, 213–231
- [2] Czarniecki L., Kurdowski W., Mindess S., in: Developments in the formulation and reinforcement of concrete, Woodhead Publishers Ltd. Abington, Cambridge, England 2008, 270–284
- [3] Czarniecki L., Łukowski P., Materiały Budowlane, 2 (2008), 2–4
- [4] Dry C. M., US Patent No. 19900540191 – Self-Repairing, Reinforced Matrix Materials
- [5] Kakiuchi H., New epoxy resins. Shokodo, Tokio, 1985
- [6] Ohama Y., Demura K., 3rd Southern African Conference on Polymers in Concrete, Johannesburg, 1997, 240–249
- [7] Katsuhata T., Ohama Y., Demura K., 10th Int. Congress on Polymers in Concrete, 2001, Hawaii (CD)
- [8] Łukowski P., Rola polimerów w kształtowaniu właściwości spoiw i kompozytów polimerowo-cementowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2008

INFORMACJE O AUTORACH

Dr hab. inż. Paweł Łukowski, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, inżynieria materiałów budowlanych, budowlane kompozyty polimerowo-cementowe, optymalizacja i projektowanie materiałowe, e-mail: P.Lukowski@il.pw.edu.pl
Mgr inż. Grzegorz Adamczewski, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, inżynieria materiałów budowlanych, e-mail: G.Adamczewski@il.pw.edu.pl

Adres do korespondencji: dr hab. inż. Paweł Łukowski, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Al. Armii Ludowej 16, 00–637 Warszawa

Niniejszy artykuł opracowano w ramach realizacji projektu badawczego MNiSW nr N506 257637.

Badania i ocena powłok ochronnych na aluminium architektonicznym

Dr inż. Teresa Możaryn, inż. Wojciech Piwowarczyk

W artykule omówiono procesy wytwarzania powłok zabezpieczających powierzchnie profili aluminiowych przeznaczonych do budownictwa. Przedstawiono metody badań i oceny tych zabezpieczeń.

Słowa kluczowe: aluminium, powłoki proszkowe, powłoki anodowe tlenkowe.

Testing and assessment of protective coatings on aluminium for architectural applications

This paper discusses the producing processes of anticorrosion protection on aluminium profiles for architectural applications. The testing methods and assessment of these anticorrosion protection were presented”.

Key words: aluminium, powder coatings, anodic coatings.

1. Wprowadzenie

Aluminium jest jednym z niewielu metali wykorzystywanych jako tworzywo konstrukcyjne. Metal i jego stopy wykazują lekkość, dostateczną wytrzymałość mechaniczną, dużą odporność na korozję w wielu środowiskach, dobre przewodnictwo elektryczne i ciepłe. W wyniku obróbki plastycznej na zimno następuje utwardzenie metalu i zwiększenie własności

wytrzymałościowych. Poprawę własności wytrzymałościowych i odlewniczych uzyskuje się wprowadzając do aluminium składniki stopowe: miedź, krzem, magnez, cynk i mangan. Składniki stopowe oraz odpowiednia obróbka cieplna mają wpływ nie tylko na własności mechaniczne i technologiczne stopów aluminium, ale także na odporność korozyjną. Jednak wzrost zawartości domieszek obniża odporność korozyjną stopu.

Korzystne właściwości mechaniczne, przy wysokiej odporności stopów aluminium na korozję, spowodowały bardzo szerokie wykorzystanie profili aluminiowych w budownictwie. Odporność na działanie agresywnych substancji chemicznych obecnych w środowisku użytkowania zapewnia odpowiednia obróbka powierzchni profili aluminiowych. Skuteczną i trwałą ochronę przed agresywnym działaniem środowiska atmosfery

rycznego zapewniają prawidłowo wykonane powłoki anodowe tlenkowe oraz powłoki polimerowe proszkowe. Oprócz bardzo dobrych właściwości ochronnych powłoki te nadają chronionym powierzchniom estetyczny wygląd. Efekty te obserwujemy na nowoczesnych, przeszklonych fasadach budynków, konstrukcjach ogrodów zimowych, oknach czy drzwiach. Uzyskanie skutecznych, trwałych i estetycznych zabezpieczeń aluminium architektonicznego możliwe jest jedynie w lakierniach i anodowniach wyposażonych w specjalistyczne urządzenia umożliwiające odpowiednie przygotowanie powierzchni aluminium, a następnie wykonanie powłok ochronnych w ściśle kontrolowanych warunkach.

2. Zabezpieczanie powierzchni profili aluminiowych stosowanych w budownictwie

Profile przeznaczone dla celów architektonicznych powinny być wykonane z odpowiednich stopów, zarówno ze względów konstrukcyjnych, jak i z powodu trwałości wytwarzanych na ich powierzchni powłok o właściwościach zabezpieczających przed korozją i dekoracyjnymi. Na powierzchni profili nie powinny występować żadne nierówności i uszkodzenia. Niedopuszczalne są zanieczyszczenia, obecność smarów, tłuszczy, pozostałości starych powłok. Przygotowanie powierzchni profili z aluminium architektonicznego do wykonania powłok ochronnych obejmuje mechaniczną obróbkę, a następnie odtłuszczenie, trawienie i płukanie w wodzie demineralizowanej. Na tak przygotowanych powierzchniach wykonuje się powłoki ochronne anodowe tlenkowe lub, po dodatkowej obróbce powierzchni, polimerowe powłoki proszkowe (rys. 1).

Powłoki tlenkowe na powierzchniach aluminiowych profili przeznaczonych do budownictwa wytwarzane są w procesie elektrochemicznym anodowego utlenia-

nia w roztworach kwasu siarkowego. Powłoki tlenkowe uzyskiwane w tych kąpielach cechuje specyficzna struktura o regularnie i gęsto rozmieszczonych porach o małych średnicach przechodzących prostopadle do podłoża prawie przez całą grubość powłoki tlenkowej, aż do związanej z podłożem cienkiej nieporowatej warstwy barierowej. Rozwinięta porowata powierzchnia może być barwiona. Ostatnim etapem procesu wytwarzania powłoki ochronnej jest uszczelnianie. Grubość wytwarzanych w tym procesie powłok tlenkowych można regulować czasem utleniania, a powłoka anodowa tlenkowa o grubości od kilku do 30 μm charakteryzuje się bardzo dobrą przyczepnością do podłoża, odpornością mechaniczną, skutecznością ochronną i dekoracyjnością. Barwy powłok są naturalne, podkreślające szlachetny wygląd i lekkość anodowanych profili. Jednak gama barw odpornych na działanie światła powłok tlenkowych jest ograniczona w porównaniu z oferowaną przez powłoki proszkowe.

Zabezpieczanie powierzchni profili aluminiowych stosowanych w budownictwie polimerowymi powłokami proszkowymi jest obecnie szeroko stosowaną techniką, konkurencyjną dla procesów anodowania. Zaletami stosowania farb proszkowych są: brak emisji rozpuszczalników, redukcja zanieczyszczeń stałych poprzez recykling proszku oraz odporność powłok na działanie mediów agresywnych. Powłoki proszkowe zabezpieczające profile aluminiowe przeznaczone do stosowania w budownictwie są odporne chemicznie i skutecznie zabezpieczają powierzchnie aluminiowe. Ich przyczepność do podłoża jest wysoka, a właściwości mechaniczne umożliwiają cięcie i frezowanie oraz wiercenie profili bez uszkodzenia powłoki. Powłoki proszkowe mogą być gładkie lub z fakturą, z połyskiem lub matowe, z połyskiem metalicznym czy efektami optycznymi, a gama barw i odcieni jest bardzo szeroka,

co znacząco podnosi walory architektoniczne.

Jak opisano powyżej, powierzchnia profili aluminiowych wymaga starannego przygotowania przed nałożeniem powłoki proszkowej. Po procesach odtłuszczenia i trawienia powierzchnie profili poddaje się obróbce chemicznej. Obecnie najczęściej stosuje się chromianowanie żółte lub zielone (fosfchromianowanie). Innymi metodami obróbki powierzchni przed malowaniem proszkowym mogą być: anodowanie, obróbka polimerowa czy pasywacja bezchromowa. W procesach chromianowania na powierzchni aluminium wytwarza się powłoka konwersyjna poprawiająca przyczepność powłoki proszkowej i skuteczność ochronną zabezpieczenia. Po chemicznej obróbce, przed pokryciem powłoką proszkową, powierzchnie profili muszą być całkowicie wypłukane wodą zdemineralizowaną i wysuszone. Po naniesieniu warstwy farby proszkowej metodą natryskową na powierzchnie profili następuje proces utwardzania powłoki w piecu, w temperaturach w zakresie 170–200°C. Przestrzeń pomiędzy kabiną natryskową a piecem powinna być wolna od pyłów i zanieczyszczeń, aby uniknąć defektów powłoki. Po utwardzeniu, powłoki proszkowe posiadają pełne właściwości zabezpieczające i pomalowane profile mogą być od razu stosowane.

Należy podkreślić, że wszystkie opisane procesy obejmujące: przygotowanie profili, odtłuszczenie, trawienie, obróbkę powierzchniową, płukanie, suszenie, barwienie i uszczelnianie powłok anodowych, utwardzanie powłok proszkowych powinny być na bieżąco nadzorowane. Jedynie utrzymanie wymaganych reżimów procesowych pozwala uzyskać powłoki o wymaganej jakości zarówno ze względów skuteczności ochronnej, trwałości, jak i efektu dekoracyjnego. Wieloletnie doświadczenia w wytwarzaniu na profilach przeznaczonych do budownictwa

powłok anodowych i proszkowych, oraz obserwacje podczas stosowania wyrobów budowlanych wytworzonych z takich profili były podstawą opracowania wymagań jakościowych obejmujących zarządzanie procesami wytwarzania powłok oraz kontrolę ich jakości [1, 2].

3. Badania powłok wykonanych na profilach aluminiowych

Badania powłok wykonanych na profilach przeznaczonych do budownictwa mają na celu potwierdzenie ich właściwości ochronnych i dekoracyjnych oraz odporności na przewidywane narażenia mechaniczne podczas montażu profili, wytwarzania z profili wyrobów budowlanych, a także użytkowania po wbudowaniu w obiekt. Większość badań powinna być wykonywana podczas bieżącej kontroli produkcji. Badania odporności na korozję dotyczą-

ce trwałości powłoki wykonuje się okresowo. Bieżąca kontrola procesów oraz bieżąca kontrola wyrobów gotowych umożliwia wytwarzanie aluminiowych profili zabezpieczonych powłokami odpowiedniej jakości i trwałości.

Bieżąca kontrola powłok anodowych tlenkowych obejmuje badania [1]:

- wyglądu i koloru (PN-EN 12373-1:2004),
- grubości (PN-EN ISO 2360:2006 metoda nieniszcząca, PN-EN 12373-2:2002 lub PN-EN ISO 1463:2006 metody niszcząca),
- uszczelnienia (PN-EN 12373-4:2002 – test kroplowy, PN-EN 12373-5:2002 – pomiar admitancji, PN-EN 12373-7:2004 pomiar ubytku masy), przy czym badania kontrolne uszczelnienia metodą ubytku masy powinny być wykonywane na panelach z partii produkcyjnej, a jeżeli nie jest to możliwe, na próbkę z tego samego stopu

co partia produkcyjna jednocześnie z nią obrabiana,

– odporności na ścieranie (wg BS 6161 cz. 18 – ścieranie papierem ściernym szklanym lub PN-EN 12373-9:2002 – metoda koła ciernego).

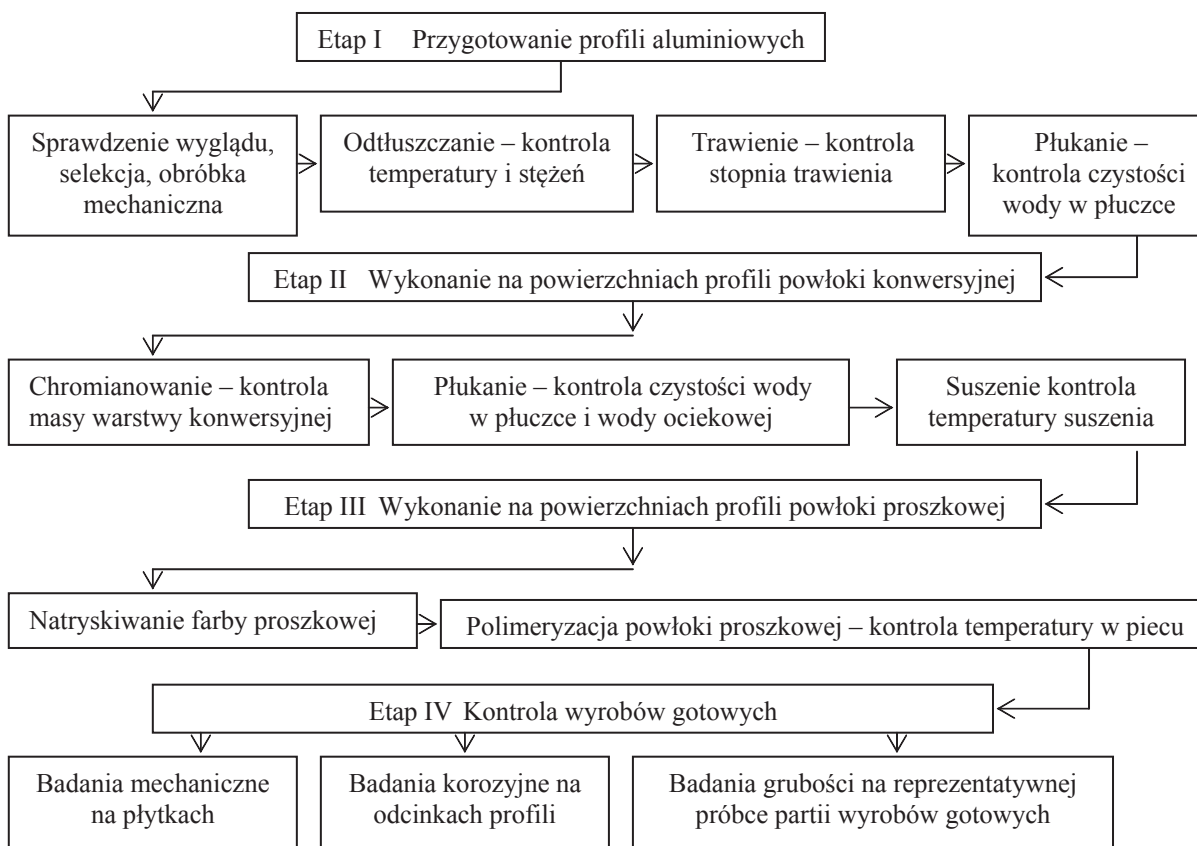
Do badań dotyczących odporności korozyjnej i trwałości powłok anodowych tlenkowych zalicza się:

- odporność na działanie światła (ISO 2135 – ocena według „Niebieskiej Skali”),
- odporność na działanie kwaśnej mgły solnej (PN-EN ISO 9227:2007).

W zakres badań powłok proszkowych w bieżącej kontroli produkcji wchodzi:

- badania powłok wykonanych na profilach,
- badania powłok wykonanych na płytkach testowych.

Badane profile i płytki testowe przechodzą taki sam cykl technologiczny jak wyroby gotowe – zabezpieczone



Rys. 1. Główne etapy procesu zabezpieczania powłokami proszkowymi powierzchni profili aluminiowych przeznaczonych do stosowania w budownictwie

Fig. 1. The main stages of powder coatings anticorrosion protection process on aluminium profiles for architectural applications

profile przeznaczone do wbudowania w obiekty oraz do wytwarzania wyrobów budowlanych. Płytki do badań mechanicznych, o grubości 0,8 lub 1 mm, powinny być wykonane ze stopu AA 5005-H24 lub H14. Profile do badań chemicznych i korozyjnych powinny być wykonywane ze stopu AA 6060 (EN AW 6060) lub AA 6063 (EN AW 6063).

Badania mechaniczne powłok obejmują:

- grubość (PN-EN ISO 2360:2006),
- przyczepność (PN-EN ISO 2409:2008),
- połysk (PN-EN ISO 2813:2001),
- twardość (PN-EN ISO 2815:2004),
- tłoczność (PN-EN ISO 1520:2007),
- zginanie (PN-EN ISO 1519:2000),
- odporność na uderzenia (PN-EN ISO 6272-1:2005).

Dodatkowo można wykonać badania odporności na cięcie piłą, wiercenie, frezowanie. Są to badania potwierdzające dobrą przyczepność powłoki do podłoża, a więc i przydatność do obróbki mechanicznej profili zabezpieczonych powłokami. Natomiast odpowiednie utwardzenie powłoki proszkowej potwierdza pozytywny wynik testu polimeryzacji oraz brak zmian wyglądu powłoki po działaniu wrzącej wody demineralizowanej.

Do wykonywanych okresowo badań odporności na korozję należą:

- przyspieszony test odporności na działanie utleniającego, kwaśnego roztworu chlorku sodowego (test Machu),
- test odporności na działanie kwaśnej mgły solnej (PN-EN ISO 9227:2007).

Dodatkowymi badaniami potwierdzającymi odporność korozyjną zabezpieczeń profili aluminiowych powłokami polimerowymi proszkowymi są:

- oznaczanie odporności na wilgoć (PN-EN ISO 6270-2:2006),
- oznaczanie odporności na działanie wilgotnej atmosfery zawierającej ditlenek siarki (PN-EN ISO 3231:2000),
- oznaczanie odporności na korozję nitkową (PN-EN ISO 4623-2:2005).

Wieloletnie doświadczenia podczas użytkowania wyrobów budowlanych wykonanych z aluminiowych profili zabezpieczonych przed działaniem warunków atmosferycznych powłokami tlenkowymi oraz proszkowymi potwierdziły właściwy dobór metod badania właściwości mechanicznych i ochronnych tych powłok.

4. Badania i ocena trwałości barwy i połysku powłok proszkowych

Powłoki na wyrobach budowlanych wykonanych z profili aluminiowych powinny charakteryzować się trwałością barwy. Trwałość barwy powłok zabezpieczających aluminiowe profile architektoniczne jest nie mniej ważną właściwością niż odporność korozyjna. Powłoki z farb proszkowych wykonane na płytkach i profilach testowych poddawane są badaniom odporności na działanie czynników klimatycznych (światło słoneczne, wilgoć, opady, zmienne temperatury) w warunkach naturalnych (Test Floryda PN-EN ISO 2810:2005) i w warunkach laboratoryjnych (przyspieszony test klimatyczny PN-EN ISO 11341:2005). Wszystkie farby proszkowe posiadające licencje znaków jakości poddawane są takim testom, a wyniki pomiarów ΔE publikowane są na stronach internetowych (np. www.qualicoat.net czy www.gsb-international.de).

5. Podsumowanie

Trwałe i estetyczne zabezpieczenia antykorozyjne aluminium architektonicznego możliwe są jedynie w lakierniach i anodowniach wyposażonych w specjalistyczne urządzenia umożliwiające odpowiednie przygotowanie powierzchni aluminium, a następnie wykonanie powłok ochronnych, w ściśle kontrolowanych warunkach. Powłoki proszkowe z farb o potwierdzonej badaniami odporności na czynniki klimatyczne wykonywane w takich lakierniach charakteryzują się sta-

bilnością barwy. Wyniki bieżącej kontroli właściwości mechanicznych i okresowej kontroli odporności korozyjnej potwierdzają jakość powłok. Lakiernie i anodownie posiadające licencje znaków jakości Qualicoat lub Qualanod prowadzą rejestry bieżących kontroli procesów i bieżącej kontroli wyrobów gotowych, a co najmniej dwa razy w ciągu roku podlegają inspekcjom, których pozytywne wyniki są podstawą przedłużenia licencji. Pomimo znacznej liczby metod badań powłok proszkowych i anodowych tlenkowych, które umożliwiają ocenę ich właściwości, nie zostało dotychczas ustalone bezpośrednie przeniesienie wyników badań laboratoryjnych na trwałość powłok eksploatowanych w warunkach rzeczywistych. Działania w takim kierunku wymagają opracowania i zrealizowania programu systematycznego badania trwałości powłok w laboratorium i na obiektach użytkowanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wymagania znaku jakości Qualanod dla anodowania w roztworach kwasu siarkowego, Wydanie z 15.09.2004, Zurich
- [2] Wymagania techniczne znaku jakości Qualicoat dla farb, lakierów i powłok proszkowych na aluminium do celów architektonicznych, Wydanie 12 z 25.06.2009, Zurich

INFORMACJE O AUTORACH

Dr inż. Teresa Możaryn – Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Budowlanej, ochrona przed korozją i trwałość wyrobów budowlanych, badania i ocena wyrobów przeznaczonych do stosowania w budownictwie, wykonywanie inspekcji lakierni i anodowni w zakresie wymagań technicznych znaków jakości Qualicoat i Qualanod, t.mozaryn@itb.pl

Inż. Wojciech Piwowarczyk – Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Budowlanej, ochrona przed korozją i trwałość wyrobów budowlanych, badania i ocena wyrobów przeznaczonych do stosowania w budownictwie, wykonywanie inspekcji lakierni i anodowni w zakresie wymagań technicznych znaków jakości Qualicoat i Qualanod, w.piwowarczyk@itb.pl

Adres do korespondencji: dr inż. Teresa Możaryn, Pracownia Ochrony przed korozją i Trwałości Obiektów Budowlanych, Zakład Materiałów Budowlanych, Instytut Techniki Budowlanej, ul. Filtrów 1, 00-611 Warszawa.