

Organiczne powłoki ochronne na pokrycia dachowe, nakładane metodą IMC

Mgr inż. Helena Kuczyńska, mgr inż. Ewa Langer, dr Elżbieta Kamińska-Tarnawska, Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Oddział Farb i Tworzyw w Gliwicach, mgr inż. Dariusz Ejchman, Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe S. i A. Pietrucha

1. Wprowadzenie

Dach odgrywa dominującą rolę w ocenie „wyglądu” domu mieszkalnego, jak i budynków użyteczności publicznej. Konstrukcja dachu zazwyczaj w dużej mierze wiąże się z warunkami klimatycznymi lokalizacji budynku, ale na dobór materiałów na pokrycie dachu ma wpływ najczęściej lokalna tradycja, panująca moda, gust właścicieli, dostępność, a nade wszystko koszty, w tym; koszt cyklu życia, konserwacji i początkowy koszt pokrycia. Szacuje się, że na świecie istnieje prawie 400 konwencjonalnych i nowoczesnych rodzajów powłok dachowych, ocenianych więcej niż 40 testami [1]. Każdy rodzaj pokrycia powinien spełniać szczególne wymagania, jak: elastyczność, co pozwala na rozszerzanie i kurczenie się do wyjściowych wymiarów po narażeniu na zmienne temperatury i przeciążenia, odporność na promieniowanie UV i podczerwone temperaturowe, deszcz, grad i uszkodzenia mechaniczne.

Ostatnio na amerykańskim rynku budowlanym pojawiły się, po prawie dekadzie badań, gonty dachowe RIM ze sztywnej mikrokomórkowej pianki poliuretanowej [2], konkurencyjne do tradycyjnych gontów cedrowych. Hybrydowy poliuretanowy materiał dachowy jest uważany za bardziej odporny i trwały niż drewno przy podobnej estetyce powierzchni [3]. Odlewają się tworzone w postaci rzeczywistych replik gontów cedrowych, przy zachowaniu ich wymiarów i struktury powierzchni. Badania polowe wykazały wyższość gontów Ce-DUR w porównaniu z drewnianymi pod wzglę-

dem odporności na palenie, wiatr, grad i cykliczne zamarzanie/odmrażanie, odporność na nacisk przy chodzeniu, a nade wszystko mniejszą masę na mokro.

Tworzywo piankowe poliuretanowe wyróżnia się wśród innych materiałów najniższym współczynnikiem przewodzenia ciepła λ i przy niewielkiej grubości spełnia wymogi przepisów ochrony cieplnej. Spośród licznych zalet pianek poliuretanowych, jak: odporność chemiczna, mała nasiąkliwość, odporność na wahania termiczne, wykazują one jedną zasadniczą wadę – brak odporności na działanie promieniowania UV. Stąd wynika konieczność zabezpieczania powierzchniowego spienionych poliuretanów.

Pokrycia dachowe są narażone na działanie wielu czynników atmosferycznych [4]. Wzrost temperatury i jej zmiany mogą prowadzić do degradacji materiału, przyspieszać szkodliwe reakcje chemiczne, powodować utratę składników lotnych i zmiękczać polimery termoplastyczne. Zmiany temperatury, stopniowe lub nagłe (ulewa w gorący dzień), wywołują naprężenia spowodowane rozszerzalnością termiczną. Wzrost temperatury, spowodowany absorpcją promieniowania słonecznego, w tym termicznego IR, sprawia, że pokrycia dachowe stają się mniej trwałe. Tylko w niektórych przypadkach, np. dachówek ceramicznych, wzrost ten jest nieszkodliwy, a nawet korzystny. Jednym ze sposobów zapobiegania ujemnym zjawiskom jest stosowanie powłok ochronnych o doskonałej przyczepności do podłoża i odporności na wpływy atmosferyczne. W przypadku po-

kryć tworzywowych, a szczególnie pianek poliuretanowych, preferowane są dwuskładnikowe farby poliuretanowe sprawdzające się przy malowaniu techniką „in-mould coating” (IMC) [5], która polega na formowaniu elementów z tworzyw sztucznych w formach z wcześniej naniesioną warstwą farby. Pozwala to na otrzymywanie w jednej operacji technologicznej gotowych elementów tworzywowych z dekoracyjno-ochronną powłoką lakierową. W konwencjonalnym procesie produkcji malowanie elementów z tworzyw następuje po etapie formowania elementu. Powłoki uzyskane metodą IMC wykazują znakomitą adhezję do malowanego elementu, znacznie większą niż przy konwencjonalnych metodach malowania, gdyż wtryskiwane tworzywo tworzy z powłoką silne wiązanie chemiczne. Wyroby lakierowe przeznaczone do nakładania techniką IMC powinny cechować się łatwością aplikacji, szybkim wysychaniem, dobrą adhezją do powierzchni malowanych elementów przy braku przyczepności do ścianek formy.

Nadmierne nagrzewanie się pomalowanych powierzchni na skutek promieniowania słonecznego może rozwiązać wprowadzenie technologii „cool coatings”, powłok odbijających promieniowanie w bliskiej podczerwieni, na którą przypada ponad połowa energii promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi. Technologia ta umożliwi otrzymanie barwnych, a nawet czarnych, mniej nagrzewających się powierzchni przez dobór pigmentu/pigmentów mających dużą wartość współczynnika odbicia promieniowania słonecznego, szcze-

gólnie w zakresie IR, co równocześnie umożliwiła uzyskanie założonej barwy „zimnych powłok” [6].

Celem pracy było badanie właściwości technicznych i eksploatacyjnych paneli ze sztywnej pianki poliuretanowej, w postaci wielokrotnych elementów pokrycia dachowego, otrzymanych techniką RIM z powłoką ochronną z farb poliuretanowych naniesionych metodą IMC.

2. Część doświadczalna

Przedmiotem wykonanych badań były ciekłe farby opracowane w odcieniach: czerwonym tlenkowym, zielonym, czarnym i o podwyższonym współczynniku odbicia IR: brązowa (RAL 8017) i grafitowa (RAL7024), jak też elementy pokryć dachowych w formie detali testowych wykonanych z paneli RIM niepomalowanych i/lub pomalowanych farbami poliuretanowymi przydatnymi do nakładania techniką IMC.

W pracy wykonano badania: a) właściwości powłok na detalach testowych zgodnie z wymaganiami Aprobaty Technicznej ITB AT- 15–2245/2005 na wyrób lakierowy do wykonywania powłok ochronnych na sztywnych piankach poliuretanowych; b) charakterystyk widmowych powłok w zakresie promieniowania słonecznego 250–2500 nm, stosując spektrofotometr dwuwiązkowy UV/VIS/NIR V-670 z kulą całkującą, Jasco. Całkowity współczynnik promieniowania słonecznego (TSR) obliczono zgodnie z ASTM E903, a współrzędne barwy CIE L*a*b* z charakterystyki widmowej w zakresie widzialnym (400–700 nm);

c) nagrzewania się podłoża stalowego i z pianki poliuretanowej chronionych powłokami poliuretanowymi metodą laboratoryjną w komorze grzewczej zaprojektowanej i wykonanej zgodnie z ASTM D4803. Temperaturę podłoża rejestrowano przyrządem Brainchild VR 18.

3. Wyniki badań i ich omówienie

W wyniku wykonanych prac laboratoryjnych i prób malowania paneli otrzymano formuły pięciu dwuskładnikowych farb o zróżnicowanej kolorystyce i takiej samej dobranej eksperymentalnie bazy spoiwowej, w skład której wchodziła żywica akrylowa o zawartości grup hydroksylowych 1,8% (składnik polioliowy). Utwardzaczem był alifatyczny poliizocyjanian, o zawartości grup NCO równej 19,6%, pochodna heksametylenodiizocyjanianu. Właściwości podstawowego spoiwa modyfikowano żywicą akrylową (kopolimer metakrylanu metylu i akrylanu etylu) o masie cząsteczkowej 160000 i temperaturze zeszklenia 50°C. Zawartość fazy stałej, właściwości mechaniczne i twardość powłok regulowano odpowiednio dobranymi wypełniaczami funkcyjnymi. W przypadku farb przeznaczonych na pokrycia dachowe, istotne znaczenie mają pigmenty, które decydują o barwie i jej stabilności pod wpływem warunków atmosferycznych.

Wszystkie farby mają ciemny odcień barwy, a całkowity współczynnik odbicia promieniowania słonecznego (TSR) wynosi od około 10 do 30% (tab.1). Należy zwrócić uwagę na wy-

raźnie wyższy TSR odbijających IR farb brązowej i grafitowej w porównaniu z tradycyjnie pigmentowaną farbą grafitową i czarną. Wzrost temperatury (ΔT) podłoża stalowego, pomalowanego badanymi farbami, mieści się w granicach od 30 do 35°C i jest związany z wartością TSR powłok. Nagrzewanie pianki PU, ze względu na jej właściwości izolacyjne, jest mniejsze, a ΔT ma wartość około 10°C niższą i wynosi od 21 do 27°C. Niepomalowana pianka PU, prawie biała, charakteryzuje się dużą wartością TSR = 71,91 i najniższą temperaturą nagrzewania ($\Delta T = 19,2^\circ\text{C}$). Starzenie pianki powoduje drastyczny spadek TSR, pociemnienie barwy ($\Delta E = 33,88$) i wzrost temperatury nagrzewania. Temperatura nagrzewania pianki PU po starzeniu jest nawet większa niż pokrytej brązową farbą. Należy jeszcze raz podkreślić, że współczynnik TSR handlowej farby grafitowej jest prawie trzykrotnie niższy, a nagrzewanie pianki o 6°C większe w porównaniu do proponowanej farby grafitowej PU do nakładania techniką IMC.

Krótką historią stosowania nowoczesnych pokryć dachowych sprawia, że nie ma obecnie odpowiednich metod badań i oceny ich właściwości przed i po czasie eksploatacji dachu w zróżnicowanych warunkach klimatycznych i atmosferycznych. Podobnie jak wszystkie wodoodporne membrany, pokrycia dachowe muszą być odporne na działanie wilgoci, ponieważ ich podstawową funkcją jest ochrona konstrukcji dachu i budynku przed wodą. Stwierdzono, że dla pokryć dachowych wykonanych z ma-

Tabela 1. Właściwości optyczne i nagrzewanie się podłoża chronionego badanymi farbami

Rodaj farby	Współrzędne barwy L* a* b*			TSR	ΔT / podł. stalowe, °C	ΔT /podł. PU, °C	ΔE po QUV 2000 h
	PN ISO 7724–3			ASTM E903	ASTM D4803	ASTM D4803	
Nr 1 czerwona tl.	35,8	25,8	16,8	27,7	30,0	21,5	1,08
Nr 2 zielona	41,4	-14,2	13,6	29,4	30,2	23,2	0,65
Nr 3 czarna	27,6	0,42	-1,1	10,7	35,0	27,7	0,92
Nr 4 brązowa (IR)	35,7	8,0	5,4	31,4	32,7	22,1	0,88
Nr 5 grafitowa (IR)	35,3	0,45	-3,8	23,2	34,4	23,4	0,45
Nr 6 grafitowa handlowa	37,2	0,16	-1,8	8,59	-	29,6	-
Pianka PU	85,2	0,10	24,8	71,9	-	19,2	-
Pianka PU po QUV	68,2	13,5	50,8	59,3	-	21,8	21,5

Tabela 2. Właściwości techniczne systemu powłokowego nakładanego metodą IMC na panele dachowe otrzymane metodą RIM

Właściwość	Wynik	Wymagania wg Aprobaty Technicznej ITB	Metody badań
Wygląd	Zgodny z wymaganiami Aprobaty	Powłoka gładka bez pęcherzy, kawern i obcych wtrąceń	Aprobata p. 5.6.1
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	29,7	≥ 10	PN-EN ISO 527-1: PN-EN ISO 527-2:1998
Napężenie przy rozciąganiu, MPa	25,2	≥ 10	
Wydłużenie przy zerwaniu, %	40,0	≥ 40	
Przyczepność do sztywnej pianki PU, MPa	3,7 100% Y/Z	≥ 0,7	PN-EN 4624:2003
Przyczepność do sztywnej pianki PU po 24 h działania temp. +70°C i wilgotności względnej 98%, MPa	2,6 100% Y/Z	≥ 0,5	PN-EN 4624:2003
Przyczepność do sztywnej pianki PU po 25 cyklach zamrażania (-20°C) i odmrażania w wodzie (20°C), MPa	2,17 100% B 4,52 100% A	≥ 0,5	PN-EN 4624:2003
Odporność na starzenie w sztucznych warunkach klimatycznych (metoda B) a) po napromienieniu 4500±200 MJ/m ² b) po napromienieniu 8000±200 MJ/m ²	powłoka bez zmian, minimalne pojaśnienie 3 stopień szarej skali	Brak zmian w postaci złuszczeń, spękań, zmiana barwy nie większa niż 3 stopień w skali szarej	PN-EN ISO 4892-1:2001 PN-EN ISO 4892-2:2009 +A1:2009
	powłoka bez zmian, minimalne pojaśnienie, 3-4 stopień szarej skali, ΔE = 6,56	Wymagania według Aprobaty dla kształtowników okiennych z niezmiękczonego PVC	PN-EN 513:2002 PN-EN ISO 179/1fA:2004
Zmiana udarności wg Charpy'ego, %	30		

teriałów organicznych i całkowicie eksponowanych podczas eksploatacji, łączny efekt promieniowania UV, tlenu i temperatury jest dużo większy niż suma poszczególnych oddziaływań. Kruchość materiałów polimerowych poniżej temperatury zeszklenia narzuca ich dobór, uwzględniający odpowiednią elastyczność w zimnym klimacie. Wynika stąd, że dobór testów stosowanych do oceny pokryć dachowych powinien skupiać się na właściwościach mechanicznych i wpływie ekstremów temperatury i wilgoci na te właściwości, ściśle powiązane z degradacją polimeru. Wyniki badań zamieszczone w tabeli 2 wskazują, że każda z opracowanych farb spełnia wymagania odpowiednich norm, określających rodzaj i poziom istotnych parametrów zestawionych w wymaganiach Aprobaty Technicznej ITB AT-15-2245/2005 na wyrób lakierowy, do wykonywania powłok ochronnych na sztywnych piankach poliuretanowych.

Każda z farb na podłożu z pianki PU odrywa się przy naprężeniu rozciągającym ≥ 3,7 MPa adhezyjnie na granicy warstwa kleju/powłoka, w przypadku badań elementów klimatyzowanych w temperaturze 23°C i wilgotności

50%. Powłoki poddane działaniu podwyższonej temperatury i wilgotności (70°C, 98%) odrywają się przy naprężeniu rozciągającym 2,6 MPa, a odrywanie adhezyjne na granicy warstwa kleju/podłoże świadczy raczej o braku przyczepności do podłoża kleju niż powłoki. Twardość powłok i odporność na zarysowanie jest na poziomie założonych wymagań. Twardość powłok oznaczana metodą Shore'a A, co jest powszechnie przyjęte dla tego rodzaju pokryć dachowych jest znacznie większa (~90°Sh) od wartości podawanych w literaturze (55-60°Sh). Powłoki nałożone metodą IMC znacząco zmniejszają nasiąkliwość pianki wodą, z wartości 1,5% dla pianki niemalowanej do 0,5% dla pianki pokrytej farbą poliuretanową. Odporność na starzenie po 2000 h w komorze QUV, oceniana wizualnie i różnicą barwy powłok przed i po narażeniu na działanie UV, jest dobra, nie następuje pęknięcie lub łuszczenie, a różnica barwy nie przekracza dwóch jednostek. Dawka promieniowania wynosząca 8000 MJ/m² w warunkach klimatu umiarkowanego panującego w Polsce jest równoważna okresowi 5-letniej ekspozycji naturalnej w urządzeniach do przyspieszonych badań starzenia.

4. Podsumowanie

Opracowane farby poliuretanowe nadają się do malowania metodą IMC elementów pokryć dachowych wytwarzanych technologią RIM ze sztywnych, spienionych pianek poliuretanowych. Specyfika technologii malowania i formowania pozwala na uzyskanie różnorodnych elementów pokryć dachowych: dachówek karpiołek, kształtowych dachówek startowych i końcowych, pojedynczych dachówek i dachówek szczytowych z powierzchnią doskonale zabezpieczoną powłoką chroniącą przed działaniem warunków atmosferycznych i tworzącą jednolity system z tworzywowym podłożem.

LITERATURA I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] Laaly H. O., Ashton H. E., Methodology and test procedures for evaluating new roofing materials, Proceedings of Second International Symposium on Roofs and Roofing, '81 Volume 2, 1982, 24
- [2] www.bayermaterialssciencenafta.com/news
- [3] US Patent application: Roofing Materials nr 20100223873
- [4] Berdahl P., Akbari H., Levinson R., Miller W. A., Construction a. Building Materials 22 (2008) 423
- [5] US Patent 5849168
- [6] Detrie T., Swiler D., High Performance Pigments, Wiley- VCH, 2009, 467