

Tomasz MUZYCZUK*
Politechnika Śląska

WPLYW IMPERFEKCJI WARSTWY TERMOIZOLACYJNEJ NA ZMIANY STRUKTURALNE CIENKOWARSTWOWYCH WYPRAW ELEWACYJNYCH

Streszczenie. Opracowanie zawiera wyniki badań dotyczące wpływu nieciągłości materiału termoizolacyjnego i procesu starzenia na zmiany strukturalne cienkowarstwowych wypraw elewacyjnych w bezspoinowym systemie styropianowych ociepleń (BSO).

INFLUENCE OF DISCONTINUITY OF THERMAL INSULATION ON STRUCTURAL CHANGES IN THIN LAYER FACADE PLASTERS

Summary. This paper contains results of research on the influence of discontinuities in thermal insulation material and of aging processes on structural changes in thin layer plasters.

1. Wprowadzenie

Według obowiązujących norm [6] opór dyfuzyjny materiałów oparty jest na stałych wartościach współczynnika przepuszczalności pary wodnej. W rzeczywistości, w systemach bezspoinowego ocieplenia budynków (BSO) wartości te są zmienne na skutek występowania nieciągłości materiałów termoizolacyjnych, np. szczelin, otworów. Jak pokazuje praktyka, na budynkach ocieplanych metodą lekką mają miejsce liczne uszkodzenia w postaci odspojen warstwy tynku (rys. 1a) lub zarysowania tynku w strefach styków płyt styropianowych (rys. 1b). Na podstawie doświadczeń oraz badań z tego zakresu wynika, że trwałość układu ocieplającego jest funkcją parametrów technicznych poszczególnych składowych systemu, tj. styropianu, zaprawy klejącej, tkaniny zbrojącej, środków gruntujących i mas tynkarskich.

O trwałości systemu ocieplającego decyduje najszlaby element. Doświadczenia wykazują, że najszlaby element układu ocieplającego jest wyprawa tynkarska [1]. Warstwa ta jest

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Henryk Krause, prof. Pol. Śląskiej

narażona na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych, pod wpływem których powstają mikrorysy, dające możliwość wnikania wody w głąb, co prowadzi dalej do efektów mrozowych i procesów fizykochemicznych. Przyczyną mogą tu być zarysowania tynków wzdłuż styków płyt styropianowych na skutek niewystarczającego sezonowania styropianu. Częstą przyczyną wad układów ocieplających są błędy wykonawcze, polegające na niestosowaniu warstw gruntujących, czego powodem jest słaba przyczepność do podłoża prowadząca do pęcherzy i odspojen tynku (rys. 1a). Przyczyną może być także zbyt duża nasiąkliwość warstwy tynkowej oraz nieszczelności umożliwiające penetrację wody w głąb podłoża. Większość tych przypadków sprzyja łatwemu dostępowi dwutlenku węgla i wody, który wchodzi w reakcję z wodorotlenkiem wapnia, tworząc sole kalcytu CaCO_3 (rys. 1c). Przy ich znacznej ilości może zachodzić odpajanie tynku.



Rys. 1. Uszkodzenia układów ocieplających: a) odspojenia, b) zarysowania tynków, c) sole kalcytu w strefie stykowej

Fig. 1. Failures of thermal insulation systems: a) shellings, b) cracks of plasters, c) calcium carbonate salts as a reason

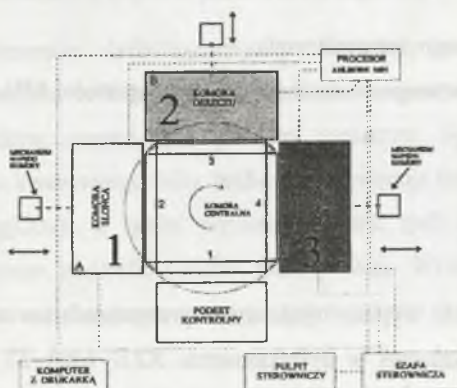
Na obniżenie trwałości układów ocieplających w naszym regionie mogą mieć wpływ również zanieczyszczenia środowiskowe, takie jak: tlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu, przyczyniające się do powstawania kwaśnych deszczy. Z kolei, pyły i mikroorganizmy biologiczne osiadające w porowatej strukturze w obecności wilgoci są przyczyną powstawania glonów i grzybów.

Na tle powyższych zjawisk przyjęto przypuszczenie, że dodatkowym zjawiskiem inicjującym tworzenie węglanu wapnia jest przepływ ciepła i wilgoci, wynikający z różnicy temperatur i ciśnień pary wodnej bo obu stronach przegrody na skutek oddziaływań zewnętrznych czynników atmosferycznych i wewnętrznych wynikających z użytkowania. Miejsca nieciągłości materiału termoizolacyjnego są dla tych czynników mostkami cieplnymi i dyfuzyjnymi. W ogólnym przypadku przepływ ciepła i wilgoci jest sprzężony, trójwymiarowy i nieustalony. Z dwóch tych czynników znaczenie dla tworzenia kalcytu ma wilgość.

2. Test starzeniowy układu BSO w warunkach symulowanych

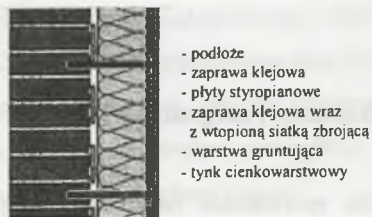
W celu sprawdzenia zależności pomiędzy procesem starzenia tynków i ich strukturą oraz stwierdzenia wpływu szczelin termoizolacji na warstwę wypraw elewacyjnych układu BSO i strefę kontaktową wykonano test przyspieszonego starzenia [7] w komorze rotacyjnej (rys. 2). Tynki cienkowarstwowe ułożono na podłożu z płyt styropianowych o grubości 10 cm, zgodnie z instrukcją ITB nr 334/01 [2], stosując materiały zgodnie z zasadami metody lekkiej (rys. 2).

Do badań przyjęto materiały zgodnie z wymogami instrukcji [2]. Na płytach styropianowych odmiany „15” grubości 10 cm i wymiarach 50x100 cm zastosowano polimerowo-cementową mrozoodporną zaprawę klejową zbrojoną siatką z włókna szklanego. Następnie za pośrednictwem środka gruntującego na bazie dyspersji akrylowych ułożono cztery odmiany tynków cienkowarstwowych: akrylowy, silikonowy, mineralny oraz sylikatowy (rys. 4), w polach 40x220 cm i grubości 2-3 mm. Z uwagi na powszechność stosowania główną uwagę zwrócono na dwa pierwsze.



Rys. 2. Schemat komory rotacyjnej przyspieszonego starzenia PBS

Fig. 2. CAT stand scheme for accelerated ageing test



Rys. 3. Budowa materiałowa układu BSO

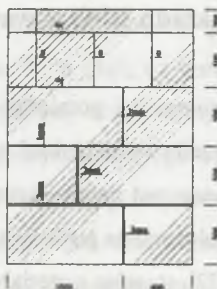
Fig. 3. Material structure of the BSO thermal insulation system

Tynk mineralny wykonano z suchej mieszanki spoiw i wypełniaczy mineralnych o uziarnieniu 1,0 mm modyfikowanych domieszkami, odporny na czynniki atmosferyczne, m.in. na wodę, mróz i zabrudzenia, o dużej paroprzepuszczalności i przyczepności. Pozostałe tynki wykonano z gotowych mas na bazie wypełniaczy mineralnych o uziarnieniu 1,5-2 mm, spoiw polimerowych lub krzemianowych oraz środków hydrofobowych, pigmentów i wody, cechujących się mrozoodpornością i trwałością. Pomiedzy płytami styropianowymi pozostawiono szczeliny o trzech grubościach: 0, 1 i 2 mm (rys. 5).



Rys. 4. Układ tynków cienkowarstwowych na ścianie komory PBS

Fig. 4. Layout of thinlayer plasters on the PBS chamber's wall



Rys. 5. Układ szczelin w płytach termoizolacyjnych na ścianie komory PBS

Fig. 5. Layout of gaps in thermal insulating boards in the PBS chamber's wall

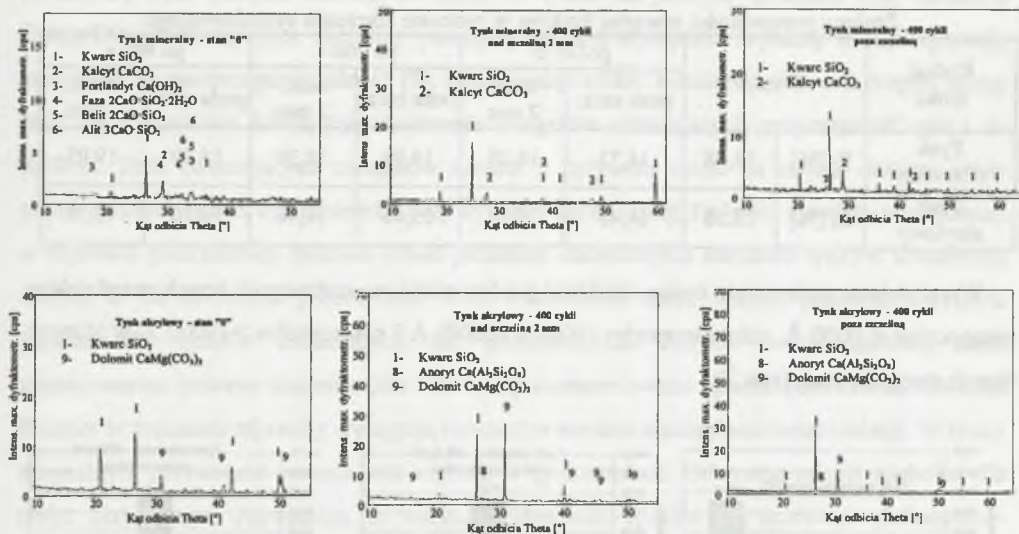


W ten sposób przygotowane próbki poddano testowi 400 cykli przyspieszonego starzenia w symulowanych warunkach klimatycznych komory PBS. Przyjęto 1 pełny cykl o zakresie:

- Komora słońca - 60 minut nagrzewania do temperatury $+50^{\circ}\text{C}$ ($+40^{\circ}\text{C}$ w powietrzu) i naświetlania promieniami UV,
- Komora deszczu - 15 minut intensywnego zraszania wodą,
- Komora mrozu - 60 minut mrożenia w temperaturze -18°C przy wilgotności 85%.

3. Badania rentgenograficzne

Dla sprawdzenia zmian mineralogicznych wypraw tynkowych przeprowadzono analizę fazową metodą rentgenowskiej analizy proszkowej w dyfraktometrze XRD 3003 TT firmy Seifert. Dla dwóch tynków: akrylowego i mineralnego określono skład chemiczny w trzech stanach: początkowym, po 200, po 400 cyklach (rys. 6). Dla porównania wykonano także oznaczenia w strefach szczelin 2 mm dla tynków i podkładów w podobnych fazach starzeniowych.



Rys. 6. Dyfraktogramy tynków w stanie początkowym i po 400 cyklach

Fig. 6. Diffraction graphs of plasters at the beginning and after 400 ageing cycles

Otrzymane dyfraktogramy przedstawiają intensywności maksimów dyfrakcyjnych. Ich porównanie z kartotekami składów wzorcowych wskazuje na występowanie określonych związków, oznaczonych powyżej numerami. Spośród nich, obok podstawowego składnika piasku kwarcowego SiO₂, najliczniej występuje kalcyt CaCO₃ w tynku mineralnym oraz dolomit CaMg(CO₃)₂ w tynku akrylowym. Ilość tych minerałów wzrasta w procesie starzenia, a zwłaszcza w strefie styków termoizolacji. Wyniki te potwierdzają wpływ nieciągłości jako mostków dyfuzyjnych sprzyjających tworzeniu ekspansywnych soli węglanu wapnia.

4. Badania porozymetryczne

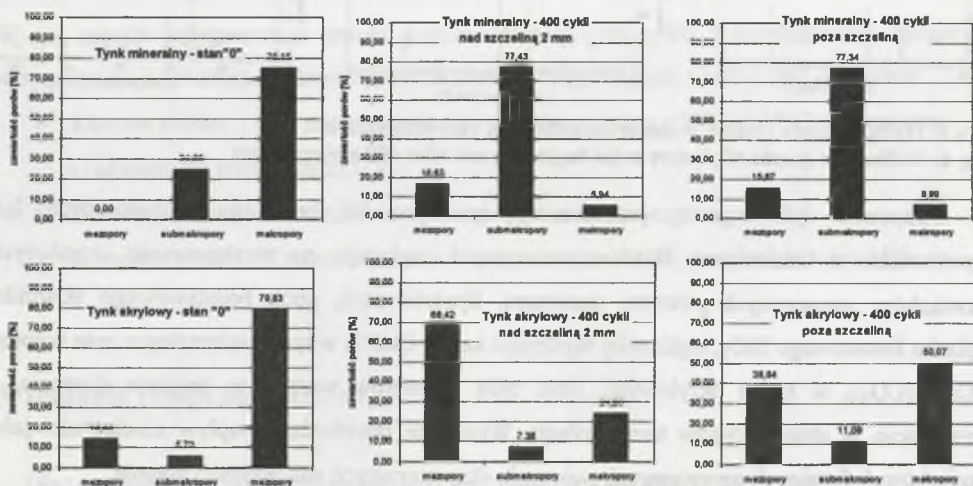
Zmiany zachodzące w tynkach śledzono także poprzez pomiar struktury porowatości metodą porozymetrii rtęciowej za pomocą aparatu CARLO ERBA 2000 o zakresie pomiarowym 3,7-7500 nm. Oznaczenia wykonano dla tynku akrylowego i mineralnego w strefach szczelin 2 mm i poza nimi. Otrzymane wyniki porowatości otwartej P₀ dla czterech stanów: początkowego, po 100, po 200 i po 400 cyklach przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1

Zmiany porowatości otwartej tynków w procesie starzenia symulowanego

Rodzaj tynku	Stan „0”		po 100 c		po 200 c		po 400 c	
			poza szcz.	szcz. 2 mm	poza szcz.	szcz. 2 mm	poza szcz.	szcz. 2 mm
Tynk mineralny	P ₀ [%]	16,68	14,73	16,03	14,99	18,39	18,79	19,03
Tynk akrylowy	P ₀ [%]	13,50	14,48	12,84	15,46	14,46	16,10	15,79

Wyraźniejsze porównanie zmian struktury porów widać na zestawieniu trzech przedziałów: mezoporów < 1000 Å, submakroporów (1000 - 10000) Å i makroporów >10000 Å w różnych fazach starzeniowych (rys. 7).



Rys. 7. Zmiany przedziałowe porów w tynkach w stanie początkowym oraz po 400 cyklach starzeniowych
Fig. 7. Changes in pore ranges in plasters at the beginning and after 400 ageing cycles

5. Podsumowanie i wnioski

Analiza uzyskanych wyników pozwala stwierdzić, że na strukturę tynków mają wpływ dwa główne czynniki, tj. nieciągłość warstwy termoizolacyjnej i postępujący proces starzenia.

Przy połączeniach płyt styropianowych na styk czołowy, z pozostawieniem szczelin o szerokości do 2 mm, miejsca te funkcjonują jako mostki dyfuzyjne (efekt przebitego balonu) [4]. Potwierdzeniem tego są większe ilości formowanych soli węgla wapnia w porównaniu do miejsc poza szczelinami. Efekt ten jest widoczny wyraźnie w tynku mineralnym, w którym

tworzą się sole kalcytu CaCO_3 . Z kolei, w tynku akrylowym powstają sole dolomitu $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Występujące szczeliny pomiędzy płytami styropianu z jednej strony wpływają korzystnie na paroprzepuszczalność [5], zmniejszając efekty kondensacyjne, a z drugiej strony stają się czynnikiem inicjującym tworzenie związków obniżających przyczepność tynku do podłoża. Ilość powstających związków narasta z upływem czasu na skutek dostępu wody poprzez nieszczelności cienkowarstwowej wyprawy elewacyjnej. Podobne zjawisko stwierdzono w zaprawie podkładowej tynków. Obok przemian chemicznych starzeniu tynków towarzyszą zmiany w ich strukturze porowatości. Wraz z upływem czasu wzrasta porowatość otwarta bardziej dla tynków mineralnych niż polimerowych. Jedynie w początkowej fazie symulowanego procesu starzenia (dla 100 cykli) zaobserwowano spadek porowatości otwartej. Różnice w zmianach tej cechy występują również w strefach nieciągłości termoizolacji. W tynku mineralnym porowatość otwarta jest większa w tych strefach. Odwrotna relacja zachodzi dla tynku akrylowego. Potwierdza to większą odporność tynków na spoiwach polimerowo-cementowych niż samych cementowych. Obydwa tynki są materiałami makroporowatymi ($r > 1000 \text{ \AA}$), w tym mineralny bardziej. Ilość mezoporów ($r < 1000 \text{ \AA}$) z kolei jest większa w tynku akrylowym. Właściwość ta dotyczy zarówno stanu początkowego, jak i stanów starzeniowych. Stąd większa paroprzepuszczalność tynków mineralnych. W trakcie procesu starzenia następuje przegrupowanie makroporów w kierunku porów mniejszych. Proces ten zachodzi silniej w tynkach akrylowych. Oprócz efektów w skali mikro, tynki uległy także wyraźnym efektom makroskopowym, polegającym na ich zarysowaniu. Największe zarysowania wystąpiły w tynku mineralnym. Jednym z powodów tego są znaczne odkształcenia warstwy styropianu na skutek wpływów termicznych i odparowywania pentanu.

W świetle trwałości najsłabszym ogniwem ociepleń budynków jest warstwa tynkowa, jej szczelność i przyczepność do podłoża. Z tego względu istotne znaczenie ma warstwa gruntująca oraz skład mineralogiczny zaprawy klejącej. Istotne znaczenie dla rysoodporności warstwy tynkowej ma właściwe sezonowanie styropianu.

LITERATURA

1. Ciesielski E., Fechner O.: Wärmedämmverbundsysteme: Untersuchungen zur Gebrauchsfähigkeit gerissener Putzsysteme. Problemy. Fraunhofer IRB Verlag 2000.
2. Instrukcja ITB nr 334/01: Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków.

3. Künzel H.M.: Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1995.
4. Muzyczuk T.: Wpływ nieciągłości materiału termoizolacyjnego na opór dyfuzyjny systemu BSO. IX Polska Konferencja Naukowo-Techniczna: Fizyka budowli w teorii i praktyce, Łódź 2003.
5. Muzyczuk T.: Zagadnienia paroprzepuszczalności systemu BSO na bazie styropianu. IV Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa, Gliwice - Wisła 2003.
6. PN-EN ISO 13788:2001 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku - Temperatura powierzchni wewnętrznej dla uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej - Metody obliczania.
7. PN-91/B-10105 Masy tynkarskie do wykonywania pocienionych wypraw elewacyjnych.

Recenzent: Dr hab inż. Jerzy Wyrwał, prof. Pol. Opolskiej