

ZMIANY STRUKTURALNE TYNKÓW POCIENIONYCH W WARUNKACH PRZYSPIESZONEGO STARZENIA

BOCHEN Jerzy¹
MUZYCZUK Tomasz²

^{1,2} *Katedra Procesów Budowlanych, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska*

STRUCTURAL CHANGES OF THINLAYER FACADE PLASTERS IN ACCELERATED AGEING ENVIRONMENT

In below paper results of ageing tests on some thinlayer plasters in simulate environment are presented. To find changes of plasters during ageing, two physical properties were examined in time per 100 cycles. One property is pore structure studied by mercury intrusion method and second one is mineral composition analysed by rentgenography method. Effects have shown differences in pore and mineral structure of plasters after successive ageing phases. Distinct differences of examined properties appeared in plaster zones over thermoinsulation gaps and beyond them.

STRESZCZENIE

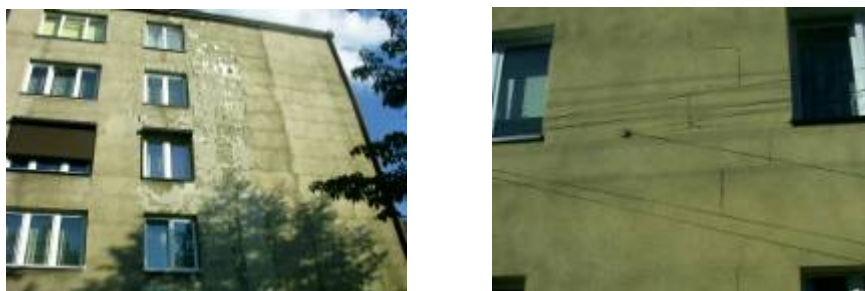
W artykule przedstawiono wyniki badań starzeniowych wybranych tynków pocienionych w warunkach symulowanych. W celu określenia zachodzących zmian, oznaczano w odstępach czasowych co 100 cykli strukturę porowatości oraz jakościowy skład mineralogiczny metodą dyfraktometrii rentgenowskiej. Wyniki wykazały różnice w poszczególnych fazach starzeniowych dla poszczególnych tynków. Wyraźne różnice wystąpiły także w strefach styków termoizolacji i poza ich obrębem.

1. WPROWADZENIE

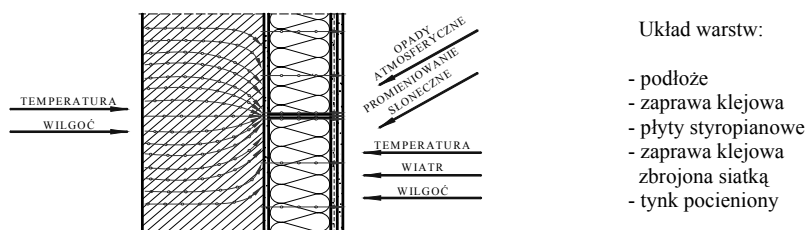
Jak pokazuje praktyka, na budynkach ocieplanych metodą lekką mają miejsce uszkodzenia w postaci odspojen warstwy tynku (rys.1a) lub zarysowania tynku w strefach styków płyt styropianowych (rys.1b). Na podstawie doświadczeń oraz badań w tym zakresie [1] wynika, że trwałość układu ocieplającego jest funkcją parametrów technicznych poszczególnych składowych systemu tj. styropianu, zaprawy klejącej, tkaniny zbrojącej, środków gruntujących i mas tynkarskich. Najslabszym elementem tego układu jest wyprawa tynkarska. Warstwa ta jest bowiem narażona na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych (rys.2), w tym czynników chemicznych od zanieczyszczeń. Efektem ich oddziaływań pierwszym symptomem są mikrorysy, które dają możliwość wnikanania wody w głąb co prowadzi dalej do efektów mrozowych i reakcji chemicznych.

Do wad układów ocieplających przyczyniają się błędy wykonawcze polegające na niestosowaniu warstw gruntujących, czego powodem jest słaba przyczepność do podłoża prowadząca do odspojen tynku. Przyczyną może być także zbyt duża nasiąkliwość warstwy tynkowej oraz nieszczelności umożliwiające penetrację wody w głąb podłoża. Przypadki te

sprzyjają łatwemu dostępowi dwutlenku węgla i wody, które wchodzi w reakcję z wodorotlenkiem wapnia tworząc sole węglanu wapnia CaCO_3 , które mogą przyczynić się do osłabienia przyczepności tynku.



Rys 1. Defekty tynków pocienionych: a) odspojenia, b) zarysowania
Fig 1. Failures of thinlayer plasters: a) shellings, b) cracks



Układ warstw:

- podłoże
- zaprawa klejowa
- płyty styropianowe
- zaprawa klejowa
- zbrojona siatka
- tynk pocieniony

Rys. 2. Czynniki oddziaływujące na przegrodę ocieploną metodą lekką
Fig. 2. Influencing of agents on external wall with styrofoam insulation

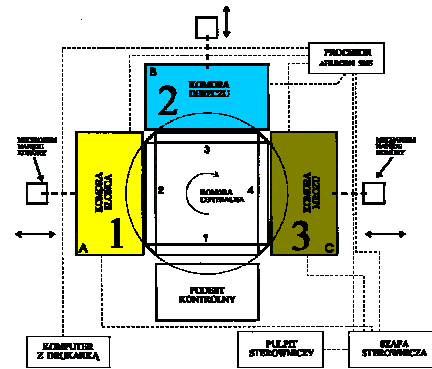
Na tle powyższych zjawisk przyjęto przypuszczenie, że dodatkowym zjawiskiem inicjującym tworzenie węglanu wapnia jest przepływ ciepła i wilgoci wynikający z różnicy temperatur i ciśnienia pary wodnej bo obu stronach przegrody. Miejsca nieciągłości materiału termoizolacyjnego są dla tych czynników mostkami cieplnymi i dyfuzyjnymi (rys.2). W celu rozpoznania zjawisk zachodzących w tynkach pocienionych przeprowadzono badania [2], których wyniki zaprezentowano w niniejszym artykule.

2. TEST STARZENIOWY W WARUNKACH SYMULOWANYCH

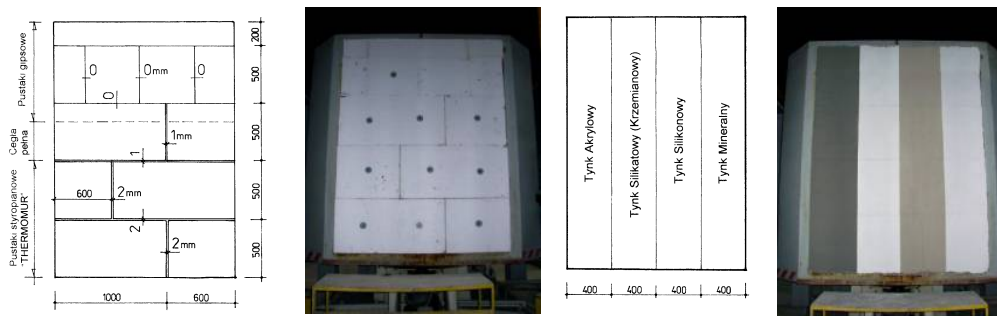
W celu zbadania jaki wpływ na strukturę tynków ma starzenie, przeprowadzono test przyspieszonego starzenia w komorze rotacyjnej trwający 400 cykli (rys.3,4). Tynki cienkowarstwowe ułożono na podłożu z płyt styropianowych PS-E 15 o wymiarach 50x100 cm i grubości 10 cm. Zastosowano materiały i ułożono zgodnie z zasadami instrukcji ITB nr 334/01 [3] metody lekkiej ociepleń.

Program klimatyczny - 1 pełny cykl :

- 60 minut nagrzewania do temperatury +50°C (+40°C w powietrzu) i naświetlania promieniami UV (Komora słońca),
- 15 minut zraszania wodą (Komora deszczu),
- 60 minut mrożenia w temperaturze -18°C przy wilgotności 85% (Komora mrozu)



Rys. 3. Schemat komory starzeniowej
Fig. 3. Scheme of the accelerated ageing chamber



Rys.4. Układ płyt termoizolacyjnych i tynków pocienionych w komorze starzeniowej
Fig.4. Layout of styrofoame boards and thinlayer plasters in the accelerated chamber

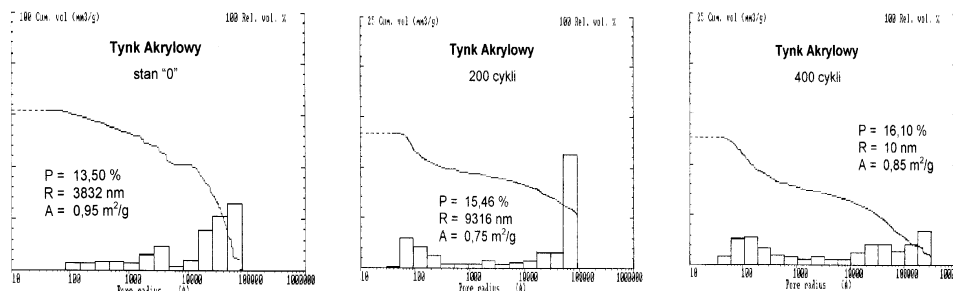
Jako podkład zastosowano polimerowo-cementową mrozoodporną zaprawę klejową zbrojoną siatką z włókna szklanego i po jej zagruntowaniu środkiem na bazie dyspersji akrylowych ułożono cztery odmiany tynków cienkowarstwowych: akrylowy, mineralny, silikatowy oraz silikonowy w polach 40x220 cm i grubości 2-3 mm (rys.4). Z uwagi na powszechność stosowania, główną uwagę zwrócono na dwa pierwsze. Tynk mineralny wykonano z suchej mieszanki spoiw i wypełniaczy mineralnych o uziarnieniu 1,0 mm modyfikowanych domieszkami. 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. Według danych producentów tynki odporne są na czynniki atmosferyczne, m.in. na wodę, mróz i zabrudzenia, o dużej paroprzepuszczalności, przyczepności i trwałości eksploatacyjnej, szczególnie w odniesieniu do wypraw silikonowych i silikatowych. Pomiędzy płytami styropianowymi pozostawiono szczeliny o szerokościach: 0, 1 i 2 mm.

3. BADANIA POROZYMETRYCZNE

Zmiany porowatości w tynkach śledzono co 100 cykli poprzez pomiar rozkładu porów (rys.5,6) i porowatości otwartej (tab.1) metodą porozymetrii ręcicowej przy pomocy aparatu CARLO ERBA 2000 o zakresie pomiarowym 3,7-7500 nm. Oznaczenia wykonano dla pięciu stanów: początkowego, po 100, 200, 300 i po 400 cyklach. Dla tynku akrylowego i mineralnego oznaczenia wykonano także w strefach nad stykami termoizolacji o szerokości szczelin 2 mm.

TABELA 1. Zmiany porowatości otwartej [%] tynków podczas starzenia symulowanego
TABLE 1. Variations of open porosity of plasters during accelerated ageing

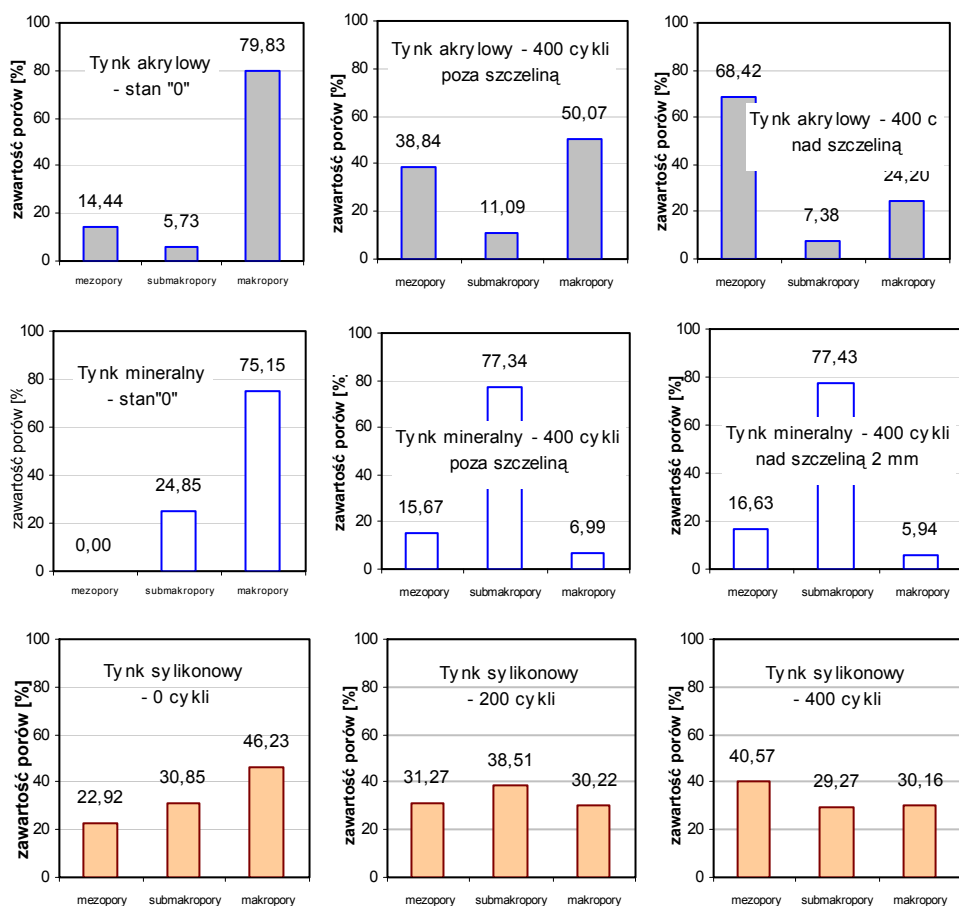
Rodzaj tynku	Stan „0”	po 100 cyklach		po 200 cyklach		po 400 cyklach	
		poza szcz.	sz.2 mm	poza szcz.	sz.2 mm	poza szcz.	sz.2 mm
Tynk Mineralny	16,68	14,73	16,03	14,99	18,39	18,79	19,03
Tynk Akrylowy	13,50	14,48	12,84	15,46	14,46	16,10	15,79
Tynk Silikatowy	12,60	12,37	–	13,10	–	16,08	–
Tynk Silikonowy	10,22	11,64	–	13,61	–	16,89	–



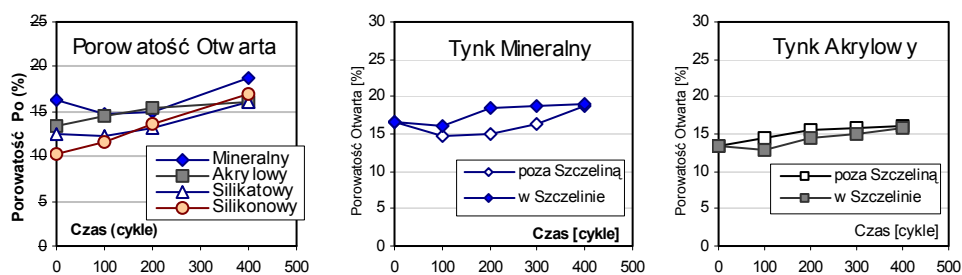
Rys.5. Przykładowe rozkłady porów tynku akrylowego w czasie starzenia
Fig.5. Example of pore distribution of acryl plaster during ageing

W analizie porównawczej wzięto pod uwagę porowatość otwartą i rozkład porów ze względu na ich monotoniczną zmienność, czego nie wykazały powierzchnia rozwinięta i promień dominujący. Dla wyraźniejszego uwidocznienia zaistniałych zmian wielopredziałowe rozkłady komputerowe (rys.5) wyrażono wykresami opartymi na trzech przedziałach: mezoporów < 1000 Å, submakroporów (1000 – 10000) Å i makroporów >10000 Å w różnych fazach starzeniowych (rys.6).

Powyższe wyniki pokazują że, starzenie wpływa na wzrost porowatości otwartej (tab.1) oraz na przegrupowanie makroporów w kierunku porów mniejszych (rys.5,6). Ponadto uwidacznia się wpływ stref nieciągłości na cechy porowatości, co stwierdzono w tynku mineralnym i akrylowym (rys.7). Przy czym w tynku na spoiwie polimerowym zachodzi wzrost porowatości otwartej nad strefą nieciągłości, odwrotnie niż w tynku mineralnym.



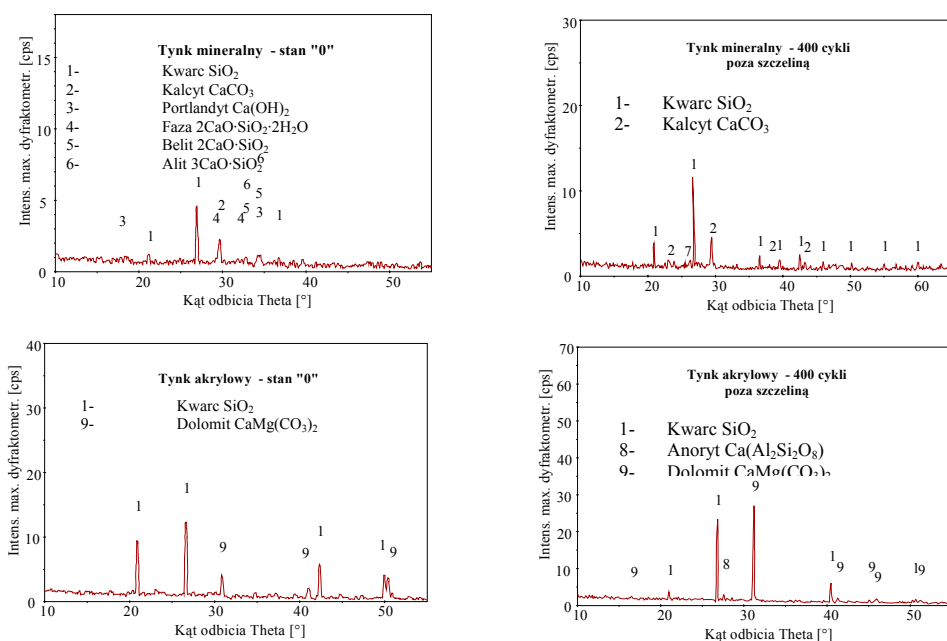
Rys.6. Zmiany objętości porów w wybranych tynkach po 400 cyklach starzeniowych
 Rys.6. Changes of pore volume in some plasters after 400 ageing cycles



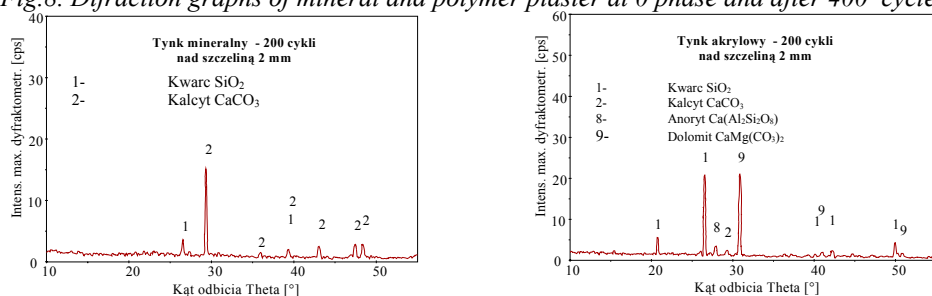
Rys.7. Wpływ starzenia i nieciągłości termoizolacji na porowatość otwartą tynków
 Fig.7. Influence of ageing and thermoinsulation's uncountinuity on open porosity

4. BADANIA RENTGENOGRAFICZNE

Dla sprawdzenia zmian mineralogicznych w badanych tynkach przeprowadzono rentgenowską analizę fazową na dyfraktometrze XRD 3003 TT firmy Seifert. Określono skład chemiczny w stanie początkowym, po 200 i po 400 cyklach (rys.8). Dla porównania wykonano także oznaczenia w strefach szczelin 2 mm dla tynku akrylowego i mineralnego (rys.9) oraz podkładowej zaprawy klejowej.

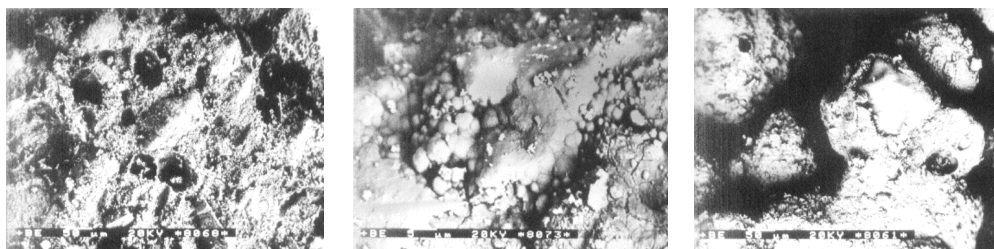


Rys.8. Dyfraktogramy tynku mineralnego i akrylowego w stanie 0 i po 400 cyklach
 Fig.8. Diffraction graphs of mineral and polymer plaster at 0 phase and after 400 cycles



Rys.9. Dyfraktogramy tynków w strefie nieciągłości termoizolacji po 200 cyklach
 Fig.9. Diffraction graphs of plasters over discontinuity of insulation boards after 200 cycles

Otrzymane dyfraktogramy przedstawiają intensywności maksimów dyfrakcyjnych. Ich porównanie z kartotekami minerałów wskazuje na występowanie określonych związków, oznaczonych numerami. Spośród nich obok podstawowego składnika piasku kwarcowego SiO_2 , najliczniej występuje kalcyt CaCO_3 w tynku mineralnym oraz dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ w tynku akrylowym. Ilość tych minerałów wzrasta w procesie starzenia, a zwłaszcza w tynkach mineralnych oraz strefie styków termoizolacji (rys.9). Wyniki te potwierdzają wpływ nieciągłości jako mostków dyfuzyjnych sprzyjających tworzeniu ekspansywnych soli węglanu wapnia. Zaistniałe zjawiska tj. wzrost porowatości otwartej na przykładzie tynku mineralnego (rys.10a), tworzenie soli kalcytu w tynku silikonowym (rys.10.b) oraz degradacja spoiwa wokół kruszywa w tynku akrylowym (rys.10c) przedstawiają zdjęcia skaningowe po 400 cyklach starzenia.



Rys.10. Efekty starzenia: a) makropory, b) sole kalcytu, c) degradacja spoiwa
 Fig.10. Ageing results: a) macropores, b) CaCO_3 salts, c) degradation of bond

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić że, na strukturę materiałową tynków istotny wpływ ma proces starzenia oraz nieciągłość warstwy termoizolacyjnej. Na tej podstawie nasuwają się następujące wnioski:

5.1. Starzeniu tynków towarzyszą zmiany w ich strukturze porowej. Wraz z upływem czasu wzrasta porowatość otwarta, najbardziej dla tynków mineralnych (rys.7). Różnice w zmianach tej cechy występują w strefach nieciągłości termoizolacji. W tynku mineralnym porowatość otwarta jest większa w tych strefach niż poza nimi. Odwrotna relacja zachodzi dla tynku akrylowego.

5.2. Wszystkie tynki są materiałami makroporowatymi ($r > 1000\text{\AA}$), z których tynk mineralny i silikatowy najbardziej. Ilość mezoporów ($r < 1000\text{\AA}$) z kolei jest większa w tynkach na spoiwach polimerowych, akrylowym i silikonowym. Właściwość ta dotyczy zarówno stanu początkowego jak i stanów starzeniowych. Na tej podstawie można tłumaczyć wysoką paroprzepuszczalność tynków na spoiwach mineralnych. W trakcie procesu starzenia następuje przegrupowanie makroporów w kierunku porów mniejszych. Proces ten zachodzi najsilniej w tynkach polimerowych.

5.3. Przy połączeniach płyt styropianowych na styk czołowy, z pozostawieniem szczelin o szerokości do 2 mm, miejsca te funkcjonują jako mostki dyfuzyjne [4]. Potwierdzeniem tego są większe ilości formowanych soli węglanu 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 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Z jednej strony zjawisko to wpływa korzystnie na paroprzepuszczalność [5] i tym samym zmniejsza efekty kondensacyjne. Z drugiej jednak strony staje się czynnikiem inicjującym tworzenie związków obniżających przyczepność tynku do podłoża. Ilość soli narasta z upływem czasu na skutek dostępu wody poprzez nieszczelności tynku. Podobne zjawisko stwierdzono w podkładowej zaprawie klejowej tynków.

5.4. Powiązanie ze sobą przemian chemicznych i strukturalnych stawia w gorszej sytuacji tynki akrylowe. Ich struktura jest szczelniejsza a przy tym z upływem czasu gromadzą się w niej sole węglanu wapnia o narastającej ilości. Zjawisko to wpływa niekorzystnie dla sił adhezji w strefie kontaktowej tynk-podkład i może tłumaczyć występujące na elewacjach odspojenia tynków cienkowarstwowych.

6. LITERATURA

- [1] FRYCHEL J., OWCZAREK K. : Praca badawcza nr 10028 „Określenie parametrów technicznych oraz stopnia zużycia warstw nawierzchniowych w ociepleniach budynków realizowanych metodą lekką w systemie FaGra, po kilkuletnim okresie ich eksploatacji w atmosferze wielkoprzemysłowych śląskich, zagrożeń korozyjnych wraz z podaniem sposobu naprawy typowych uszkodzeń ociepleń“, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Węglowego, Katowice, ul.Karoliny 4, rok 2002.
- [2] BOCHEN J., Praca badawcza BK-271/RB-4/04, Badania trwałościowe wybranych właściwości tynków cienkowarstwowych poddanych procesowi przyspieszonego starzenia, Gliwice 2004.
- [3] Instrukcja ITB nr 334/02, Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków.
- [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 Konf. Nauk. Doktorantów Wydziałów Budownictwa, Gliwice-Wiśła 2003.



Adiunkt w Katedrze Procesów Budowlanych
na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej
Zainteresowania: procesy starzeniowe materiałów budowlanych,
trwałość wyrobów elewacyjnych, prognozowanie czasu użytkowania
wyrobów budowlanych
Jerzy.Bochen@polsl.pl



Doktorant w Katedrze Procesów Budowlanych
na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej
Zainteresowania: zagadnienia cieplne i wilgotnościowe w przegrodach
budowlanych, zjawiska dyfuzyjne w metodach ocieplania budynków
Tomasz.Muzyczuk@polsl.pl