

mgr Beata Klimek^{1*)}
 dr inż. Danuta Barnat-Hunek¹⁾
 dr inż. Małgorzata Franus¹⁾

Wpływ dodatku zeolitu na właściwości tynków do murów o wysokim stopniu zasolenia

Influence of zeolite additive on the properties of plaster used for the walls of a high degree of salinity

DOI: 10.15199/33.2015.11.68

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu dodatku naturalnego – zeolitu na właściwości wapiennych tynków przeznaczonych do zasolonych ścian. W artykule przedstawiono badania laboratoryjne podstawowych parametrów fizycznych i mechanicznych, takich jak kapilarna nasiąkliwość absorpcyjna, gęstość, porowatość otwarta, wytrzymałość na ściskanie i zginanie, mrozoodporność, a ich wyniki wykazały, że zaprawy modyfikowane naturalnymi zeolitami (dzięki ich porowatej strukturze) odznaczają się dobrymi właściwościami sorpcji i mogą gromadzić w sobie wystarczającą ilość soli. Tynki wapienne z naturalnymi zeolitami są w pełni kompatybilne z tradycyjnymi materiałami budowlanymi, co oznacza, że mogą one być stosowane w renowacji zabytków architektury, gdzie istnieją problemy z solami.

Słowa kluczowe: tynk, zeolity, wytrzymałość mechaniczna, nasiąkliwość, sole, mróz.

Abstract. The purpose of this study is to investigate the impact of natural zeolite additives on the lime plasters meant for salted walls. The article presents the laboratory examinations of the basic physical and mechanical parameters such as absorbability, capillary absorption, density, total porosity, compressive and flexural strength, frost resistance. The experimental results showed that the mortars modified by natural zeolites thank to their porous structure are distinguished for good sorption properties and can accumulate in themselves a sufficient amount of salt. Lime plasters with natural zeolites are fully compatible with traditional building materials, meaning that they can be used in the restoration of architectural heritage where there are problems with salts.

Słowa kluczowe: plaster, zeolite, mechanical strength, absorbability, salt, frost.

Tynki renowacyjne określane również jako tynki WTA zaliczane są do kompleksowych systemów osuszająco-odsalających. Właściwości pochłaniania wilgoci znajdującej się w murze oraz oddawania jej na zewnątrz w postaci pary wodnej zawdzięczają bardzo dużej porowatości, oporowi dyfuzyjnemu, a także odpowiedniej nasiąkliwości. Stosuje się je na powierzchni o dużym zawilgoceniu i zasoleniu, głównie w przypadku obiektów zabytkowych lub mocno zawilgoconych, np. w wyniku powodzi.

Wymagania stawiane tynkom renowacyjnym zawiera niemiecka instrukcja WTA-2-2-04 Sanierputzsysteme [1]. W przypadku renowacji zasolonych murów należy stosować system tynków renowacyjnych, obejmujący obrzutkę, tynk podkładowy wyrównujący lub magazynujący, właściwy tynk renowacyjny, warstwy wygładzające i wyalowania.

¹⁾ Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury

^{*)} Autor do korespondencji:
 e-mail: b.klimek@pollub.pl

W zależności od sytuacji należy wybrać jedną z dwóch odmian tynku podkładowego: wyrównujący lub porowaty (jego rolą jest utworzenie dodatkowej przestrzeni do magazynowania soli). Różnica pomiędzy nimi związana jest z porowatością stwardniałej zaprawy. Wierzchnią warstwę systemu stanowi tynk renowacyjny charakteryzujący się stosunkowo dużą porowatością i przepuszczalnością pary wodnej oraz wyjątkowo małą przewodnością kapilarną, co zasadniczo odróżnia go od tynku podkładowego [2].

Tynki renowacyjne, dzięki odpowiedniej mikrostrukturze, nie ulegają destrukcji w wyniku wysokiego ciśnienia krystalizacji soli. Żywotność systemu mierzona jest czasem odkładania się soli w przekroju poprzecznym tynku bez obciążenia powierzchni zewnętrznej wykwitami. Jeżeli po latach eksploatacji sól przejdzie przez cały przekrój poprzeczny tynku, musi on zostać usunięty z powierzchni muru i wymieniony na nowy [3]. Tynki renowacyjne, w których lekkimi wypełnierzami są perlit, styropian i wermikulit, magazynują dużą ilość soli,

ale ulegają szybkiemu zniszczeniu. Tynki, w których wypełniaczem jest tras, dobrze zabezpieczają zawilgocone i zasolone mury. Tras jest jednak skałą o brunatnej barwie, co utrudnia uzyskanie jasnych tynków. Warto więc wykorzystać zeolity, które mogą nadawać zaprawom cechy tynków renowacyjnych. Porowata struktura tynku z zeolitu powoduje migrację wody z zastosowanej warstwy tynku, co wpływa na stwardnienie tynku i jego wytrzymałość mechaniczną [7]. Dzięki specyficznej budowie zeolity mają dobre właściwości sorpcyjne i mogą kumulować dużą ilość soli [8, 9]. Mogą też zwiększać hydrofilność tynków, dlatego wraz z dodaniem zeolitu należałoby zastosować dodatek hydrofobowy (jednym z kryteriów stawianych tynkom renowacyjnym jest wysoka hydrofobowość).

Badania

Badaniom poddano mineralny tynk renowacyjny (warstwa podkładowa i wierzchnia), składający się z cementu portlandzkiego białego lub cementu

hutniczego, mielonego, granulowanego żużla wielkopieczowego, wapna hydratyzowanego, piasku, zeolitu i dodatków chemicznych o działaniu plastyfikująco-wzmacniającym, hydrofobizująco-napowietrzającym i stabilizującym.

Materiały i opracowanie mieszanki. Opracowano skład mieszanki mineralnych tynków renowacyjnych o dużym i małym stopniu zasolenia:

■ **mineralny tynk renowacyjny** niebarwiony przeznaczony do murów o dużym stopniu zasolenia, o składzie: cement portlandzki biały CEM I 52,5 R – 15,54% mas.; mielony granulowany żużel wielkopieczowy – 3,45% mas.; wapno hydratyzowane – 5,00% mas., piasek zwykły frakcji 0 – 2 mm – 60,33% mas., zeolit frakcji 0,5 – 2,0 mm – 14,76% mas., domieszka stabilizująca – retentor zawierająca wodorotlenek metylocelulozy – 0,15% mas., żywicę proszkową na bazie kopolimeru octanu winylu-etyleny w ilości:

- tynk 1 – 0,70% mas.;
- tynk 2 – 0,50% mas.;
- tynk 3 – 0,90% mas.

■ **mineralny tynk podkładowy** niebarwiony przeznaczony do murów o dużym stopniu zasolenia, o składzie: cement hutniczy CEM III A 32,5 NA – 15,54% mas., keramzyt – 3,45% mas., wapno hydratyzowane – 5,00% mas., piasek zwykły frakcji 0 – 2 mm – 60,33% mas., zeolit frakcji 0,5 – 2,0 mm – 14,76% mas., domieszka stabilizująca – retentor zawierająca wodorotlenek metylocelulozy – 0,15% mas., żywicę proszkową na bazie kopolimeru octanu winylu-etyleny w ilości:

- tynk 4 – 0,70% mas.;
- tynk 5 – 0,50% mas.;
- tynk 6 – 0,90% mas.

Z wymienionych zapraw do badań przygotowano zestaw próbek prostopadłościennych o wymiarach 40 × 40 × 160 mm zgodnie z PN-EN 196-7:2008. Próbkę rozformowano po 24 h i umieszczono w komorze klimatycznej na 21 dni.

Wytrzymałość na zginanie i na ściskanie. Badania przeprowadzono zgodnie z PN-EN 1015-11 [7], odpowiednio na 3 i 6 próbkach. Wyniki zestawiono w tabeli 1. Wszystkie badane tynki spełniły wymagania WTA [1] dotyczące stosunku wytrzymałości na ściskanie β_d do wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu $\beta_{bz} < 3$. Największa wytrzymałość na ściska-

Tabela 1. Wyniki badania wytrzymałości na zginanie i na ściskanie
Table 1. Specification of the results of flexural and compressive strength

Nr tynku	Siła [N]	Średnia wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu β_{bz} [N/mm ²]	Siła [N]	Średnia wytrzymałość na ściskanie β_d [N/mm ²]	Stosunek β_d/β_{bz}
1	740	1,736	7870	4,919	2,83
2	987,6	2,315	10868	6,792	2,93
3	1031,6	2,418	11300	7,062	2,92
4	832	1,950	6670	4,169	2,14
5	916	2,147	8653	5,408	2,52
6	621	1,455	7113	4,365	3,00

nie (7,062 N/mm²) i na zginanie (2,418 N/mm²) osiągnął tynk nr 3 na bazie cementu portlandzkiego białego CEM I 52,5 R, modyfikowany żywicą proszkową (0,90% mas.). Tynk nr 4 uzyskał najmniejszą wytrzymałość na ściskanie i była ona o 41% mniejsza niż w przypadku tynku nr 3. Najmniejszą wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu osiągnął tynk nr 6 i była ona mniejsza o 39,8% od największej wartości (1,455 N/mm²) uzyskanej w badaniach.

Gęstość wysuszonych stwardniałych zapraw określono zgodnie z PN-EN 1015-10 [8]. Badaniem poddano po 6 próbek każdego z zarobów. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 2. Zgodnie z wymaganiami stawianymi przez instrukcję WTA 2-9-04 gęstość tynków renowacyjnych nie powinna przekraczać 1400 kg/m³. Tylko trzy spośród sześciu badanych spełniły te wymagania (tynki nr 2, 3, 5), zaś tynki nr 1, 4, 6 nieznacznie (o 20 – 30 kg/m³) przekroczyły maksymalną gęstość.

Porowatość otwarta. Badania porowatości otwartej wykonano zgodnie z PN-EN 1936:2010 [9]. Wyniki przedstawiono w tabeli 2. Badane tynki charakteryzowały się dużą porowatością otwartą (26,6 ÷ 30,0%). Nie moż-

Tabela 2. Gęstość i porowatość otwarta badanych tynków

Table 2. Apparent density and open porosity of the plasters

Nr tynku	Średnia gęstość tynków ρ [kg/m ³]	Średnia porowatość otwarta P [%]
1	1420	29,5
2	1380	30,0
3	1350	28,2
4	1430	27,5
5	1400	27,4
6	1420	26,6

na porównać uzyskanej porowatości otwartej z wartością wymaganą przez normę lub instrukcję WTA, gdyż w tych dokumentach nie ma precyzyjnej informacji, jaka powinna być porowatość otwarta tynków renowacyjnych.

Określono **współczynnik absorpcji wody** spowodowanej podciąganiem kapilarnym stwardniałej zaprawy wg PN-EN 1015-18 [10]. Badania przeprowadzono na sześciu próbkach każdej z zapraw w określonych warunkach, przy ciśnieniu atmosferycznym. W celu wyeliminowania wpływu środowiska zewnętrznego, po wysuszeniu do stałej masy, cztery ścianki próbki zabezpieczono żywicą epoksydową, a następnie powierzchnią niezabezpieczoną zanurzono je w wodzie do głębokości 5 ÷ 10 mm przez 24 h, po czym określano przyrost masy. Współczynnik absorpcji wody tynku renowacyjnego po 24 h powinien być większy od 0,3 kg/m². Wszystkie badane tynki charakteryzowały się bardzo wysokim współczynnikiem absorpcji, który wynosił 20,4 – 22,4 kg/m² (tabela 3).

Tabela 3. Współczynnik absorpcji wody

Table 3. Water absorption coefficient determination

Średni współczynnik absorpcji wody C_m [kg/m ²]					
1	2	3	4	5	6
20,5	22,3	21,1	20,4	22,4	22,2

Mrozoodporność. Badanie mrozoodporności zostało przeprowadzone zgodnie z metodą bezpośrednią wg procedury opisanej w PN-88/B-06250 [11]. Każde zamrażanie-odmrażanie stanowiło jeden cykl badań. Próbkę poddano 60 takim cyklom, a następnie zostały one wysuszone do stałej masy i zważone w celu sprawdzenia ubytku masy po badaniu mrozoodporności (tabela 4).

Tabela 4. Średni procentowy ubytek masy próbek tynków po badaniu mrozoodporności

Table 4. Average percentage mass loss of the plaster samples after frost resistance determination

Średni ubytek masy próbek [%]					
1	2	3	4	5	6
0,50	0,03	0,01	0,80	0,03	0,01

Wszystkie analizowane tynki renowacyjne wykazały się wysoką mrozoodpornością. Ubytek masy nie przekroczył 1%, a największy był w przypadku tynku nr 4, charakteryzującego się najmniejszą wytrzymałością na ściskanie. Praktycznie zerowy ubytek masy wykazały tynki 2, 3, 5 i 6 zarówno z dodatkiem żużla wielkopieczowego, jak i keramzytu. Tynki zawierające najwięcej kopolimeru octanu winylu-etylenu wykazały największą mrozoodporność.

Tabela 5. Średni procentowy ubytek masy tynków po badaniu

Table 5. Average percentage mass loss of the plaster after determination

Średni ubytek masy próbek [%]					
1	2	3	4	5	6
0,20	0,02	0,01	0,50	0,07	0,15

Odporność na krystalizację soli. Badanie to zostało wykonane zgodnie z PN-EN 12370:2001 [12]. Do badania użyto po 6 próbek każdego tynku oraz 14% roztworu siarczanu sodu dziesięciowodnego. Cykl nasączenia i suszenia wykonano 15 razy. Średni ubytek masy (tabela 5) podawany w procentach określa względną różnicę masy (strata lub przyrost masy) w stosunku do początkowej masy próbki. Wynik badania odporności tynku na krystalizację soli zawiera też dane dotyczące liczby cykli, po których nastąpił rozpad próbki, co traktowane jest jako brak odporności zaprawy na ciśnienie krystalizacyjne soli. Prawie wszystkie próbki użyte w badaniu wykazały odporność na krystalizację soli. Tynki oznaczone nr 2, 3, 5, 6 po 15 cyklach nie uległy zniszczeniu. Tynki nr 1 i 4 charakteryzują się niewielkim ubytkiem masy wynoszącym odpowiednio 0,20 i 0,50% (fotografia 1).

Badanie przyczepności tynków do podłoża (fotografia 2) zostało wykonane zgodnie z PN-EN 1015-12 [13]. Obciążenie odrywające przykładowo za pomocą płytki odrywającej przyklejonej do powierzchni licowej badanej zapra-



Fot. 1. Stan próbek tynków po badaniu odporności na zasolenie

Photo 1. Condition of the plaster samples after examination on resistance to salt crystallization



Fot. 2. Badanie przyczepności tynków renowacyjnych

Photo 2. Adhesion test of plaster restoration

wy. Jako podłoże wykorzystano cegłę ceramiczną klasy 7,5.

Wszystkie badane tynki renowacyjne z wyjątkiem podkładowego nr 6 (0,12 N/mm²) wykazały dużą przyczepność 0,22 N/mm².

Podsumowanie

Stosunek wytrzymałości na ściskanie β_d do wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu β_{bz} badanych tynków był mniejszy niż 3, a więc nie przekroczył wartości wymaganej przez WTA. Zaprawy z cementem CEM 52,5 R uzyskały większą niż wymagana wytrzymałość na ściskanie > 5 MPa, co wskazuje, że do wykonywania tynków renowacyjnych należałoby używać cementów niższych klas. Zaprawy z największą zawartością polimeru miały najlepszą wytrzymałość, mrozoodporność oraz odporność na krystalizację soli. Charakteryzowały się też dużą porowatością otwartą oraz bardzo wysokim współczynnikiem absorpcji. Świadczyć to może o dobrej absorpcji wody i akumulacji soli krystalizujących w porach zaprawy. Wszystkie analizowane tynki renowacyjne wykazały się mrozoodpornością; ubytek masy nie przekroczył 1%, a w większości przypadków był prawie zerowy. Tynki z najmniejszą zawartością kopolimeru octa-

nu winylu miały niewielki ubytek masy (0,20 – 0,50%) i wykazały bardzo dobrą odporność na krystalizację soli.

Badania dowiodły, że zeolity o doskonałych właściwościach sorpcyjnych i unikatowej strukturze porów mogą być składnikiem tynków stosowanych na zasolone mury. Dodatek ten umożliwia stworzenie nowego rodzaju tynku renowacyjnego w pełni spełniającego rolę tynku magazynującego sole i wilgoć na obiektach budowlanych objętych korozją chemiczną.

Badania zostały wykonane w ramach środków statutowych S-12/II/B/2015.

Fotografie – Autorzy

Literatura

- [1] WTA Merkblatt 2-9-04 Sanierputzsysteme.
- [2] Brachaczek W., Siemiński W., Tynki renowacyjne, Materiały Budowlane, 6 (2013) 52 – 56.
- [3] Brylicki W., Łagosz A., Rembiś M., Smoleńska A., Badania właściwości zapraw tworzonych system tynków renowacyjnych, Cement Wapno Beton, 1 (2004) 33 – 37.
- [4] Sezemanas G., Sinica M., Zacharcenko P., Pivenj N., Mikulskis D., Kligys M., Influence of Zeolite Additive on the Properties of Plaster Used for External Walls from Autoclaved Aerated Concrete, Materials Science (Materiały), 19, 2 (2013).
- [5] Perraki T., Kakali G., Kontoleon F. The Effect of Natural Zeolites on the Early Hydration of Portland Cement Microporous and Mesoporous Materials 61 (2003) 205 – 212.
- [6] Sahmaran M., Ozkan N., Keskin S., Uzal B., Yaman L., Erdem T. Evaluation of Natural Zeolite as a Viscositymodifying Agent for Cement-based Grotus Cement and Concrete Research 38 (7) (2008) 930 – 937.
- [7] PN-EN 1015-11:2001P: Metody badań zapraw do murów – Część 11: Określenie wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy.
- [8] PN-EN 1015-10:2001P: Metody badań zapraw do murów – Część 10: Określenie gęstości wysuszonej stwardniałej zaprawy.
- [9] PN-EN 1936:2010: Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczanie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości.
- [10] PN-EN 1015-18: Metody badań zapraw do murów – Część 18: Określenie współczynnika absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym stwardniałej zaprawy.
- [11] PN-88/B-06250: Beton zwykły.
- [12] PN-EN12370:2001: Methods of research of natural stone. Determination of resistance to crystallization of salts.
- [13] PN-EN 1015-12: Metody badań zapraw do murów – Część 12: Określenie przyczepności do podłoża stwardniałych zapraw na obrzutkę i do tynkowania.

Przyjęto do druku: 02.09.2015 r.