

MILENA NOWEK
Kielce University of Technology
e-mail: milena.nowek@gmail.com

STUDY OF PROPERTIES AND INTERNAL STRUCTURE OF MODIFIED RESTORATION PLASTERS

Abstract

Moisture in conjunction with salts can cause significant injury to construction materials. Highly porous and vapour-permeable restoration plasters are used in order to protect walls against moist due to capillary wicking and hygroscopic absorption of water, which are exposed to the harmful effects of salts. The structure of such plasters reduces the capillary conductivity inside the material. The purpose of research was to estimate physical properties of modified plaster mortars. Examination was focused on the impact of the addition of perlite, silica fume and air-entraining admixture on the following parameters: density, tensile strength, compressive strength, strength ratio, capillary absorption of water and water penetration. The microstructure of each material was examined using a scanning electron microscope.

Keywords: restoration plasters, capillary conductivity, perlite, silica fume, air-entrainment, microstructure

1. Introduction

The harmfulness of salts lies in the fact that their crystals dissolve as a result of contact with water, then move into the wall structure and crystallize again when the evaporation of water takes place. During the process of crystallization a significant amount of water is bounded, which increases the volume of emerging crystals. Accompanying crystallization pressure bursts the material. In addition, some kinds of salts, such as chlorides and nitrates, have hygroscopic properties. Their presence in the wall causes an increase in moisture, because these salts are able to attract and bind water. Salt efflorescence is a tarnish on the surface of building material that forms as a result of the crystallization of water-soluble salts. This adversely affects the appearance of the facade and also might be a warning sign, because it means wall penetration by the water with contaminants. Thus, it may be a harbinger of serious problems, reduce comfort as well as announce future damages and destruction of the wall.

The mechanism of function of restoration plasters system consist of the fact that the evaporation zone is located inside the layer of plaster. Transport of moisture in its liquid form is carried out only in the first 5 mm of plaster. Then the water changes the state of matter, becomes a gas and the dissolved salts crystallize in the pores of plaster. Moisture is removed by diffusion of water vapour. The proper

pore geometry prevents damages of the material. Thanks to air pores with hydrophobic surface a capillary transport of water is disrupted.

Properties of the restoration plasters largely depend on the composition of the mixture. An important role is played by binder, fillers, additives and modifying admixtures. The purpose of the research was to determine the effect of the addition of the perlite, silica fume and air-entraining admixture on the properties of hardened plaster mortar.

2. Modifiction of plaster mortar

Lightweight fillers, which are used in restoration plasters, reduce their bulk density. They should cause an increase in volume of the pores in the plaster mortar but the pores of this lightweight fillers should not be available for salt solutions and water vapour. Lightweight fillers contribute very little to the salt accumulation and are mainly responsible for ensuring the possibility of diffusion of water vapour. Their further task (together with the hydrophobic substances) is to limit the capillary transport within the plaster structure. Therefore this is not a rule that salts are accumulated by these lightweight fillers [1]. For tested specimens entered expanded perlite, formed from a volcanic glass by heat treatment. The product has a high resistance to frost and moisture. Despite its high porosity, it can easily be hydrophobised, which makes it non-hygroscopic.

Another addition introduced to the mortar was silica fume, which is a byproduct of the steel industry. The addition of silica fume, starting from a small amount (2–3% by weight of cement), increases the density of the structure by filling voids. This results in substantial reduction in porosity of the capillary pores. What is more, silica fume has a positive impact on such features of mortar as: water permeability, bulking reduction and water absorption. It increases compressive strength, sulfate resistance and resistance to acids and salt water.

Admixtures added to restorative plasters are hydrophobizing agents – substances for better treatment and adherence and air-entraining admixtures (physic-mechanically or chemically reactive).

For the preparation of the plaster mortar, on which research has been carried out, an air-entraining admixture for mortar and concrete Ceresit CO 84 was used.

3. Methodology of experimental examinations

The samples, on which the examinations have been carried out, differed among themselves in the composition and water to binder ratio, as shown in Table 1.

Table 1. Composition of samples

Sample	Components	Volumetric proportions
A	cement	1
	lime	1
	sand	6
	water	2
B	cement	1
	lime	1
	sand	3
	perlite	4
	CO 84	0.014
	water	1.57
C	cement	1
	lime	1
	sand	2.95
	perlite	4
	CO 84	0.014
	silica fume	0.05
	water	1.57

The sample marked with letter A is a comparative sample and was prepared and tested in order to determine changes in the properties of mortar before and after the addition of lightweight filler (which in this case is perlite) and air-entraining admixture. Mortar A is not a restoration plaster. To make mortar samples Portland cement CEM I 42.5 was used of loose bulk density equal to 1.2 g/cm³. The density of the lime is 0.5 g/cm³ and the sand – 1.76 g/cm³

(the fraction 0.2 – 0.6 mm). The amount of water was adjusted experimentally on the basis of the consistency measurement.

The following examinations were carried out on hardened mortar: density, tensile strength, compressive strength, strength ratio, capillary absorption of water and water penetration.

The density of hardened mortar with air pores was determined mathematically by dividing the sample weight by its volume.

The value of tensile strength during bending for restorative plasters is not defined in the Polish norm PN-EN 998-1 [2]. It is also not specified in the WTA Instruction [3]. However, it should be examined to determine the ratio of compressive strength to tensile strength, whose maximum value is given in the WTA Instruction [3].

Determination of compressive strength of the samples was made on the press KC 300 KS 300 EUR. The ratio of compressive strength to tensile strength was determined by calculation. Capillary absorption of water through the bottom of the sample after 24 hours was measured according to WTA Instruction [3]. The samples were weighted, then immersed in water to a depth of 2 mm and re-weighted after the required time. The amount of absorbed water was determined by the difference in weights of the samples before and after immersion.

The depth of penetration of water was measured simultaneously with the measurement of capillary water absorption. Capillary wicking height was measured at the cleavage plane. Water penetration caused by capillary wicking should not be higher than 5 mm [2, 3].

4. Results and conclusions

The following table presents the results obtained in the tests compared to the required values [2,3]. All the tested properties meet the requirements only in case of mortar C, modified by the addition of light filler (perlite), air-entraining admixture Ceresit CO 84 and silica fume.

The figures below show images of the microstructure of each samples, obtained with a scanning electron microscope (SEM). Tobermorite (in the form of lamellae) is much more visible in the sample D than the other samples. C-S-H phase is observed in amorphous form. EDS analysis shows the content of each elements in the given area.

Table 2. Characteristics of the samples

Properties	Sample			Standard value	Unit
	A	B	C		
Bulk density	1.85	1.23	1.20	<1.4	kg/dm ³
Tensile strength	1.34	1.74	1.68	x	MPa
Compressive strength	3.2	4.18	4.43	1.5-5.0	MPa
Strength ratio	2.39	2.4	2.64	<3.0	-
Capillary absorption of water	8.44	6.88	6.72	≥0.3	kg/m ²
Water penetration	entire cross section	6	5	≤5	mm

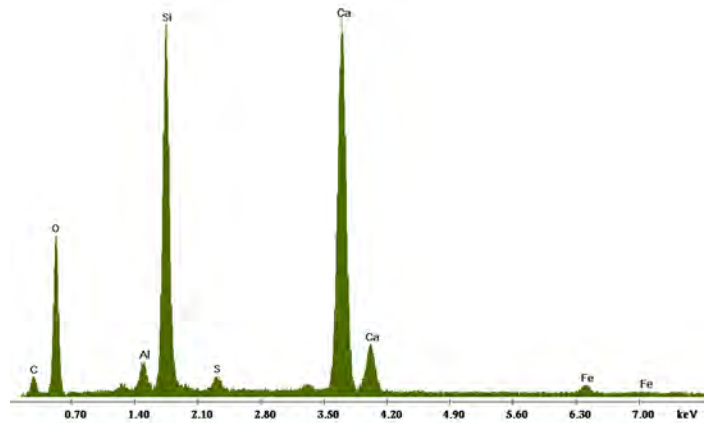
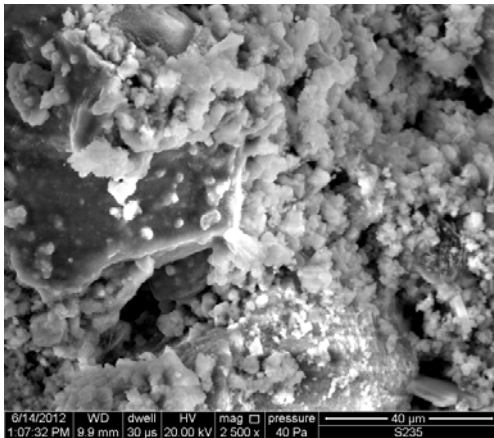


Fig.1 Microstructure and EDS spectrum of the sample A

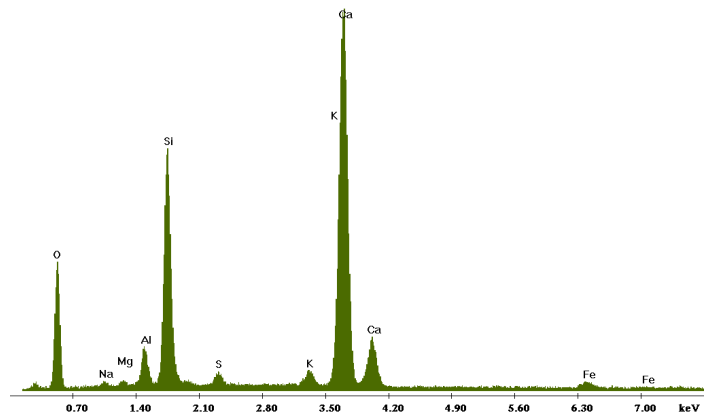
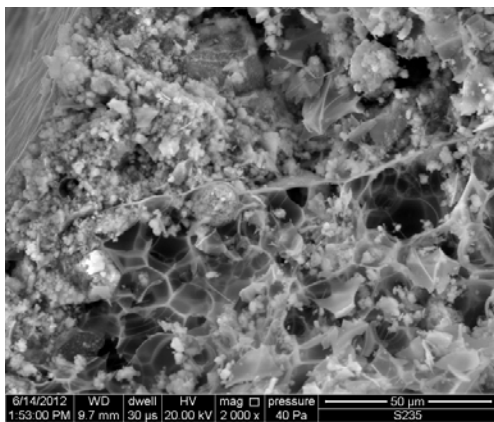


Fig.2. Microstructure and EDS spectrum of the sample B.

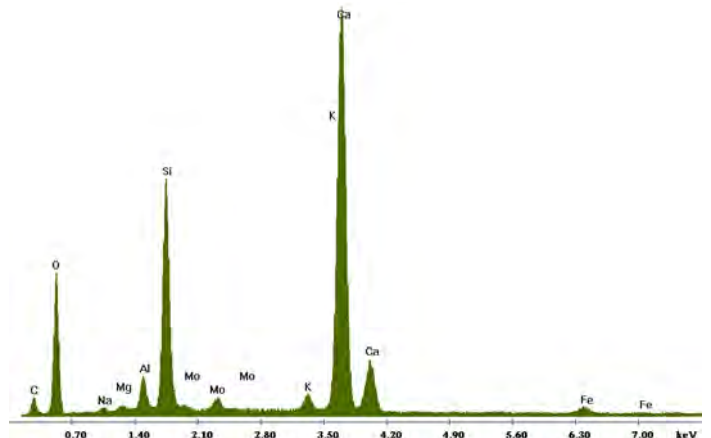
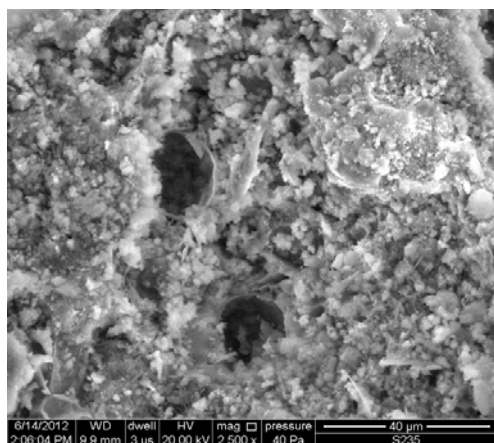


Fig.3. Microstructure and EDS spectrum of the sample C.

To summarize the obtained results of research, it can be concluded that adding perlite and air-entraining admixture Ceresit CO 84 led to decrease in bulk density value and caused a sharp drop in mortar strength parameters. Addition of silica fume (sample D) caused small differences in the strength tests. The compressive strength of mortar with silica fume has increased, while the tensile strength during bending has decreased. Both the compressive strength value and the strength ratio comply with the requirements. A small reduction in the amount of water absorbed by the material due to capillary wicking has occurred. The height of capillary wicking such modified mortar

was lower compared to other samples and was equal to the maximum of 5 mm according to the standard. The mortar of such composition corresponds to all recommended by the norm values of parameters that have been tested.

References

- [1] Frössel F.: *Osuszanie murów i renowacja piwnic*. Polcen, Warszawa 2007.
- [2] PN-EN 998-1, *Wymagania dotyczące zapraw do murów, część 1: Zaprawa tynkarska*. PKN, Warszawa 2004.
- [3] Instrukcja 2-2-91, *Naukowo-Techniczne Stowarzyszenie Robocze Utrzymania i Ochrony Budowli i Zabytków WTA*

Milena Nowek

Analiza właściwości i struktury wewnętrznej modyfikowanych tynków renowacyjnych

1. Wstęp

Szkodliwość soli polega na tym, że są one rozpuszczane w wyniku kontaktu z wodą, następnie wraz z nią przemieszczają się w strukturze ściany, a gdy następuje odparowywanie wody, ponownie krystalizują. Podczas procesu krystalizacji związanu ulega znaczna ilość wody, przez co rośnie objętość powstających kryształów. Towarzyszące temu ciśnienie krystalizacyjne rozsada materiał. Dodatkowo niektóre sole, takie jak chlorki i azotany, posiadają właściwości higroskopijne. Ich obecność w murze powoduje wzrost zawilgocenia przegrody, gdyż sole te są w stanie przyciągać i wiązać wodę. Wykwity solne to powstające na powierzchni materiałów budowlanych naloty, które tworzą się w wyniku krystalizacji rozpuszczalnych w wodzie soli. Wpływają negatywnie na wygląd elewacji, a także są sygnałem ostrzegawczym, gdyż oznaczają penetrację przegrody przez wodę wraz z zanieczyszczeniami. Mogą być zatem zwiastunem poważnych problemów, obniżających komfort, a także grożących powstaniem uszkodzeń i zniszczeniem substancji budowlanej.

Zasada działania systemu tynków renowacyjnych polega na tym, że strefa odparowywania wody, znajduje się wewnątrz warstwy tynku. Transport wilgoci w postaci płynnej odbywa się jedynie w pierwszych

5 mm grubości tynku. Następnie woda przechodzi w stan gazowy, a rozpuszczone sole krystalizują w porach tynku. Wilgoć usuwana jest na drodze dyfuzji pary wodnej. Odpowiednia geometria porów zapobiega uszkodzeniom materiału. Dzięki zawartości porów powietrznych o powierzchniach hydrofobowych przerwany zostaje kapilarny transport wilgoci.

Właściwości tynku renowacyjnego w dużej mierze uzależnione są od składu mieszanki. Ważną rolę odgrywa tutaj spoiwo, wypełniacze oraz domieszki i dodatki modyfikujące. Celem badań było ustalenie wpływu dodatku perlitu, pyłu krzemionkowego oraz domieszki napowietrzającej na właściwości stwardniałej zaprawy tynkarskiej.

2. Modyfikacja zaprawy tynkarskiej

Lekkie wypełniacze stosowane w tynkach renowacyjnych obniżają ich gęstość objętościową. Powinny one powodować zwiększenie objętości porów zaprawy tynkarskiej, przy czym pory tych lekkich wypełniaczy powinny być dostępne dla roztworów soli i pary wodnej. Lekkie dodatki przyczyniają się w bardzo niewielkim stopniu do gromadzenia soli i są odpowiedzialne głównie za zapewnienie możliwości dyfundowania pary wodnej. Dalszym ich zadaniem jest (wraz ze środkami hydrofobizującymi) ograniczenie transportu kapilarnego w obrębie struktury

tyнку. Nie można więc co do zasady potwierdzić faktu gromadzenia soli w tych lekkich wypełniaczach [1]. Do badanych próbek wprowadzono perlit ekspandowany, powstający w procesie obróbki termicznej szkliwa wulkanicznego. Produkt odznacza się wysoką odpornością na mróz i wilgoć. Pomimo wysokiej porowatości, łatwo hydrofobizuje się, co sprawia, że może być niehigroskopijny.

Kolejnym wprowadzonym do zaprawy dodatkiem jest pył krzemionkowy, będący odpadem przemysłu hutniczego. Dodatek pyłów krzemionkowych począwszy już od niewielkiej ilości: rzędu 2–3% masy cementu zwiększa zagęszczenie struktury poprzez wypełnienie wolnych przestrzeni, następuje znaczne zmniejszenie porowatości w obszarze porów kapilarnych. Dodatkowo mikrokrzemionka ma pozytywny wpływ na takie cechy zaprawy jak: wodoprzepuszczalność, redukcja pęcznienia, nasiąkliwość, wzrost wytrzymałości, wzrasta odporność na siarczany, podwyższa się odporność na działanie kwasów i wody morskiej.

Domieszki dodawane do tynków renowacyjnych, to środki hydrofobizujące, służące lepszej obróbce i przyczepności oraz środki nadające porowatość (regulujące fizyczno-mechanicznie albo chemicznie).

Do przygotowania zaprawy tynkarskiej, na której przeprowadzono badania, użyto dodatku napowietrzającego Ceresit CO 84 firmy Henkel. Jest to dodatek napowietrzający do zapraw i betonów.

3. Przeprowadzone badania

W celu przeprowadzenia badań wykonane zostały próbki zapraw, różniące się między sobą użytymi składnikami oraz stosunkiem wody do spoiwa. Próbka oznaczona literą A jest próbą porównawczą i została wykonana i zbadana w celu ustalenia zmian właściwości zaprawy po dodaniu kruszywa lekkiego, jakim jest w tym przypadku perlit oraz domieszki napowietrzającej (próbka B). Do próbki C poza wymienionymi dodatkami wprowadzono mikrokrzemionkę. Zaprawa A nie jest tynkiem renowacyjnym. Do wykonania próbek tynku użyto cementu portlandzkiego CEM I 42,5 o gęstości nasypowej w stanie luźnym równej $1,2 \text{ g/cm}^3$. Gęstość zastosowanego wapna to $0,5 \text{ g/cm}^3$, natomiast piasku – $1,76 \text{ g/cm}^3$ (frakcja 0,2–0,6mm). Ilość wody dobierana była doświadczalnie, na podstawie pomiarów konsystencji

Na stężonej zaprawie przeprowadzono następujące badania: gęstość, wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wytrzymałość na ściskanie, stosunek wytrzymałości, kapilarna absorpcja wody, głębokość przenikania wody.

Wyznaczenia gęstości stwardniałej zaprawy wraz z porami powietrznymi dokonano obliczeniowo, dzieląc masę próbki przez jej objętość. Na podstawie badań gęstości objętościowej stwardniałej zaprawy można stwierdzić, że dodawanie do jej składu poszczególnych komponentów było celowe i uzasadnione. Dzięki temu osiągnięte zostały wartości gęstości zgodne z zaleceniami. Obniżona została masa zaprawy, co ma pozytywny wpływ na właściwości robocze i użytkowe tynku.

Wartość wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu dla tynków renowacyjnych nie jest zdefiniowana w normie PN-EN 998-1 [2]. Nie określa jej również instrukcja WTA [3]. Powinna być ona jednak zbadana, w celu określenia stosunku wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie, którego maksymalna wartość określona jest w tablicy 2 instrukcji WTA [3].

Wyznaczenia wytrzymałości na ściskanie próbek tynku wykonano na prasie wytrzymałościowej. Domieszka napowietrzająca oraz perlit przyczyniły się do obniżenia wartości wytrzymałości na ściskanie (próbka B) do wielkości dopuszczalnej przez normę. Z kolei próbka C, zawierająca dodatek mikrokrzemionki, odznacza się nieco wyższą wytrzymałością na ściskanie, przy czym jej wartość nadal nie przekracza wartości dopuszczalnej.

Stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie wyznaczony został obliczeniowo.

W oparciu o instrukcję WTA [3] zmierzona została kapilarna absorpcja wody poprzez spód próbki po 24 godzinach. Probki zostały zważone, następnie zanurzone w wodzie na głębokość 2 mm i po upływie wymaganego czasu ponownie zważone. Z różnicy mas próbek przed i po zanurzeniu można określić ilość zaabsorbowanej przez nie wody. Badania przeprowadzono na jednej próbce z każdej grupy.

Głębokość przenikania wody mierzona była jednocześnie z pomiarem kapilarnej absorpcji wody. Zmierzono wysokość podciągania włoskowatego h w płaszczyźnie łupliwości. Penetracja wody po absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym nie powinna być większa niż 5 mm [2, 3] i jedynie próbka C spełnia ten warunek.

4. Otrzymane wyniki i wnioski

Podsumowując zebrane wyniki badań, można stwierdzić, że wprowadzenie do zaprawy perlitu oraz domieszki napowietrzającej Ceresit CO 84 przyczyniło się do zmniejszenia gęstości objętościowej za-

prawy oraz drastycznego spadku parametrów wytrzymałościowych, co z punktu widzenia wymagań normowych dla tynków renowacyjnych jest korzystne.

Skład zaprawy C różnił się od składu zaprawy B jedynie tym, że niewielką ilość piasku zastąpiono pyłem krzemionkowym. Przy użyciu dokładnie tej samej ilości wody zarobowej miara rozplywu zmalała z 16 do 14,5 cm. Dodatek pyłu krzemionkowego spowodował nieznaczne różnice w badaniach wytrzymałości. Wytrzymałość na ściskanie zaprawy z mikrokrzemionką wzrosła, natomiast wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu zmalała. Zarówno wartość wytrzymałości na ściskanie, jak i stosunku wytrzymałości odpowiadają wymaganiom normowym. Nastąpiła niewielka redukcja ilości wody pochłoniętej przez materiał wskutek transportu kapilarnego. Wysokość podciągania kapilarnego tak zmodyfikowanej zaprawy była najniższa w porównaniu do pozostałych próbek i była równa maksymalnej dopuszczalnej wysokości, wynoszącej 5 mm. Zaprawa o tak dobranym składzie odpowiada wszystkim zbadanym zaleceniom normowym.

Na podstawie analizy obrazów uzyskanych z elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM) stwierdzić można, że najlepiej pod względem mikrostruktury wypadła próbka C z mikrokrzemionką. W próbce tej obecne są formy tobermorytowe znacznie bardziej widoczne niż na pozostałych próbkach. Tobermoryt widoczny jest na zdjęciach w postaci blaszek. Zauważalna faza C-S-H nie ma określonego wyglądu, często ma postać gąbki. Widmo EDS wykazało obecność następującej grupy pierwiastków: C, O, Na, Mg, Mo, K, Ca, Al.