

Kompatybilność tynków renowacyjnych do renowacji murów opactwa Cystersów w Łądzie

Dr hab. inż. Wacław Brachaczek, prof. nadzw., Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała
Mgrr inż. Adam Chleboś, mgr Krzysztof Kusy, Sempre Farby Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

W renowacji obiektów zabytkowych z zawilgoconymi i zasolonymi murami można wyróżnić powtarzalne zabiegi polegające na odtworzeniu izolacji przeciwwilgociowych poziomych i pionowych, rozwiązaniu problemu z solami, naprawie murów i odtworzeniu elementów elewacji oraz odtworzeniu walorów estetycznych [1]. Uwzględnia się przy tym zespół czynności mających na celu odprowadzenie wód opadowych. O ile technologie przeprowadzenia tych zabiegów są znane i powszechnie stosowane w remontach budynków, o tyle nie ma jednej uniwersalnej metody, którą można zastosować do większości historycznych budynków. Przyczyną są ograniczenia związane z właściwościami materiałów, z jakich wykonane są mury, jak też zachowaniem wartości historycznych. Dobór sposobu odtwarzania izolacji poziomej zależy od konstrukcji murów, ich grubości, a przede wszystkim ich stanu [1]. Nierzadko w historycznych murach występują pęknięcia i szczeliny, co również ma wpływ na dobór odpowiedniej metody. Wielokrotnie zdarza się, że budynki mające kilkusetletnią historię, na przestrzeni wieków były przebudowywane, a same obiekty były modernizowane i remontowane zgodnie z wiedzą i technologią odpowiadającą danej epoce. Za pomocą współczesnych materiałów budowlanych możliwe jest przeprowadzanie robót w taki sposób, aby zapobiec dalszemu niszczeniu murów przy jednoczesnym zachowaniu oryginalnych elementów konstrukcji budynku o wartości historycznej.

2. Informacje o budynku

Kompleks dawnego opactwa Cystersów składa się z kościoła z dwiema wieżami od strony elewacji wschodniej i centralnie umiejscowioną kopułą oraz przylegającego do niego od południa dwukondygnacyjnego klasztoru z użytkowym poddaszem i wirydarzem. Początki opactwa sięgają XII wieku, lecz z czasem był on rozbudowywany i przebudowywany, swój ostateczny, dzisiejszy wygląd uzyskuje w epoce późnego baroku (XVIII w.) [6]. Murowaną trzyskrzydłową kłauzurę prawdopodobnie wzniesiono wraz z XIII-wiecznym



Rys. 1. Widok na dawne opactwo Cystersów w Łądzie. Na pierwszym planie południowa elewacja kłauzury

kościółem. Wschodnie dwukondygnacyjne skrzydło rozbudowane zostało w okresie baroku [5].

Budynek wykonany jest z cegły, lecz prace odkrywkowe wykazały dodatkowo używanie kamienia naturalnego w strefie cokołowej. Ściany budynku wykonane były z cegły, przy czym pierwsze dwie kondygnacje wykonane były z cegły gotyckiej o wymiarach 9,0–9,5x13,0–14,5x28,5–29,5 cm [4]. Przemiany elewacji budynku w opactwie łądzkim nie były udokumentowane [8]. Dach oraz skosy przypór pokryte są dachówką ceramiczną karpiówką. Do elewacji południowej klasztoru przylegają liczne przypory. Cokół poza południowym fragmentem elewacji zachodniej jest jedynie zaznaczony tynkiem innego koloru, nie wystaje on poza lico ścian. Na elewacji zachodniej prowadzone były prace renowacyjne i jej stan wizualny, poza niewielkimi spękaniem w warstwie tynku nie budzi zastrzeżeń. Na elewacji wschodniej zachowany jest barokowy portal, z nieznacznymi ubytkami (rys. 2). W dniu wykonania badania całość tynków z elewacji wschodniej była usunięta.



Rys. 2. Dobrze zachowany portal na tle ściany wschodniej z usuniętym tynkiem

Stan cegieł jest bardzo zróżnicowany, zaobserwowano tu zarówno cegły w dobrym stanie, jak też osłabione i kruche. Zaprawa, z której wykonane były spoiny, w znacznej części odkrytych murów była zmurszała i krucha. Przy niektórych oknach, zwłaszcza w przypadku górnej kondygnacji elewacji południowej, można zaobserwować spękania gzymsów oraz opasek wokół okien.

Stwierdzono występowanie autentycznych spoin średnio-wiecznych dwojakiego rodzaju. W południowej części elewacji spoiny miały kształt trójkątny, w północnej zaś płaskie z podcięciem. Na pozostałej części elewacji spoiny nie były formowane [7].

3. Zakres prac objętych remontem

Do renowacji obiektów zabytkowych konieczne jest rozpoznanie charakteru i właściwości zastosowanych materiałów. Po przeprowadzeniu szczegółowych badań dokonuje się wyboru materiałów dobrze współpracujących z materiałem oryginalnym, umożliwiających łatwą naprawę. Określenie stopnia zasolenia i zawilgocenia murów jest tylko jednym z koniecznych do przeprowadzenia badań [2]. Obok nich istotne jest także określenie innych właściwości, takich jak wytrzymałość oryginalnych materiałów, współczynnik sorpcji, gęstość, mikrostruktura porów, cegieł i spoin. W przypadku kapituły opactwa Cystersów, zakres prac remontowych obejmuje naprawę dachu połączoną z wymianą połaci dachowych z zastosowaniem dachówki ceramicznej (karpiówki), wymianę stolarki okiennej w części dachowej oraz nowe obróbki blacharskie wraz ze sposobem odprowadzania wód opadowych.

4. Wyniki badań diagnostycznych

30 i 31 lipca 2019 r. przeprowadzono oględziny i serię pomiarów mających na celu ustalenie stanu budynku, poziomu zawilgocenia oraz nasycenia solami ścian elewacji zewnętrznych kapituły.

4.1. Pomiar wilgotności i zasolenia ścian

Badanie zawilgocenia muru przeprowadzono metodą bezinwazyjną, przy użyciu wilgotnościomierzy Protimeter Surveymaster oraz Trotec T3000. W tym celu nawiercono otwory na wysokościach 10, 50, 100 i 150 cm od poziomu terenu, na głębokości ok 10 cm. Przy wyznaczaniu pionowych linii, w których odczytywano pomiary, zachowywano jednakowe odległości między nimi. Linie te prowadzono w taki sposób, aby pominąć przeszkody w postaci otworów okiennych czy drzwiowych. Dodatkowo, na długiej ścianie południowej dokonano odczytów zawilgocenia przylegających do niej przypór (rys. 3).



Rys. 3. Dolny fragment przypory przylegającej do ściany południowej z widocznymi otworami po wykonanych pomiarach wilgotności oraz odbarwieniem części przygruntowej będącym efektem działania wilgoci pochodzenia kapilarnego

W celu ustalenia poziomu koncentracji szkodliwych soli pobrane zostały próbki tynku, cegły i zaprawy, analizowano koncentrację: chlorków, siarczanów i azotanów. Badania przeprowadzono zgodnie z wytycznymi instrukcji WTA 2-9-04/D [13]. Badania na pobranych próbkach przeprowadzono w laboratorium firmy Sempre Farby.

4.2. Analiza zawilgocenia murów

Na każdą ścianę wirtualnie naniesiono siatkę pomiarów w miarę możliwości w regularnych odstępach i w punktach przecięcia linii odczytano wartości poziomu zawilgocenia. Wartości wilgotności masowej poszczególnych fragmentów murów zestawiono w tabelach 1 i 2.

Do określenia stopnia zawilgocenia posłużono się klasyfikacją dla murów ceglanych zgodnie z normą PN-EN ISO 12570 [12]. W tabelach kolorem zielonym zaznaczono mur o wilgotności masowej dopuszczalnej nie większej niż 3%, kolorem żółtym oznaczono mur o podwyższonej wilgotności (3–5%), pomarańczowym – mur średnio wilgotny

Tabela 1. Poziom zawilgocenia ściany wschodniej i ściany od strony kościoła

Wysokość pomiaru	Ściana wschodnia					Ściana od kościoła				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150 cm	5,6	2,0	1,8	2,2	6,5	3,1	2,4	3,0	9,5	2,9
100 cm	5,8	1,8	2,9	2,4	2,6	4,5	10,7	4,6	11,2	4,4
50 cm	9,4	1,9	12,0	3,2	2,9	8,0	3,5	4,2	13,4	7,6
0-10 cm	5,8	4,4	15,5	3,6	7,9	10,1	19,7	19,7	12,8	9,8

Tabela 2. Poziom zawilgocenia ściany wschodniej i ściany od strony kościoła

Wysokość pomiaru	Ściana wschodnia					Ściana południowa				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
150 cm	3,7	2,8	2,7	5,1	3,1	3,6	2,4	3,3	10,7	14,7
100 cm	2,8	2,8	4,8	3,6	7,9	8,4	3,6	2,5	17,3	16,9
50 cm	4,8	8,1	9,4	5,4	15,8	16,9	2,0	5,6	18,3	16,1
0-10 cm	4,1	13,5	12,8	3,0	5,4	15,9	6,4	11,8	12,0	16,6

(o wilgotności masowej 5–8%). Czerwonym kolorem zaznaczono mur bardzo wilgotny (8–12%), zaś brązowy kolor oznacza mur mokry, o wilgotności masowej przekraczającej 12%.

4.3. Oznaczenie zawartości szkodliwych soli

Ze ścian pobrano 12 próbek materiału: cegły, tynku oraz zaprawy. Zawartość soli oznaczano metodą półilościową, zgodną z instrukcją WTA 2-9-04/D [13]. Wyniki zestawiono w tabelach 3, 4 i 5.

4.4. Badania uzupełniające

Dodatkowo na pobranych próbkach cegły wykonano pomiary wytrzymałości na ściskanie i na rozciąganie przy zginaniu oraz sorpcyjności zgodnie z PN-EN 12390-3, PN-EN 12390-5 oraz PN-EN 1015-18 [9, 10, 11]. Dla każdego badania wykonano pomiary dla 6 próbek cegły. Uśrednione wyniki zestawiono w tabeli 6.

4.5. Analiza wyników badań

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że największe zawilgocenie ścian występuje na ścianie od strony kościoła.

Tabela 3. Zawartość chlorków, siarczanów i azotanów w próbkach tynku

Pomiar zawartości soli oraz wartości graniczne dla poszczególnych obciążeń							
	Ściana od strony kościoła	Ściana wschodnia	Ściana południowa	Ściana zachodnia	Obciążenie solami – wartości graniczne wg WTA 2-9-04/D		
					niskie	średnie	wysokie
Chlorki Cl ⁻ [%]	0	0,1	0	0	<0,2	0,2-0,5	>0,5
Siarczany SO ₄ ²⁻ [%]	0,8	0,6	1,0	0,8	<0,5	0,5-1,5	>1,5
Azotany NO ₃ ⁻ [%]	0,075	0,025	0,25	0,075	<0,1	0,1-0,3	>0,3

Tabela 4. Zawartość chlorków, siarczanów i azotanów w próbkach zaprawy

Pomiar zawartości soli oraz wartości graniczne dla poszczególnych obciążeń							
	Ściana od strony kościoła	Ściana wschodnia	Ściana południowa	Ściana zachodnia	Obciążenie solami – wartości graniczne wg WTA 2-9-04/D		
					niskie	średnie	wysokie
Chlorki Cl ⁻ [%]	0,1	0	0,1	0	<0,2	0,2-0,5	>0,5
Siarczany SO ₄ ²⁻ [%]	0,8	0,6	0,6	0,8	<0,5	0,5-1,5	>1,5
Azotany NO ₃ ⁻ [%]	0,05	0,025	0,075	0,125	<0,1	0,1-0,3	>0,3

Tabela 5. Zawartość chlorków, siarczanów i azotanów w próbkach cegły

Pomiar zawartości soli oraz wartości graniczne dla poszczególnych obciążeń							
	Ściana od strony kościoła	Ściana wschodnia	Ściana południowa	Ściana zachodnia	Obciążenie solami – wartości graniczne wg WTA 2-9-04/D		
					niskie	średnie	wysokie
Chlorki Cl ⁻ [%]	0	0,1	0	0	<0,2	0,2-0,5	>0,5
Siarczany SO ₄ ²⁻ [%]	0,6	0,8	0,8	0,8	<0,5	0,5-1,5	>1,5
Azotany NO ₃ ⁻ [%]	0,05	0,125	0,025	0,05	<0,1	0,1-0,3	>0,3

Tabela 6. Właściwości fizyczne badanej cegły

Badana właściwość cegły	Wartość
Współczynnik absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym [9]	0,26 kg/(m ² ·min ^{0,5})
Wytrzymałość na ściskanie [10]	5,80 MPa
Wytrzymałość na rozciąganie [11]	1,79 MPa

Wilgotność murów na poziomie mocno wilgotnym i mokrym wyznaczono do wysokości jednego metra. Na zawilgocenie tej części muru wpływ wywierała wilgoć podciągana kapilarnie z podłoża, świadczy o tym zmniejszenie stopnia zawilgocenia wraz z wysokością muru. Stwierdzono również, że znaczna część wilgoci pochodziła z uszkodzonej rury spustowej odprowadzającej wody opadowe z połaci dachowej (rys. 4).

Podobny rozkład wilgotności murów wyznaczono dla ściany południowej (tabela 2). Rozkład wilgotności masowej ścian: wschodniej i zachodniej był nieznacznie niższy i nie przekraczał średniego stopnia zwilgocenia. Na całości obiektu można zaobserwować wyraźną tendencję do spadku poziomu wilgotności wraz z wysokością wykonywanego pomiaru. Wskazuje to na kapilarne podciąganie wilgoci w murze i jest efektem uszkodzonej izolacji poziomej murów budynku lub jej braku. Wilgoć jest podciągana z gruntu przez stare cegły i zaprawę systemem naczyń włosowatych. Dodatkowo zwiększenie wilgotności w dolnej, niezabezpieczonej izolacją pionową strefie (do ok. 50 cm powyżej poziomu gruntu) może pochodzić od wód opadowych z rozbryzgów.

W przypadku wystających poza obrys budynku przypór przylegających do ściany od strony południowej kapituły wyznaczono większą wilgotność. W zdecydowanej mierze były to ściany mokre. Znaczna wilgotność tych przypór mogła pochodzić zarówno z podciągania kapilarnego, jak i z opadów atmosferycznych (rys. 3 i 5).

5. Zalecenia po przeprowadzonych badaniach

5.1. Zalecenia dotyczące przeciwdziałaniu wilgoci

W celu zabezpieczenia budynku przed szkodliwym działaniem wody pochodzącej z gruntu przewidziano odtworzenie poziomej

Rys. 5. Przylegająca do ściany południowej przypora ze zdegradowaną wyprawą tynkarską



Rys. 4. Fragment ściany od strony kościoła z wyraźnie podwyższoną wilgotnością zanotowaną w pobliżu rury spustowej

bariery przeciwwilgociowej na drodze iniekcji. Ze względu na specyfikę tej metody na wszystkich analizowanych ścianach przewidziano wykonanie przeciwwodnej poziomej przepony tuż nad poziomem gruntu, poza ewentualnym oddziaływaniem wody pod ciśnieniem. Zabezpieczy to znajdujące się ponad nią partie budynku przed migrującą z gruntu wilgocią. Zróżnicowany charakter fundamentów, w większości wykonany z kamienia i występujące w nim pustki lub szczeliny sprawia, iż do odtworzenia izolacji poziomej można zastosować iniekcję niskociśnieniową połączoną z preiniekcją lub iniekcją grawitacyjną z zastosowaniem iniektu o wysokiej konsystencji. Preiniekcja polega na wstępnym wypełnieniu otworów zaprawą uszczelniającą, której zadaniem jest wypełnienie szczelin i pustek w murze. W celu wyeliminowania wpływu rozbryzgowej wody opadowej na wilgotność murów

zalecono zabezpieczenie cokołowej strefy ścian (na wysokości do 50 cm) pionową zaprawą uszczelniającą. Wysoka wilgotność przypór wystających poza obrys budynku wynika z nieodpowiedniego wykonania lub uszkodzenia obróbek blacharskich i dachówki na skosach przypór. Wymiana tych elementów w znacznym stopniu ograniczy poziom zawilgocenia w przyporach.

5.2. Zalecenia dotyczące naprawy muru

Większość ścian budynku jest w dobrym stanie technicznym, jednakże są one zawilgocone i zasolone. Występujące pojedyncze pęknięcia, nie przebiegające przez całą długość ściany, zostaną naprawione przez przemurowanie. W celu odwzorowania układu cegieł przed rozbiórką uszkodzonego fragmentu ściany należy wykonać zdjęcie tej części, by później identycznie odbudować ścianę w tym miejscu. Celem wykonania skutecznej i długotrwałej renowacji

konieczne jest skucie starych, zdegradowanych wypraw tynkarskich do warstwy cegły. Średniowieczne spoiny w kształcie trójkątnym oraz z podcięciem zostaną oczyszczone oraz wzmocnione przy użyciu preparatu gruntującego Renowator 920. Produkt ten zawiera kombinację krzemianów i polikrzemianów, po stwardnieniu nie tworzy nieprzepuszczalnej dla wody błony, a także nie ogranicza dyfuzji pary wodnej. Wzmacnia on natomiast spoinę, co pozwala zachować oryginalny materiał w dobrym stanie. Kruche i zwietrzałe spoiny zostaną usunięte na głębokość 2 cm i uzupełnione drobnopięknym renowacyjnym tynkiem podkładowym Renowator 520. Wykonana zostanie iniekcja pozioma na wysokości ok. 20 cm powyżej poziomu gruntu przy użyciu preparatu iniekcyjnego Renowator 190. Produkt ten zawiera związki polikrzemianów, które dobrze rozprowadzają się w materiałach budowlanych. Tworzą szczelną barierę przeciwwilgociową w wyniku zmiany napięcia powierzchniowego porów. Zaletą tego produktu jest wysoka konsystencja, co ułatwia aplikację w murach o dużej niejednorodności. Ściany budynku zostaną pokryte systemem tynków renowacyjnych o grubościach warstw ustalonych na podstawie instrukcji WTA 2-9-04 [13]. Warstwę szepną z murem stworzy renowacyjna obrzutka, która powinna pokrywać 50% powierzchni ściany, a jej grubość nie powinna przekroczyć 0,5 mm. Następną warstwą do aplikacji jest odpowiedzialny za gromadzenie soli renowacyjny tynk podkładowy Renowator 520. Cechuje go wysoka porowatość, duża paroprzepuszczalność oraz wysoka zdolność do podciągania kapilarnego wody z muru. Grubość tej warstwy powinna się zawierać w przedziale 1–2 cm. Bezpośrednio na niego nałożony będzie wodoodporny, lecz paroprzepuszczalny tynk renowacyjny Renowator 540. Także akumuluje on w sobie szkodliwe sole, a jego grubość powinna wynosić także 1–2 cm. Ponadto celem uzyskania gładkiej, estetycznej fasady, należy jako warstwę wykończeniową zaaplikować paroprzepuszczalną renowacyjną gładź Renowator 580.

Poprawne działanie tynków renowacyjnych jest możliwe dzięki wytworzeniu siły ssącej powodującej oddawanie wilgoci z muru do znajdującego się na nim tynku. Jest to możliwe w sytuacji, gdy współczynnik absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym tynku jest większy niż ten sam parametr dla cegły. W tym przypadku, dla analizowanych materiałów muru odpowiednim tynkiem jest podkładowy tynk renowacyjny Renowator 520. W przypadku tego tynku współczynnik sorpcji jest wysoki i wynosi $0,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ min}^{0,5})$. Wytrzymałość na ściskanie tynku renowacyjnego podkładowego wynosi 4,5 MPa i jest ona nieco niższa od wytrzymałości muru. Jest to bardzo istotne, gdyż w przypadku tynku o wyraźnie wyższej wytrzymałości od materiału, na który jest on aplikowany, zachodzi ryzyko skurczu prowadzącego do zniszczenia wierzchniej warstwy cegły i odspojenia się jej wraz z warstwą tynku.

Uszkodzone elementy sztukaterii zostaną uzupełnione przy użyciu bardzo odpornej na skurcz, paroprzepuszczalnej zaprawy sztukatorskiej Renowator 740. Cechuje ją doskonała

urabialność oraz odporność na czynniki atmosferyczne. W celu wykonania izolacji pionowej strefy cokołowej budynku, dolna część budynku (do 50 cm powyżej terenu) zostanie oczyszczona ze starych wypraw tynkarskich do warstwy cegły, a następnie pokryta dwuskładnikową, wysoko elastyczną masą uszczelniającą Renowator 300. Chroni ona pokryty mur zarówno przed działaniem wilgoci i wody opadowej, jak i wody napierającej.

6. Podsumowanie

Zabytkowe obiekty sięgające swoją historią okresu średniowiecza, takie jak dawne cysterskie opactwo w Łądzie, są niezwykle cennym świadectwem naszej kultury. Do tematu ich renowacji należy podchodzić bardzo indywidualnie. Przed rozpoczęciem prac należy zebrać jak najwięcej informacji dotyczących samego obiektu. Skuteczna renowacja musi być poprzedzona szeregiem badań, mających na celu określenie poziomu oraz źródła zawilgocenia i poziomu zasolenia. W analizowanym budynku ustalenie tych wartości pozwoliło na poprawny dobór materiałów, ich warstw i grubości. Zaproponowane w opracowaniu rozwiązania materiałowe są optymalne, gdyż wyższa sorpcyjność tynku i jego niższa wytrzymałość zapewniają odpowiednią kompatybilność z murem. Wykonana w ten sposób renowacja zabezpieczy obiekt przed szkodliwym wpływem czynników zewnętrznych i podniesie jego walory estetyczne oraz komfort użytkownika. Pozwoli również zachować istotne z historycznego punktu widzenia elementy murów, takie jak średniowieczne spoiny, cegły i ozdobne detale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Brachaczek W., Jak osuszyć budynek z wilgoci kapilarnej, *Inżynier budownictwa* 2/2015, str. 75–82
- [2] Brachaczek W., Siemiński W., Tynki renowacyjne, *Materiały budowlane* 6/2013, str. 52–56
- [3] Brachaczek W., Siemiński W., Wpływ rodzaju preparatu iniekcyjnego na szczelność przepon przerywających kapilarne podciąganie wilgoci, *Materiały budowlane* 11/2015, str. 172–174
- [4] Czapski L., Janiszewski K., Stępkowski J., *Badania architektoniczne zespołu pocysterskiego w Łądzie, gmina Łądek, Łądek 200*
- [5] Domasłowski J., Kościół i klasztor w Łądzie, *Zabytki Wielkopolski*, Warszawa-Poznań, 1981
- [6] Kamiński M., *Dawne opactwo zakonu cysterskiego w Łądzie nad Wartą. Zarys dziejów i zabytki sztuki*, Warszawa, 1936
- [7] Łuzyniecka E., *Dawne opactwo cysterskie w Łądzie. Badania architektoniczne elewacji wschodniej budynku klauzury 15.07–19.07.2019 roku. Notatka dotycząca średniowiecznych spoin*, Wrocław, 2019
- [8] Łuzyniecka E., *Dawne opactwo cysterskie w Łądzie. Założenia programowe badań architektonicznych elewacji wschodniej budynku klauzury planowanych w 2019 roku*, Wrocław, 2019
- [9] PN-EN 1015-18:2003: *Metody badań zapraw do murów – Część 18: Określenie współczynnika absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym stwardniałej zaprawy*
- [10] PN-EN 12390-3:2011: *Badania betonu – Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badań*
- [11] PN-EN 12390-5:2011: *Badania betonu – Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badań*
- [12] PN-EN ISO 12570:2002: *Ciepłno-wilgotnościowe właściwości materiałów i wyrobów budowlanych – określanie wilgotności przez suszenie w podwyższonej temperaturze*
- [13] Merkblatt 2-9-04: *Sanierputzsysteme*