

prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak^{1*)}
 ORCID: 0000-0003-3643-9819
 dr inż. Mariusz Gaczek¹⁾
 ORCID: 0000-0003-1349-2676
 dr inż. Marcin Kanoniczak¹⁾
 ORCID: 0000-0001-8017-645X

Skaningowa analiza grubości i ciągłości warstw tynków elewacyjnych w zewnętrznym zespolonym systemie ocieplania ścian ETICS

Scanning analysis of the thickness and continuity of finishing coats in external thermal insulation composite system ETICS

DOI: 10.15199/33.2021.09.04

Streszczenie. Popularne systemy ocieplania ścian zewnętrznych składają się z dwóch podstawowych warstw: termoizolacyjnej i wierzchniej – dekoracyjno-ochronnej, nakładanej na materiał do izolacji cieplnej. Termoizolację łączy się z ocieplaną ścianą najczęściej przez: przyklejenie przy użyciu zaprawy klejącej, masy klejącej albo kleju poliuretanowego oraz zamocowanie przy użyciu łączników mechanicznych. Warstwą mającą kontakt z otoczeniem zewnętrznym jest tynk cienkowarstwowy, którego grubość przyjmuje się z przedziału od 1 do 5 mm w zależności od oferowanego na rynku systemu. Technologia wykonywania ocieplenia nie jest skomplikowana, jednak z praktyki budowlanej wynika, że w trakcie eksploatacji ujawniają się różne wady tynków, a przyczyna ich wystąpienia często nie jest jednoznaczna. Autorzy artykułu, po wykonaniu wielu ekspertyz warstw elewacyjnych budynków, chcieliby zwrócić uwagę na strukturę wewnętrzną tynku cienkowarstwowego i jego nieciągłości, by szukać w nich przyczyn występujących wad.

Słowa kluczowe: system ociepleń; ETICS; warstwa wierzchnia; badania SEM i EDS tynku cienkowarstwowego.

Abstract. Popular external wall insulation systems consist of two basic layers: thermal insulation and rendering system, connected to the insulated wall by means of adhesive layer and mechanical fasteners. The contact layer with the surroundings is a finishing coat, the thickness of which ranges from 1 to 5 mm, depending on the system offered on the market. The technology of wall insulation is not complicated, but construction practice shows, that many finishing coat defects are revealed during the exploitation, and the reason for their occurrence is not clear. The authors of the article, after making many expert opinions of the rendering systems of buildings, would like to draw attention to the internal structure of the thin-layer plaster and its discontinuities, in order to look for the causes of the defects in them.

Keywords: thermal insulation systems; ETICS; rendering system; SEM and EDS tests of finishing coat.

P olityka pierwotnego lub wtórnego ocieplania ścian budynków przeznaczonych na stały pobyt ludzi jest wpisana w europejską misję Zielonego Ładu – nową strategię na rzecz zrównoważonej gospodarki UE [1, 4, 5]. Na rynku dostępnych jest wiele systemowych ociepleń ścian zewnętrznych z warstwami chroniącymi materiał termoizolacyjny, objętych licznymi dokumentami odniesienia i opracowaniami technicznymi, np. [2, 3, 6 ÷ 15], zmieniającymi się w miarę zdobywania nowych doświadczeń badawczych, wykonawczych i eksploatacyjnych. Typowa budowa warstwy wierzchniej obejmuje: war-

stwę kontaktową z zaprawy klejącej (tylko na wełnie mineralnej); zaprawę klejącą warstwy zbrojonej z zatopioną w niej siatką z włókna szklanego; podkład pod tynk elewacyjny (najczęściej niewymagany w przypadku warstwy zbrojonej wykonanej z zaprawy klejącej na białym cemencie); tynk elewacyjny; farbę egalizacyjną (tylko na tynk mineralny barwiony w masie); grunt pod farbę elewacyjną i farbę elewacyjną (najczęściej tylko na tynki niebarwione w masie). W praktyce występują często lokalne lub całkowite zruszczenia tynków nawet na nowo wykonanych elewacjach (fotografia 1), mające negatywny wpływ zarówno na estetykę, jak i trwałość tynków. W przypadku stwierdzenia wad toczą się gorące dyskusje między inwestorem, wyko-



Fot. 1. Przykładowe uszkodzenie nowej elewacji
 Photo 1. Sample damage to a new facade

nawcą i producentem materiałów w celu wyjaśnienia ich przyczyn. Argumenty są zwykle jakościowe, dlatego też w artykule prezentujemy oceny ilościowe, wynikające z najnowocześniejszych badań mikroskopią skaningową.

¹⁾ Politechnika Poznańska; Instytut Budownictwa

^{*)} Adres do korespondencji:
 jozef.jasiczak@put.poznan.pl

Analiza skaningowa warstwy elewacyjnej

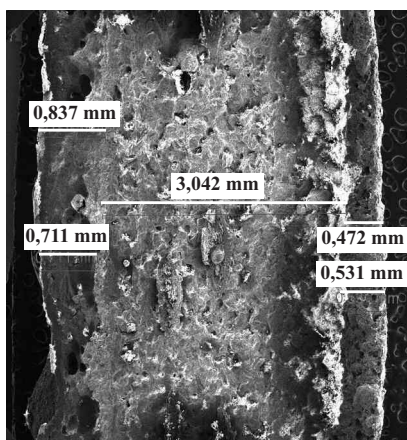
Mikroskop skaningowy pozwala na wykonanie dwóch podstawowych analiz, tj. analizy SEM, umożliwiającej obserwację topografii badanego materiału i wykonanie mikrofotografii badanych miejsc w skali od nanometrycznej do mikrometrycznej oraz mikroanalizy rentgenowskiej EDS, pokazującej masowy (atomowy) udział pierwiastków w składzie badanego materiału. Analiza liniowa EDS umożliwia także wykazanie nieciągłości w warstwach materiału.

Pomiar grubości warstw w kolejności od zewnątrz do materiału termoizolacyjnego na obrazach SEM

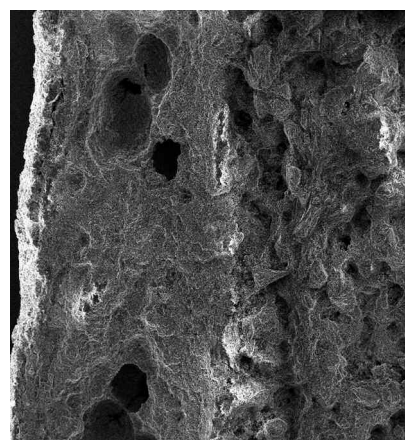
Z rozpatrywanego systemu ETICS z wełną mineralną, stanowiącą izolację cieplną, pobrano cztery fragmenty warstw elewacyjnych łącznie z wełną mineralną o wymiarach ok. 50 x 20 cm. Z pobranego materiału wycięto w laboratorium próbki kołowe o średnicy 50 mm do badania wytrzymałości na odrywanie między warstwami oraz dodatkowo próbki do badań skaningowych. Przedmiotem analizy w artykule są badania skaningowe, natomiast do związku cech mechanicznych z badaniami mikroskopowymi odniesiono się w podsumowaniu.

Mikrofotografie wykonane na przekroju tynku zewnętrznego (fotografie 2 ÷ 5) pozwoliły na identyfikację następujących warstw, patrząc od strony otoczenia:

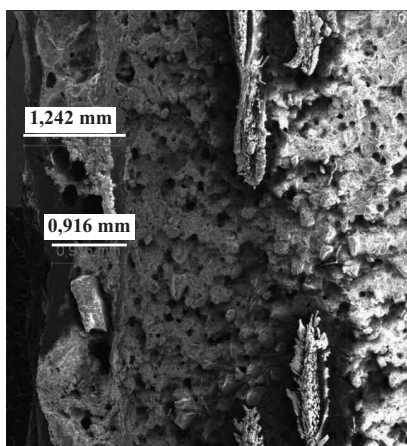
- farba silikonowa – grubości 0,159 – 0,232 mm;
- nawierzchniowy, cienkowarstwowy tynk mineralny, pomalowany farbą silikonową grubości 0,711 – 1,242 mm;
- warstwa zbrojona na warstwie szpachli nawilżającej (kontaktowej) 3,042 + 0,531 mm = 3,573 mm;
- same szpachle nawilżające (kontaktowe) na wełnie mineralnej grubości 0,472 – 0,531 mm;
- łączna grubość ochronnej warstwy wełny mineralnej: farba + tynk cienkowarstwowy + warstwa zbrojona na warstwie szpachli nawilżającej (kontaktowej) od 3,361 mm (fotografia 5) do 4,225 mm w innym miejscu (fotografia 2).



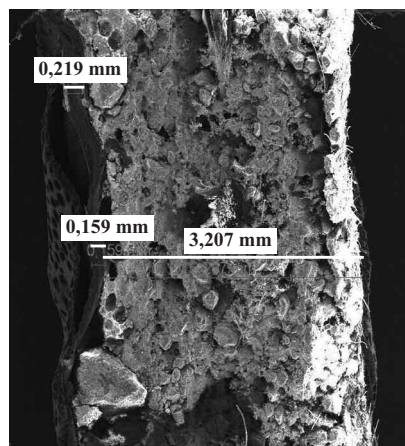
Fot. 2. Grubość warstw: farba + tynk mineralny 0,711 – 0,837 mm; warstwa zbrojona siatką 3,042 mm; warstwa kontaktowa na wełnie mineralnej 0,472 – 0,531 mm
Photo 2. Layer thicknesses: paint + mineral finishing coat: from 0,711 mm to 0,837 mm, base coat with reinforcement 3,042 mm, contact layer on mineral wool 0,472 – 0,531 mm



Fot. 4. Powiększenie warstwy tynku mineralnego o grubości < 1 mm. Widoczne nieciągłości między tynkiem a warstwą z siatką
Photo 4. Increasing the layer of mineral finishing coat with a thickness of < 1 mm. Visible discontinuities between the finishing coat and the base coat



Fot. 3. Grubość tynku mineralnego + farby – inne miejsce – 0,916 – 1,242 mm
Photo 3. Thickness of mineral finishing coat + paints – other place – thickness from 0,916 to 1,242 mm



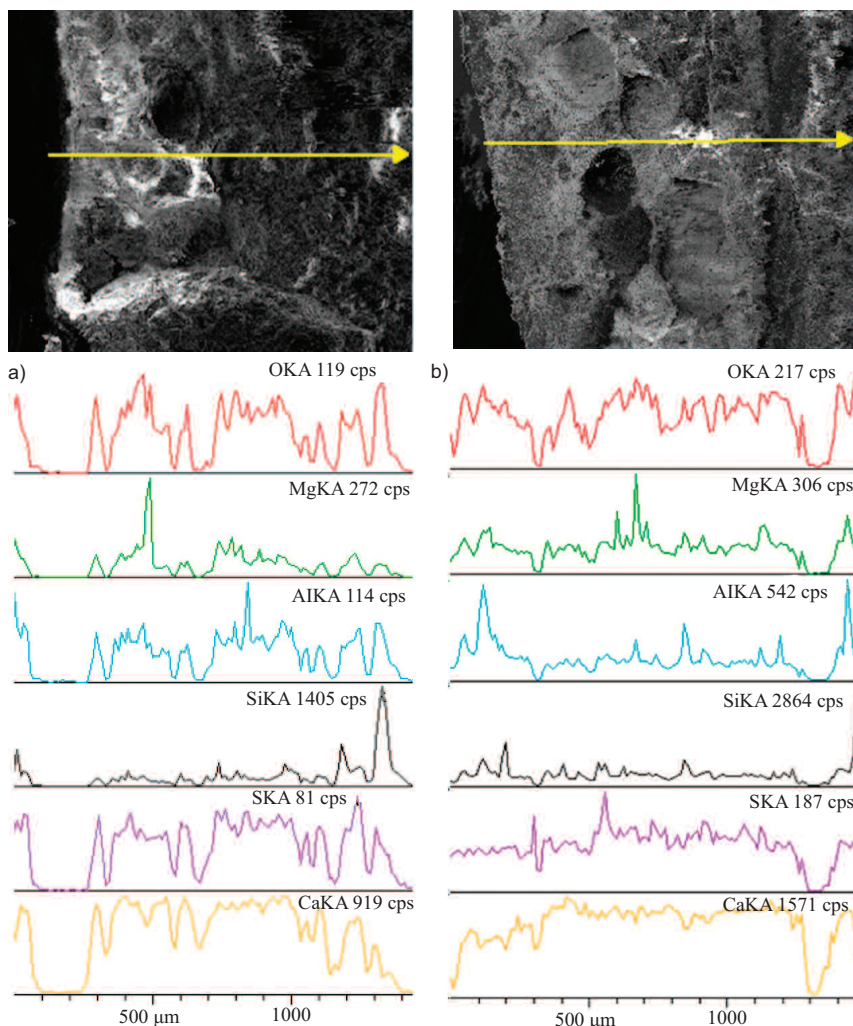
Fot. 5. Grubość warstwy farby silikonowej: 0,159 – 0,219 mm; pozostałe warstwy 3,207 mm
Photo 5. Thickness of the silicone paint layer: 0,159 – 0,219 mm; the remaining layers 3,207 mm

Nieciągłości na grubości warstw mierzone od strony zewnętrznej

Analizie poddano dwie próbki tynku cienkowarstwowego. Na mikrofotografiach pokazano obrazy SEM, a na rysunkach 1 ÷ 3 wyniki rozkładu poszczególnych pierwiastków, wchodzących w skład tynku cienkowarstwowego, w układzie liniowym jak na rysunku 1a, b. EDS dotyczy sześciu pierwiastków tworzących tynk.

Na grubości tynku zewnętrznego zaobserwowano dwie nieciągłości – między farbą silikonową a tynkiem cienkowarstwowym oraz między tynkiem

cienkowarstwowym a warstwą zbrojoną siatką. Na elewacji nie zaobserwowano złuszczeń farby, natomiast stwierdzono liczne punktowe odspojenia tynku cienkowarstwowego. Brak ciągłości nałożonych warstw, widoczny pod mikroskopem, jest przyczyną lokalnych odspojień tynku cienkowarstwowego od warstwy zbrojonej siatką. Wymienione nieciągłości są stopniowane – przy najmniejszych nie następuje zjawisko odspojenia. Granica „rozwarcia” jest trudna do jednoznacznego ustalenia, ale jej istnienie stanowi przyczynę występujących odspojień.



Rys. 1. Niciągłości: a) między 100 i 200 µm oraz przy 700 µm i 1300 µm; b) niciągłości przy 300 µm i 1300 µm

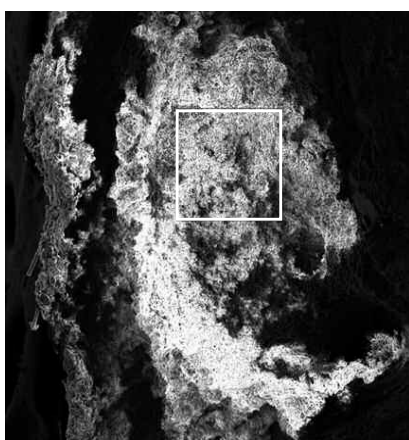
Fig. 1 Discontinuities: a) between 100 and 200 µm and at 700 µm and 1300 µm; b) discontinuities at 300 µm and 1300 µm

Analiza EDS

Na obszarze wskazanym na fotografii 6 wykonano analizę EDS warstwy tynku mineralnego (rysunki 2 i 3). Stwierdzono, że tynk mineralny (suchą mieszankę) wyprodukowano z użyciem białego cementu. Typowy skład wagowy białego cementu: tlenki wapnia 67%; krzemionka 22%; tlenki aluminium 4%; tlenki siarki 3%; tlenki magnezu 1%.

Podsumowanie

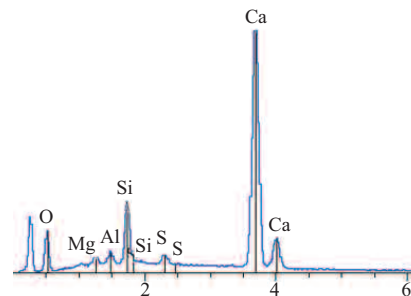
Grubość warstwy farby elewacyjnej 0,2 mm (200 µm) jest wystarczająca. W projekcie ocieplenia przyjęto tynk cienkowarstwowy o uziarnieniu kruszywa do 1,5 mm. Zmierzona grubość tynku wynosi 0,711 – 1,242 mm. Jeśli nałożony na ścianę tynk charakteryzuje się



Fot. 6. Obrazy SEM – miejsce badań znaczone białą ramką

Photo 6. SEM images – the test site is marked with a white frame

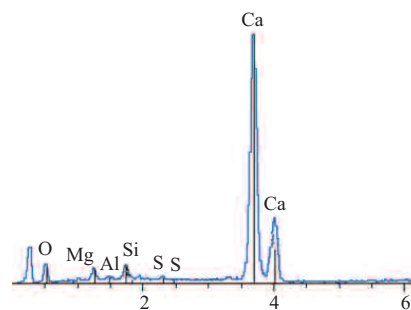
małą grubością, to szybciej wysycha (traci wodę zarobową). Skutkiem tego może być słabsze przyleganie do war-



Element	Linie	Wt [%]	At [%]
O	KA1	38,11	58,92
Mg	KA1	1,28	1,30
Al	KA1	1,40	1,28
Si	KA1	6,57	5,79
S	KA1	1,47	1,13
Ca	KA1	51,18	31,58
Total		100,00	100,0

Rys. 2. Skład zaprawy z fotografii 6

Fig. 2. Composition of the mortar from photo 6



Element	Linie	Wt [%]	At [%]
O	KA1	25,74	45,71
Mg	KA1	1,86	2,17
Al	KA1	0,43	0,45
Si	KA1	1,99	2,02
S	KA1	0,27	0,24
Ca	KA1	69,72	49,42
Total		100,00	100,0

Rys. 3. Skład zaprawy z fotografii 6 – inne miejsce

Fig. 3. Composition of the mortar from photo 6 – a different place

stwy zbrojonej, odparzenia i miejscowe złuszczenia, co zaobserwowano na południowej i zachodniej ścianie rozpatrywanego budynku.

Warstwa zbrojona siatką na warstwie nawilżającej (kontaktowej) ma grubość ok. 3,5 mm, która spełnia minimalne zalecenia producenta analizowanego systemu. Nie jest jednak w zgodzie z wymaganiami zawartymi w znanej w branży normie austriackiej [8], w której podano następujące wymagania w przypadku ocieplenia całej ściany wyłącznie wełną mineralną: grubość nominalna 8 mm; grubość minimalna 5 mm;

grubość średnia (wartości średniej reprezentatywnej próby losowej – min. 5 pomiarów) ≥ 7 mm; położenie tkaniny szklanej w odległości 1/3 grubości warstwy licząc od zewnątrz. W aktualizacji normy [8] przeniesionej do normy [9], w odniesieniu do ocieplenia wełną mineralną, podano następujące wymagania dotyczące grubości warstwy zbrojonej: grubość minimalna, do której nie należy wliczać grubości warstw wyrównujących – 5 albo 8 mm, przy czym wartość średnia z pięciu próbek musi być co najmniej grubością minimalną, a żadna z próbek nie może mieć grubości mniejszej niż 0,5 mm od grubości minimalnej; położenie siatki z włókna szklanego w odległości 1/3 grubości warstwy licząc od strony zewnętrznej. Mała grubość zmniejsza sztywność tej warstwy i zwiększa podatność na ugięcia. Zjawisko lokalnych ugięć obserwowano podczas wycinania krążków kontrolnych $\varnothing 50$ mm do badania przyczepności. Mała grubość warstwy zbrojonej nie wyrównuje dostatecznie powierzchni termoizolacji szczególnie z płyt z wełny mineralnej, co może być przyczyną nierównej powierzchni tynku. Przeanalizowano także skład chemiczny spoiwa tynku cienkowarstwowego. Analiza wskazuje na stosowanie białego cementu. Obecność wapna hydratyzowanego nie została jednoznacznie potwierdzona.

W badaniach mechanicznych prowadzonych metodą pull off stwierdzono, że najczęściej występującym miejscem, w którym doszło do rozwarstwienia, było rozerwanie kohezyjne w warstwie tynku cienkowarstwowego i rozerwanie adhezyjne od warstwy zbrojonej. Potwierdzono tym samym, że warstwa mineralnego tynku cienkowarstwowego stanowi najbardziej podatną na osiowe rozerwanie warstwę elewacyjną. W badanym zbiorze potwierdzono wystąpienie 75% takich przypadków, co w praktyce objawiło się lokalnymi odspojeniami w zewnętrznej warstwie elewacyjnej.

Fotografie: archiwum Autorów

Literatura

[1] Ambitniejszy cel klimatyczny Europy do 2030 r. – Inwestowanie w przyszłość neutralną dla klimatu z korzyściami dla obywateli. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Ra-

dy, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Komisja Europejska, COM (2020) 562 final, Bruksela 17.9.2020.

[2] EAD 040083-00-0404 External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with renderings, EOTA 2020.

[3] ETAG 004 Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Rendering. EOTA 2013.

[4] Europejski Zielony Ład, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Komisja Europejska, COM (2019) 640 final, Bruksela 11.12.2019.

[5] „Gotowi na 55”: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Komisja Europejska, COM (2021) 550 final, Bruksela 14.7.2021.

[6] Materiały informacyjne firm: Atlas, BASF, Baunit, BOLIX, Caparol, Kreisel, STO.

[7] Ocieplenia na ocieplenia – zalecenia dotyczące renowacji istniejącego systemu ETICS, Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń 2012.

[8] ÖNORM B 6410:2004 Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme-Verarbeitung. ON 2004.

[9] ÖNORM B 6400-1:2017-09 Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) – Teil 1: Planung und Verarbeitung. ASI 2017.

[10] PN-EN 13499:2005 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Zewnętrzne zespolone systemy ocieplania (ETICS) ze styropianem – Specyfikacja. PKN 2005.

[11] PN-EN 13500:2005 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Zewnętrzne zespolone systemy ocieplania (ETICS) z wełną mineralną – Specyfikacja. PKN 2005.

[12] Warunki Oceny Właściwości Użytkowych Wyrobu Budowlanego / WO-KOT/04/01 wydanie 1 – Złożone zestawy izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi (ETICS) z zastosowaniem wyrobów z wełny mineralnej (MW). ITB Warszawa 2018.

[13] Warunki Oceny Właściwości Użytkowych Wyrobu Budowlanego / WO-KOT/04/02 wydanie 1 – Złożone zestawy izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi (ETICS) z zastosowaniem wyrobów ze styropianu (EPS). ITB, Warszawa 2018.

[14] Wytuczne ETICS – Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS – wydanie 5/2019. Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń 2019.

[15] Zamorowska R., J. Sieczkowski. Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków (ETICS) z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej i wypraw tynkarskich (seria: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych, część C, zeszyt 8). ITB Warszawa 2020.

*Publikacja objęta programem 0412/SBAD/0022
Przyjęto do druku: 27.08.2021 r.*



CANASTOL – Water under Control

– kompletny hydrofobizator do systemów mineralnych,
– prosty w dozowaniu,
– sprawdzony w działaniu



Rettenmaier Polska
Sp. z o.o.
Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B
02-366 Warszawa
mobile +48 600 423 423
Tel + 48 22 608 51 00
e-mail: arboce@irs.pl