

WOJCIECH SPISAK^a, ANNA ŚLUSARCZYK^b, CZESŁAW LATOCHA^{a,*}

^aCentrum Badawczo-Produkcyjne „ALCOR” Sp. z o.o., Opole; ^bInstytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Oddział Farb i Lakierów, Gliwice

Sposób ochrony przegród budowlanych przed biokorozją

Wstęp

Wzrastająca nieustannie liczba ludzkości odciska swoje piętno nie tylko na klimacie Ziemi, coraz bardziej sprzyjającemu ekspansji patogennych grzybów, ale także modyfikuje styl życia samych ludzi.[1] Uprzemysłowienie i migracja do miast sprawia, że coraz więcej czasu spędzamy w zamkniętych pomieszczeniach. Tym samym ogromnego znaczenia nabiera jakość materiałów stosowanych w pomieszczeniach biurowych, zakładach pracy i mieszkaniach oraz odpowiednie projektowanie budynków. Badania ekosystemów wewnątrz budynków wskazują, że każdy człowiek w trakcie swojej typowej aktywności biurowo/domowej rozprasza w ciągu godziny ok. 35 mln komórek różnych mikroorganizmów.[2] Zdecydowana większość tych mikroorganizmów jest nieszkodliwa dla ludzi. Część bakterii i grzybów ma jednak charakter patogenny i mogą one być przyczyną bardzo poważnych chorób, takich jak np. kandydoza, aspergiloza lub kryptokokoza.[3] Za szczególnie niepokojące zjawisko należy uznać narastające zagrożenie ze strony przenoszonych drogą powietrzną pleśni z rodzaju *Aspergillus* (airborn fungus *Aspergillus*).[4] Inwazyjne zakażenia grzybicze stwarzają bardzo poważne zagrożenia dla osób o obniżonej odporności organizmu (towarzyszące chorobom np. zakażeniom wirusem HIV lub u pacjentów poddanych zabiegom przeszczepiania komórek krwiotwórczych).[5]

Mikroorganizmy, tj. grzyby, glony, pleśnie i bakterie, mogą się rozwijać na wszystkich rodzajach materiałów takich jak drewno, tynk, aluminium, tworzywa sztuczne itp., prowadząc do ich stopniowej korozji.[6,7] Konsekwencją korozji biologicznej budynków (materiałów konstrukcyjnych, wykończeniowych oraz termoizolacyjnych) jest ich niszczenie, zarówno wykończeń zewnętrznych jak i wewnętrznych. Korozja biologiczna prowadzi do utraty pierwotnych właściwości materiałów budowlanych (np. cech użytkowych takich jak wytrzymałość na rozciąganie i kruszenie) oraz pogorszenia estetyki ścian elewacyjnych (np. utrata barwy). Może również wywoływać negatywne skutki w środowisku, np. zły stan zdrowia mieszkańców zagrzybionych pomieszczeń (związany szczególnie z występowaniem grzybów pleśniowych i wytwarzanymi przez nie mikotoksynami o mutagennym, neurotoksycznym, alergizującym czy też rakotwórczym działaniu). W literaturze światowej funkcjonują już takie określenia jak „domy rakowe”, „domy białaczkowe”, lub bardziej ogólnie Syndromu Chorego Budynku (ang. Sick Building Syndrome).[7] Konieczność

zapewnienia wysokich standardów higienicznych w szpitalach, ale także w zakładach produkcji żywności doprowadziła do opracowania specjalnej klasy farb określanych, jako farby higieniczne. Zadaniem tych farb jest ograniczenie lub całkowite wyeliminowanie rozwoju grzybów i bakterii na powierzchni ścian i sufitów. W skład tych farb, jako środek grzybobójczy stosowane są różnorodne związki organiczne np. triklosan lub srebro w postaci jonowej (azotan srebra, tiosulfonian srebra, zeolity, sulfadiazynian srebra i inne) czy nanocząsteczkowej.[7,8] Substancje te mają nie tylko ograniczać rozwój szkodliwych mikroorganizmów, ale także przeciwdziałać powstawaniu biofilmu na chronionych powierzchniach. Wynika to z faktu, iż w relacjach między środowiskiem a mikroorganizmami bardzo istotną rolę pełnią powierzchnie stanowiące oparcie do tworzenia i rozwoju biofilmów.[9,10] Biofilm stanowi bardzo złożoną strukturę, jest wielokomórkowym tworem składającym się z drobnoustrojów jednego lub wielu gatunków czy rodzajów (które stanowią około 1/3 biofilmu) oraz macierzy pozakomórkowej.[11,12] Głównymi składnikami macierzy są związki polimeryczne zwane EPS – *extracellular polymeric substances* zawierające polisacharydy, białka, kwasy nukleinowe, surfaktanty, fosfolipidy oraz wodę.[13] Polimery macierzy mają zdolność do cyklicznego gromadzenia i oddawania wody, co sprawia, że macierz ma cechy hydrożelu o wyjątkowych właściwościach wiskoelastycznych. Z tego względu biofilmy niezwykle trudno jest oderwać od podłoża. Dodatkowo macierz stanowi skuteczną ochronę przed wysuszeniem biofilmu oraz zapewnia komórkom ochronę przed zmiennymi warunkami fizycznymi otoczenia, promieniowaniem UV, wahaniami temperatury i pH oraz oddziaływaniem substancji chemicznych (np. biocydów).[14,15] Dzięki temu biofilm może przetrwać w warunkach, w których przeżycie pojedynczych komórek byłoby niemożliwe.[16,17] Negatywne skutki zasiedlania przez biofilm różnorodnych powierzchni uwidaczniają się w różnych obszarach działalności człowieka: w przemyśle spożywczym, w sieci wodociągowej (stanowi zagrożenie sanitarne, wzmaga korozję mikrobiologiczną, bywa przyczyną strat hydraulicznych), w medycynie (kolonizacja cewników, implantów chirurgicznych będąca powodem groźnych schorzeń). Ponadto mikroorganizmy wchodzące w skład biofilmu charakteryzuje wzrost inwazyjności oraz zdolność do wywoływania groźnych zakażeń, zwłaszcza w warunkach szpitalnych. Biofilm utrudnia także w znacznym stopniu utrzymywanie higieny w obiektach użytku publicznego - hotelach, basenach, placówkach fizykoterapeutycznych, sanatoriach, zakładach żywienia zbiorowego, szkołach i przedszkolach czy w warunkach domowych.[14] Wszystko to sprawia, że wzrasta zapotrzebowanie na ekologiczne, nowoczesne rozwiązania zapobiegające tworzeniu biofilmu.[18] Znajdujące się na rynku środki bakterio- i grzybobójcze umożliwiają doraźne

zwalczanie już istniejących mikroorganizmów. Pozwalają oczyścić ściany i inne elementy budowlane z niepożądanych pleśni, glonów, mchów i porostów. Postępowanie takie nie eliminuje jednakże deterio-gennych mikroorganizmów, zwłaszcza grzybów pleśniowych z wewnętrznych warstw przegród budowlanych. Organizmy te mogą kolonizować całą objętość zawilgoconych części budowli i stanowią rezerwuar do rozwoju zakażeń powierzchniowych. Powszechnie znane jest bakteriobójcze i grzybobójcze działanie srebra. W preparatach do zwalczania zakażeń mikrobiologicznych srebro może występować w postaci jonowej, metalicznej, jako jony $\text{Ag}(\text{OH})_2$ uwalniane ze związków trudno rozpuszczalnych w wodzie (np. tlenek srebra) oraz jako srebro metaliczne, kompleksowane przez jony srebrne (w wyniku czego powstają klastry srebra np. Ag^{2+} czy Ag_4^{2+}).[9]

Szczególnie popularne w ostatniej dekadzie stało się wykorzystywanie srebra nanocząsteczkowego. Bakteriobójczy efekt nanocząsteczek metali przypisywany jest ich niewielkim rozmiarom oraz dużej powierzchni w stosunku do objętości (dzięki czemu mogą wchodzić w ścisły kontakt z membranami mikroorganizmów) przy czym nie wynika wyłącznie z uwalniania do otoczenia jonów srebra.[19] Na efekt biobójczy srebra w postaci nanocząsteczek wpływają min.: krystaliczność, ich geometria, wielkość (dane literaturowe wskazują, że maksymalny efekt uzyskuje się dla nanocząsteczek o wymiarach 1-10 nm, 25 nm, 30 nm; im mniejsze nanocząsteczki tym łatwiej ulegają reakcji utleniania i roztwarzania z utworzeniem srebra jonowego), powierzchnia właściwa, stopień utlenienia powierzchni, stopień aglomeracji, ładunek powierzchniowy oraz grupy funkcyjne obecne na powierzchni.[20]

Poza wieloma korzyściami wynikającymi ze stosowania nanocząstek, coraz częściej mówi się o niekorzystnych aspektach ich oddziaływania na organizmy. Podejmowane są badania mające określić bezpieczeństwo stosowania nanotechnologii i jej produktów. Skala wykorzystywania nanocząsteczek, wielość ich zastosowań oraz wynikające stąd możliwości migracji w środowisku i interakcji z organizmami budzą obawy co do negatywnego oddziaływania nanocząsteczek na organizmy żywe. Za ekotoksyczność nanocząstek odpowiadają te same właściwości, które decydują o możliwościach ich szerokiego wykorzystania (min. rozmiar, skład chemiczny, rozpuszczalność czy właściwości powierzchni decydujące o możliwości adhezji nanocząstek na komórkach oraz wnikania do ich wnętrza). Dla toksyczności nanocząsteczek duże znaczenie ma także fakt, że są one szybko transportowane przez powietrze, wodę i glebę.[11,21,22] Badania toksyczności nanocząsteczek wykazały, że w wyniku inhalacji nanocząsteczki osadzają się w układzie oddechowym, wywołując stany zapalne. Eksperymenty wskazują ponadto, że różnego typu

nanocząstki mogą przemieszczać się z płuc do układu krążenia i poprzez naczynia do różnych organów i układów. Mogą również przechodzić do wnętrza organizmu przez uszkodzoną skórę. Groźnym zjawiskiem jest przechodzenie nanocząstek przez barierę krew/mózg.[11,21,22] Nanocząstki zawierające metale grupy przejściowej powodują powstawanie wysokoreaktywnych rodników hydroksylowych, które uszkadzają DNA, błony komórkowe i białka. Przeprowadzono liczne badania nad nanocząstkami metalicznymi, które wykazały, że np. nanocząsteczki CuO i ZnO wywołują wyraźne uszkodzenia DNA. [11,22,23] W innych badaniach zaobserwowano toksyczność nanocząsteczek srebra: względem roślin wodnych i lądowych, a także alg, grzybów, kręgowców, bezkręgowców oraz komórek ludzkich (keranocyty - komórki nabłonka skóry, fibroplasty płucne).[21,23]

Biorąc pod uwagę korzyści wynikające ze stosowania srebra jako skutecznego środka o właściwościach biostatycznych i biobójczych, zagrożenia związane ze stosowaniem cząstek o wymiarach nanometrycznych oraz nowoczesne rozwiązania w zakresie powłok higienicznych, zaproponowano, przedstawioną w niniejszym artykule, koncepcję inteligentnych systemów powłokotwórczych działających wielokierunkowo.

Część doświadczalna

Cel i zakres badań

Badania miały na celu opracowanie nowatorskiego sposobu ochrony przegród budowlanych przed biokorozją na mineralnym podłożu budowlanym i zbadanie wpływu drobnokrystalicznej warstewki metalicznego srebra na właściwości optyczne warstwy nawierzchniowej. Koncepcję ochrony ścian i sufitów przed biokorozją ilustruje Rys.1. W skład badanej wielowarstwowej powłoki wchodzi: warstwa gruntująca, wypełniająca kapilary i pory materiału budowlanego, warstewka drobnokrystalicznego metalicznego srebra oraz warstwa nawierzchniowa utworzona z farby zawierającej organiczny, biologicznie aktywny biocyd. Pierwszą warstwę (1) uzyskuje się poprzez naniesienie na mineralny materiał budowlany srebronośnego, ciekłego preparatu, spełniającego rolę impregnatu (Grunt Ag).[24] Odpowiedni układ żywic, rozpuszczalników i soli srebra zapewnia głęboką penetrację podłoża. Srebronośny preparat wypełnia szczeliny i pory materiału budowlanego, na którego powierzchni tworzy się cienki film. Pod wpływem światła dziennego lub innego źródła światła, w wyniku fotolizy, tworzy się warstewka drobnokrystalicznego srebra (2). Warstwę nawierzchniową (3), dekoracyjno-ochronną, uzyskuje się znanymi sposobami malarskimi. W celu potwierdzenia skuteczności biobójczej zaproponowanego układu przeprowadzono badania właściwości przeciwgrzybowych Gruntu Ag.[25] Badania te wykazały dobrą skuteczność biobójczą badanego preparatu.[26] Potwierdzenie skuteczności

Rys.1

biobójczej nowej, inteligentnej powłoki wielowarstwowej stanowiło pierwszy etap badań. W kolejnym, będącym przedmiotem niniejszego artykułu, przeprowadzono badania mające na celu sprawdzenie wpływu barierowej warstewki metalicznego srebra na kolorystykę dekoracyjno-ochronnej powłoki organicznej na podłoża mineralne. W tym celu przeprowadzono ocenę właściwości optycznych układu Grunt Ag/powłoka lakierowa na różnych podłożach, po ekspozycji na sztuczne działanie atmosferyczne.

Surowce użyte do badań

Jako surowce w badaniach właściwości optycznych wielowarstwowej powłoki ochronnej zostały użyte Grunt Ag oraz farba dyspersyjna nawierzchniowa BIOSAN. Podłoże stanowiły materiały stosowane w budownictwie do wykańczania powierzchni mineralnych: tynk, gładź gipsowa oraz farba dyspersyjna. Wszystkie rodzaje podłoży wytypowane do badań są produktami ogólnodostępnymi w handlu.

Aparatura

Badania optyczne prowadzono przy użyciu aparatów: Xenotest (producent: Atlas Xenotest, model Weather-Ometer Ci 3000+), Q-panel (producent: Q-panel Company USA, model Q-UV, lampy fluorescencyjne UV-A 340 nm, temp. 60°C), spektrofotometr X-RITE, USA (model: 968 0°/45°, pomiar wartości Lab – iluminant D65, obserwator 10°, pomiar wartości białości We – iluminat C, obserwator 2°).

Przygotowanie próbek do badań

Próbki do badań właściwości optycznych przygotowano nanosząc na płytki wykonane z hydrofobizowanej płyty kartonowo-gipsowej warstwę tynku, gładzi gipsowej oraz farby dyspersyjnej. Otrzymane próbki do badań kondycjonowano w warunkach otoczenia przez 30 dni. Po tym czasie przygotowane podłoża pokryto jednokrotnie warstwą Gruntu Ag. Przygotowano dwa zestawy próbek, jedne naświetlano promieniowaniem UV, drugie podano ekspozycji na filtrowane promieniowanie lampy ksenonowej. Po zakończeniu naświetlania, na próbki z warstwą Gruntu Ag nałożono ogólnodostępną, białą farbę dyspersyjną o właściwościach biobójczych i taki wielowarstwowy system ponownie poddano ekspozycji na promieniowanie fluorescencyjne oraz filtrowane promieniowanie lampy ksenonowej.

Metodyka badań

Próbki Gruntu Ag na podłożach z tynku, gładzi gipsowej oraz farby dyspersyjnej po ekspozycji na promieniowanie fluorescencyjne oraz filtrowane promieniowanie lampy ksenonowej i pokryte warstwą białej farby dyspersyjnej BIOSAN poddano ekspozycji na promieniowanie w komorach do badań starzeniowych Q-panel oraz Xenotest, zgodnie z normami PN-EN ISO 11341:2000 *Farby i Lakiery – Sztuczne działanie atmosferyczne i*

ekspozycja na sztuczne promieniowanie – Ekspozycja na filtrowane promieniowanie lampy ksenonowej. oraz PN-ISO 11507:2000 *Farby i Lakiery – Ekspozycja powłok lakierowych na sztuczne działanie atmosferyczne – Ekspozycja na promieniowanie fluorescencyjne i wodę.* W trakcie ekspozycji badanych powłok na działanie promieniowania UV/VIS, wykonywano pomiary spektrofotometryczne w określonych odstępach czasowych (co 24 h). Mierzono wartość białości (W_e), różnicę w jasności barwy (ΔL) oraz różnicę barw (ΔE) w stosunku do wzorca w przestrzeni barw CIELab.

Omówienie wyników

Uzyskane wartości spektrofotometryczne dla naświetlań układu podłoże-Grunt Ag przedstawiono na wykresach (schemat 1,2,3) oraz w Tabeli 1. Wyniki pomiarów wskazują na zmiany białości dla wszystkich podłoży. Szczególnie znacząca jest ona dla podłoża z gładzi tynkowej oraz tynku. Wraz z upływem czasu naświetlania białość (W_e) dla podłoża w postaci gładzi tynkowej oraz tynku maleje. Dla podłoża w postaci farby dyspersyjnej nie zaobserwowano zmian białości. Także różnica w białości pomiędzy próbką a wzorcem w przypadku farby nie jest tak znaczna jak dla pozostałych podłoży (~15%). Wysokie wartości ΔE dla wszystkich podłoży, wyrażające całkowitą zmianę barwy, wskazują na bardzo duże odchylenie od barwy wzorca. Podobnie wartość ΔL , wyrażająca różnicę jasności, ma dla wszystkich podłoży znak ujemny, co świadczy o kierunku zmiany jasności na ciemniejszą. Dowodzi to zachodzącej pod wpływem promieniowania reakcji fotolizy, prowadzącej do powstania warstewki srebra, odpowiedzialnej za ciemnienie badanych podłoży (Zdj. 1). Natomiast wyniki pomiarów przeprowadzonych dla układu powłokowego: Grunt Ag (po ekspozycji na promieniowanie fluorescencyjne UV) - farba nawierzchniowa BIOSAN, poddanego działaniu promieniowania UV wskazują, że różnica barw między badanymi próbkami a wzorcowymi podłożami mieści się w tolerancji pomiaru ($\Delta E < 1$) i że odchylenie od barwy wzorca jest niewidoczne. (Tabela 2)

Ekspozycja na promieniowanie UV systemu powłok higienicznych: Grunt Ag (po ekspozycji na filtrowane promieniowanie lampy ksenonowej)-farba nawierzchniowa BIOSAN naniesionego na podłoże w postaci starzonej farby powoduje stopniowe powiększanie się wartości $\Delta E > 1$ czyli niewielkie odchylenie barwy próbki od barwy wzorca, rozpoznawalne jedynie przez osobę doświadczoną w odróżnianiu niuansów barw. Zmian w wartości parametru ΔE nie zaobserwowano natomiast dla dwóch pozostałych podłoży, na które naniesiono układ Grunt Ag - farba BIOSAN – tj. dla gładzi oraz tynku.

Wnioski

Schemat 1,
Schemat 2
Schemat 3
Tabela 1

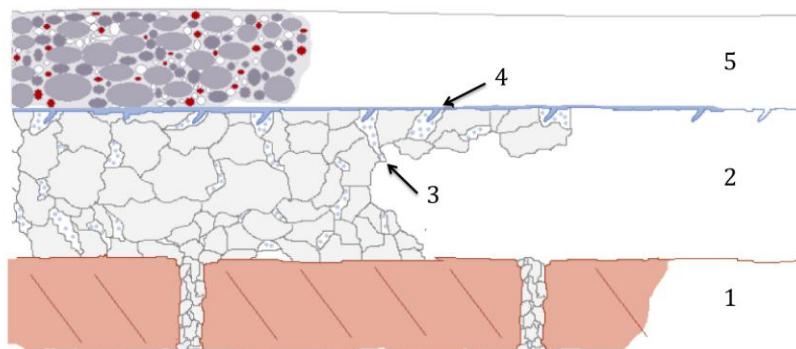
Tab. 2

Zdj. 1

Przeprowadzone badania wskazują, że wyniku naświetlania promieniowaniem UV Gruntu_Ag na różnych podłożach wytworzona zostaje w reakcji fotolizy, warstewka mikrometrycznego, metalicznego srebra, która odpowiada za zmiany w wartościach ΔL , ΔE oraz W_e badanych próbek. Stwierdzono również, że powłoka farby dyspersyjnej nałożona na taką warstewkę metalicznego srebra nie powoduje zmian w kolorystyce dekoracyjno – ochronnej warstwy nawierzchniowej.

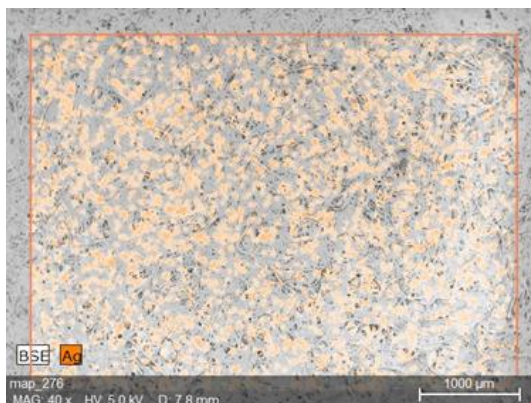
W zaproponowanym powyżej sposobie wytworzona bezpośrednio na chronionym wyrobie budowlanym warstewka fotolitycznego srebra o rozmiarach mikrometrycznych stanowi skuteczną biobójczą warstwę barierową pomiędzy wnętrzem przegrody budowlanej a malarską warstwą dekoracyjno-ochronną. Zastosowanie trójwarstwowej powłoki ochronnej w proponowanym sposobie ochrony ścian przed korozją biologiczną niesie z sobą wiele zalet. Impregnacja porowatego materiału budowlanego preparatem srebronośnym zapewnia ochronę przed rozwojem niepożądanych mikroorganizmów w obrębie objętości ściany. Ewentualny, niekontrolowany wzrost jej wilgotności (podsąkanie kapilarne wody), może zagrażać wzrostem rozprzestrzeniania się mikroorganizmów. Jednocześnie, tenże wzrost wilgotności powoduje rozpuszczanie się warstewki metalicznego srebra i wzrost stężenia biobójczych jonów srebra, hamujących rozwój mikroorganizmów. Warstwa metalicznego srebra stwarza barierę uniemożliwiającą przerastanie starej grzybni z wnętrza ścian na ich powierzchnię. Grzyby, pozostając uwięzione wewnątrz przegrody budowlanej nie stanowią już dużego zagrożenia dla ludzi, gdyż brak dostępu do powierzchni uniemożliwia im rozsiewanie patogennych zarodników. Warstwa barierowa (2), podobnie jak dla warstwy gruntującej, stanowi również rezerwuar jonów srebra dla trzeciej warstwy, tj. dekoracyjno-ochronnej. Ewentualne uszkodzenie tej powłoki lub też jej niestaranne wykonanie, nie prowadzi do natychmiastowej utraty jej funkcji biobójczej, ale oczekuje się, że uszkodzenia te powinny stanowić miejsca koncentracji jonów srebra, które będą uwalniane z warstewki metalicznej w trakcie rutynowych operacji mycia i dezynfekcji.

Opracowanie opisanego powyżej sposobu ochrony przegród budowlanych przed biokorozją oraz preparatu srebronośnego – Grunt Ag było przedmiotem projektu: „Opracowanie i wdrożenie na rynek biobójczego preparatu gruntującego” nr POIG 01.04.00-16-007/11 realizowanego w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.

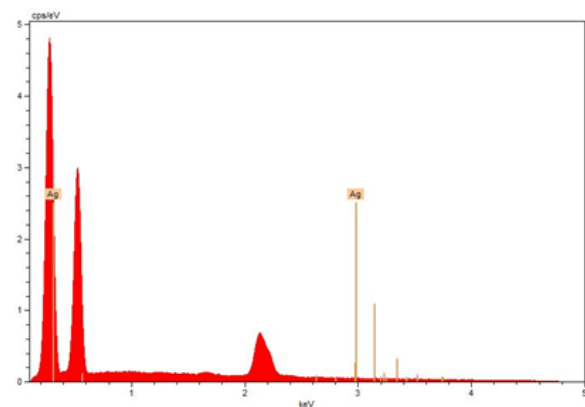


Rysunek 1 Ilustracja koncepcji ochrony przegród budowlanych przed biokorozją; 1 - budowlany materiał nośny, np. cegła, 2 - tynk mineralny z warstwą gruntującą 3, 4 - warstwa drobnokrystalicznego, fotolitycznego srebra, 5 – warstwa powłoki dekoracyjno-ochronnej zawierającej organiczny biocyd

Figure 1. Visualisation of the method of wall barrier protection against biocorrosion 1- supporting building materials e.g. brick, 2 – mineral plaster with priming layer 3, 4 – layer of fine crystalline photolytic silver, 5 – layer of decorative protective coat containing organic biocide



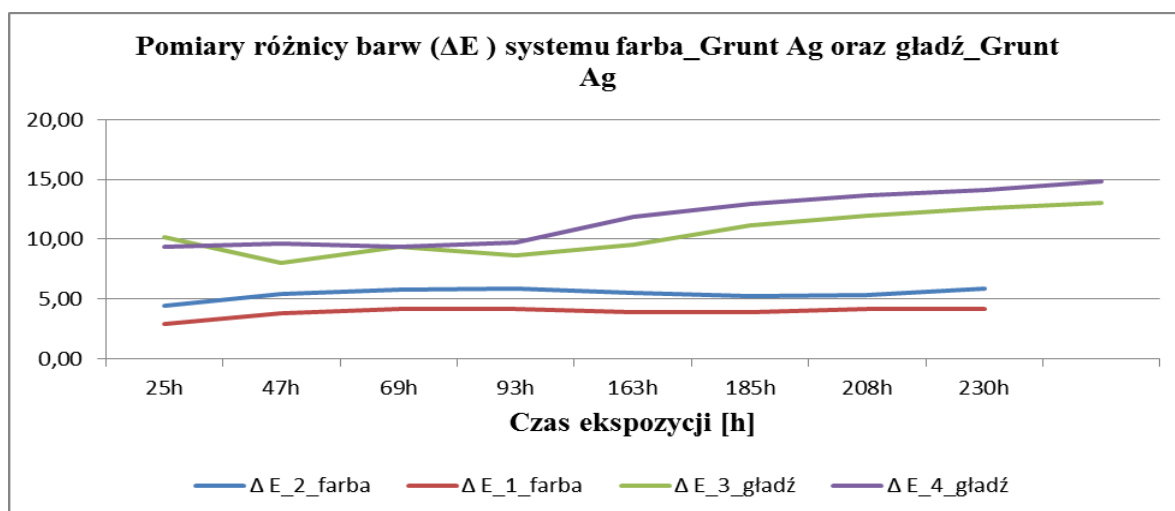
a) SEM



b) EDS

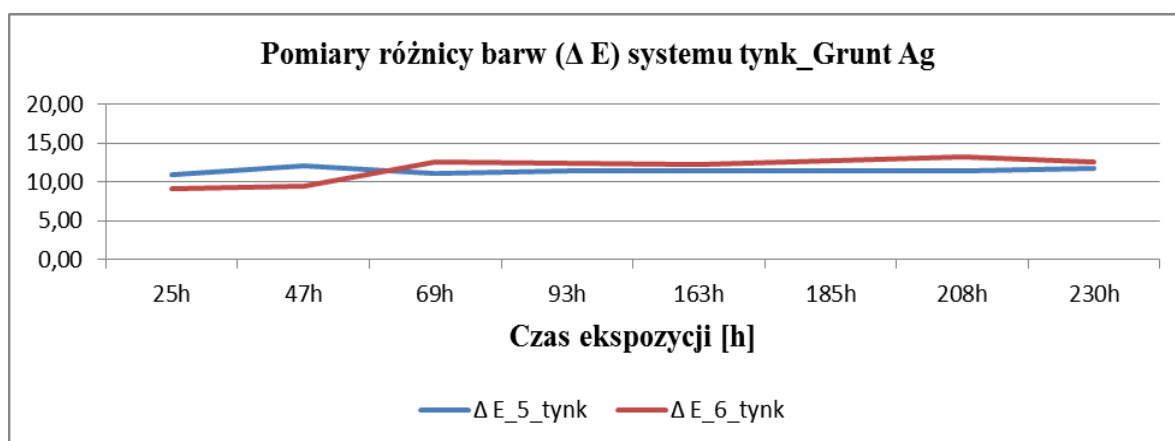
Rysunek 2 Obraz mikroskopowy SEM a) wraz z mikroanalizą pierwiastkową EDS b) podłoża z gładzi gipsowej pokrytego warstwą Gruntu Ag

Figure 2 SEM image a) and elemental microanalysis EDS b) of gypsum finish, covered with Ag Primer



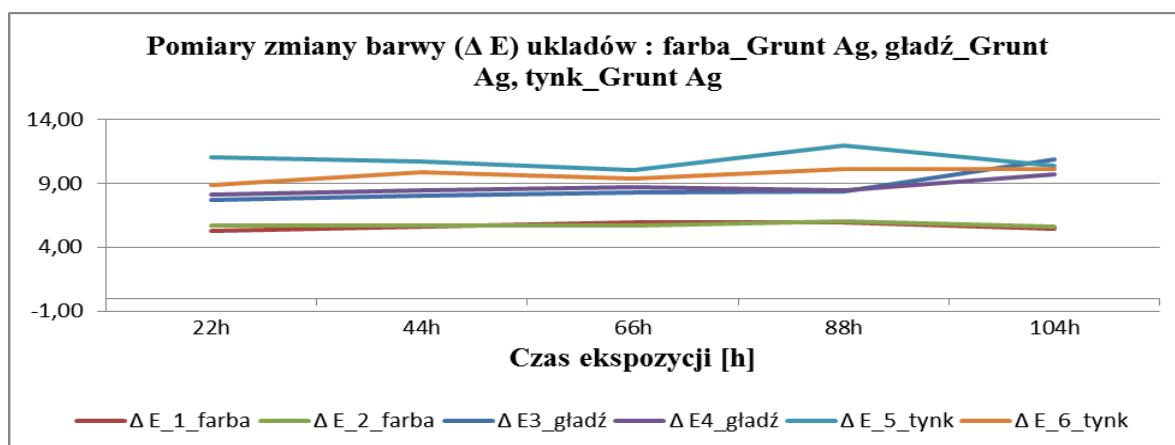
Schemat 1 Pomiary różnicy barw (ΔE) systemu: farba_Grunt Ag oraz gładź_Grunt Ag, ekspozycja na promieniowanie UV.

Scheme 1 Measurements of delta-E (the color difference) for dispersion paint_Ag Primer and gypsum finish_Ag primer systems, after exposure to UV light.



Schemat 2 Pomiary różnicy barw (ΔE) systemu: tynk_Grunt Ag, ekspozycja na promieniowanie UV.

Scheme 2 Measurements of delta-E (the color difference) for plaster_Ag primer system after exposure to UV light



Schemat 3 Pomiary różnicy barw (ΔE) systemu: farba_Grunt Ag, gładź_Grunt Ag, tynk_Grunt Ag, ekspozycja na filtrowane promieniowanie lampy ksenonowej.

Scheme 3 Measurements of delta-E (the color difference) for dispersion paint_Ag Primer, gypsum finish_Ag Primer and plaster_Ag Primer systems, after exposure to filtered xenon-arc radiation

Podłoże	Czas ekspozycji [h]								
	25	47	69	93	163	185	208	230	252
Farba									
ΔE	2,95	3,8	4,17	4,17	3,94	3,91	4,16	4,18	-
ΔL	-2,69	-3,67	-3,89	-3,92	-3,76	-3,66	-3,97	-3,98	
Δa	0,33	0,27	0,35	0,36	0,25	0,28	0,36	0,41	
Δb	1,15	0,97	1,44	1,39	1,14	1,14	1,17	1,19	
We	52,73	53,06	53,69	53,56	54,12	53,13	53,1	51,89	
ΔE	4,45	5,42	5,78	5,88	5,54	5,23	5,37	5,88	
ΔL	-4,12	-5,07	-5,36	-5,55	-5,27	-5,01	-5,25	-5,65	
Δa	0,62	0,52	0,59	0,61	0,46	0,44	0,36	0,54	
Δb	1,55	1,8	1,83	1,83	1,54	1,42	1,35	1,54	
We	53,98	49,4	49,46	47,91	50,55	47,76	48,07	47,3	
We	65,62	66,03	65,62	66,17	65,7	65,17	64,88	64,03	
(wzorzec*)									
Gładź									
ΔE	10,2	8	9,36	8,63	9,51	11,14	11,94	12,64	13,07
ΔL	-9,21	-7,07	-8,1	-7,45	-6,69	-8,52	-9	-9,4	-9,58
Δa	1,53	1,05	1,19	1,26	2,01	2,45	2,73	3,01	3,18
Δb	4,32	3,53	4,51	4,16	6,54	6,74	7,34	7,89	8,29
We	24,76	28,64	30,05	28,95	16,6	17,34	11,31	8,88	10,95
ΔE	9,38	9,64	9,36	9,74	11,92	12,92	13,67	14,13	14,86
ΔL	-8,31	-8,5	-8,1	-8,33	-9,23	-9,96	-10,19	-10,44	-10,79
Δa	1,31	1,24	1,19	1,35	2,23	2,87	3,15	3,25	3,59
Δb	4,11	4,37	4,51	4,87	7,18	7,7	8,54	8,95	9,58
We	25,21	24,66	24	22,54	12,01	9,17	6,24	4,51	1,72
We	55,75	55,95	56,14	56,46	55,85	55,69	56,52	55,78	56,48
(wzorzec*)									
Tynk									
ΔE	10,9	12,04	11,1	11,48	11,37	11,38	11,36	11,74	-
ΔL	-9,7	-11,13	-9,74	-10	-10,03	-9,62	-9,62	-10,02	-
Δa	1,2	1,24	1,32	1,36	1,31	0,87	0,93	1,11	-
Δb	3,42	4,34	5,12	5,46	5,08	6	5,95	6	-
We	5,31	6,67	5,31	4,68	5,33	4,23	3,44	3,56	-
ΔE	9,14	9,46	12,61	12,47	12,22	12,76	13,22	12,62	-
ΔL	-8,2	-8,3	-11,33	-1,18	-10,65	-11,33	-11,57	-11,05	-
Δa	0,99	0,78	1,48	1,27	1,65	1,08	1,12	1,05	-

Δb	3,93	4,41	5,29	5,29	3,54	5,72	6,18	5,24	-
We	4,6	9,75	5,43	5,29	3,54	5,27	3,56	5,24	-
We	30,71	29,88	29,39	30,73	29,87	30,81	29,34	30,48	-

(wzorzec*)

Tabela 1 Pomiary ΔE , ΔL , Δa , Δb oraz We układów farba_Grunt Ag, gładź_Grunt Ag oraz tynk_Grunt Ag, ekspozycja na promieniowanie fluorescencyjne.

Table 1- ΔE , ΔL , Δa , Δb and We measurements - dispersion paint_Ag Primer, gypsum finish_Ag Primer and plaster_Ag Primer systems, exposure to UV light.

	Podłoże			Czas ekspozycji [h]		
	22	44	66	156	174	
Farba						
ΔE	0,51	0,55	0,49	0,62	0,62	
ΔL	-0,16	-0,32	-0,1	-0,39	-0,33	
Δa	-0,14	-0,11	-0,17	-0,1	-0,29	
Δb	-0,43	-0,42	-0,39	-0,43	-0,13	
We	70,12	70,06	69,21	67,95	68,42	
ΔE	0,32	0,38	0,47	0,47	0,38	
ΔL	-0,22	-0,3	-0,38	-0,28	-0,26	
Δa	-0,11	-0,12	-0,11	-0,1	-0,13	
Δb	-0,08	-0,09	-0,17	0,22	-0,22	
We	69,66	69,46	69,11	67,77	67,67	
We	68,32	68,26	67,43	66,27	68,03	
(wzorzec**)						
Gładź						
ΔE	0,66	0,77	0,48	0,62	0,63	
ΔL	-0,47	-0,55	-0,33	-0,55	-0,57	
Δa	-0,12	-0,13	-0,18	-0,16	-0,15	
Δb	-0,42	-0,51	-0,3	-0,22	-0,19	
We	70,57	70,96	69,73	68,25	67,83	
ΔE	0,5	0,65	0,56	0,77	0,64	
ΔL	-0,36	-0,53	-0,45	-0,6	-0,51	
Δa	-0,17	-0,2	-0,19	-0,17	-0,18	
Δb	-0,12	-0,25	-0,08	-0,43	-0,05	
We	70,94	70,85	70,25	68,89	68,64	
We wzorzec*	68,66	68,76	68,22	67,6	66,41	
Tynk						
ΔE	0,74	0,97	0,84	0,58	0,57	
ΔL	-0,63	-0,87	-0,46	-0,32	-0,43	
Δa	0,03	0,07	-0,17	-0,18	-0,21	
Δb	-0,3	-0,32	-0,25	-0,17	-0,22	
We	66,86	66,5	66,19	63,94	63,67	

Tabela 2 Pomiary ΔE , ΔL , Δa , Δb oraz We układów farba_Grunt Ag_Farbadispersyjna, gładź_Grunt Ag_Farba dyspersyjna oraz tynk_Grunt Ag_Farba dyspersyjna, ekspozycja na promieniowanie fluorescencyjne.

Table 2 ΔE , ΔL , Δa , Δb and W_e measurements – multilayered systems: dispersion paint_Ag Primer_dispersion paint, gypsum finish_Ag Primer_dispersion paint and plaster_Ag Primer_dispersion paint, exposure to UV light.

Bibliografia

- [1] C. F. Matthew, et al., Nature 2012, 484, 186.
- [2] H. Courtney, Science 2012, 335, 648.
- [3] K. Marr, et al., Clin Infect Dis 2002, 34, 909.
- [4](<http://www.nationalaspergillosiscentre.org.uk>), June 2013.
- [5] A. B. Skotnicki, Pol Arch Med Wewn 2009, 119, 5
- [6] A. Ślusarczyk, H. Kuczyńska, Polimery 2004, 9, 589
- [7] E. Wołejko, M. Matejczyk, Civil and Environmental Engineering / Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2011, 2, 191-195
- [8] W. Spisak, Farby i Lakiery 2012, 4, 3.
- [9] P. Lalueza, M. Monzon, M. Arruebo, J. Santamaria, Materials Research Bulletin, 2011, 46, 2070
- [10] V. Berk et al., Science 2012, 337, 236.
- [11] B. Kołwzan, Ochrona środowiska, 2011, Vol. 33, Nr4, 3
- [12] Biofilm Resistance: The Necessity for Hygiene Coatings K.Johns, materiały PRA
- [13] Y. Gu, D. A. Rowe-Magnus, Infect. Immun. March, 2010, vol. 78 no. 3 1390
- [14]<http://biotechnologia.pl/biotechnologia/artykuly/biofilm-system-spoleczności-osiedlonej,12507>
- [15] S. Rajbir, P. Debarat, K. J. Rakesh, Trends In Microbiology 2005, Vol.13, No.1, 389
- [16] J. W. Costerton, P. S. Stewart, Scientific American, 2001, 285, 74
- [17] E. W. Rice, The Lancet, 1992, Vol. 340, Iss. 8821, 740
- [18] <http://www.prweb.com/releases/biocide/market/prweb10651137.htm>
- [19] J. P. Ruparella et al., Acta Biomaterialia, 2008, 4, 3,707
- [20] S. Pal, Y.K. Tak, J.M. Song, Appl. Environ. Microbiol., 2007, 73, 1712
- [21] Angew.Chem. 2011, 123, 1294-1314
- [22] Medycyna Pracy 2010;61(2):183–189
- [23] C. Levard et al., Environ. Sci. Technol. 2012, 46, 6900
- [24] Zgł .pat. pol. P-403 684 (2013)
- [25] Atest Higieniczny PZH HK/B/0613/ 01/2012.
- [26] W.Spisak, K.Czaja, J.Barton, M.Petri, Materiały Ceramiczne, 2013, 65, 97