tom 64
3 • 2021
marzec
PL ISSN 0473-7733
e-ISSN 2449-9501
cena 44 zł (w tym 8% VAT)

MIESIĘCZNIK

ochrona przed korozją

Corrosion Protection

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

GALVANO PARTNERS

DOSKONAŁE POWIERZCHNIE TO NASZA PASJA

NOWOCZESNE SYSTEMY REGENERACJI CIECZY

siebec

ODOLEJACZE

MINIPURE & CENTRIPURE

Zalety:

- Wydłużona żywotność i utrzymywana jakość chłodziw
- Zapobieganie zatykaniu dysz
- Zmniejszone koszty utylizacji
- Poprawa jakości produkowanych elementów

MP-P51-DCG

Zalety:

- Grawitacyjny mechanizm zwrotny oczyszczonego oleju
- Jakość płynów na stałym, wysokim poziomie i odzysk oleju
- System mobilny i programowalny
- Kompaktowa budowa

www.galvanopartners.pl

SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI 42 250 82 30

novasell

OD IDEI PRZEZ BADANIA DO BEZPIECZEŃSTWA

Novasell Sp. z o. o.

Opracowujemy innowacyjne technologie w obszarze przeciwogniowych zabezpieczeń konstrukcji stalowych.

- Potencjał firmy to nowoczesne podejście do zagadnień zabezpieczeń przeciwpożarowych.
- Posiadamy interdyscyplinarny zespół naukowców i inżynierów wsparty nowoczesnym laboratorium.

Dział obliczeniowy → Dział formulacji → Dział testów ogniowych

- Jesteśmy wspierani przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju realizując projekt „Opracowanie innowacyjnego systemu do ochrony przeciwpożarowej konstrukcji stalowych”

INNOWACYJNOŚĆ **FUNKCJONALNOŚĆ**

Dr inż. Łukasz Radosiński
Dyrektor B+R
Tel. +48 884 070 082
lukasz.radosinski@novasell.pl

Stabłowicka 147
54-066 Wrocław
kontakt@novasell.pl

novasell.pl

Fundusze Europejskie Inteligentny Rozwój
Rzeczpospolita Polska
Unia Europejska Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

ochrona przed korozją
Corrosion Protection
3 ·2021 ROK 64.
Miesięcznik
Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego

REDAKCJA/EDITORIAL OFFICE:
ul. Chopina 6, pok 202, 44-100 Gliwice, tel.: 32 231 02 24
e-mail: redakcja@ochronaprzedkorozja.pl
www.ochronaprzedkorozja.pl www.ochronaprzedkorozja.com

ZESPÓŁ REDAKCYJNY/EDITORIAL STAFF:
Redaktor Naczelna: dr hab. inż. Małgorzata Zubielewicz
Z-ca Red. Naczelnej: mgr Małgorzata Śmieszek-Glanc
Redaktorzy tematyczni: prof. dr hab. inż. Janusz Flis, prof. dr hab. inż. Danuta Kotnarowska, dr inż. Agnieszka Królikowska, dr hab. inż. Ginter Nawrat, dr inż. Wojciech Sokólski, prof. dr hab. inż. Adam Zybura
Redaktor językowy: mgr Jacek Leszczyński – jęz. pol.
Redaktor językowy: mgr Grzegorz Sosna – jęz. ang.
Redaktor statystyczny: mgr inż. Anna Tramś

RADA NAUKOWA/SCIENTIFIC COUNCIL:
prof. dr hab. inż. Witold Gnot, *Polska*
prof dr hab. Henryk Bala, *Polska*
prof. Idalina Vieira Aoki, *Brazylia*
dr inż. Adam Baryłka, *Polska*
mgr inż. Magdalena Borek-Daruk, *Polska*
prof. Pier Luigi Bonora, *Włochy*
dr Henrikas Cesiulis, *Litwa*
prof. dr. rer. nat. Ahmed Abd El-Aziz, *Egipt*
prof. Lorenzo Fedrizzi, *Włochy*
prof. João Salvador Fernandes, *Portugalia*
prof. dr. Damien Féron, *Francja*
prof. dr hab. inż. Janusz Flis, *Polska*
dr Daniel de la Fuente, *Hiszpania*
prof. Andréa Kalendová, *Czechy*
prof. dr hab. inż. Jacek Kijeński, *Polska*
prof. Niki Kouloumbi, *Grecja*
dr Olga Kulikova, *Rosja*
mgr inż. Józef Kozieł, *Polska*
dr inż. Agnieszka Królikowska, *Polska*
dr inż. Andrzej Królikowski, *Polska*
prof. Vesna B. Mišković-Stanković, *Serbia*
prof. Roman Nowak, *Finlandia*
dr hab. inż. Hanna Pokhmurska, *Niemcy*
dr inż. Tomáš Prošek, *Czechy*
dr Thadeus Schauer, *Niemcy*
dr inż. Wojciech Sokólski, *Polska*
prof. dr hab. inż. Maria Sozańska, *Polska*
prof. dr hab. inż. Bogdan Szczygieł, *Polska*
dr Judit Telegdi, *Węgry*
prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń, *Polska*
prof. dr hab. inż. Tadeusz Zakroczymski, *Polska*

Czasopismo „Ochrona przed Korozją" jest indeksowane w: Master Journal List: Emerging Sources Citation Index, Scopus, Baztech, Index Copernicus, Cambridge Scientific Abstracts (CSA, Proquest).

Autor za publikację artykułu w czasopiśmie naukowym „Ochrona przed Korozją" otrzymuje 20 punktów zgodnie z komunikatem Ministra Edukacji i Nauki z dnia 9 lutego 2021 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych.

Wersja papierowa czasopisma jest wersją pierwotną (referencyjną).

POLSKIE STOWARZYSZENIE KOROZYJNE Czasopismo wydawane we współpracy z Polskim Stowarzyszeniem Korozyjnym

EFC Czasopismo jest na liście czasopism Europejskiej Federacji Korozyjnej (EFC)

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT **WYDAWCA:** Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT Spółka z o.o., ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa, tel.: 22 818 09 18; www.sigma-not.pl · Nakład (w tym wersja elektroniczna) do 500 egz.

PRENUMERATA: tel. 22 840 30 86, e-mail: prenumerata@sigma-not.pl
Wskazówki dla Autorów: www.ochronaprzedkorozja.pl

OGŁOSZENIA przyjmują:
• Redakcja: tel. 32 231 02 24, e-mail: redakcja@ochronaprzedkorozja.pl
• Ewa Sadowska: e-mail: ochronaprzedkorozja-reklama@sigma-not.pl
• Dział Reklamy i Marketingu, Warszawa, tel./fax: 22 827 43 65, e-mail: reklama@sigma-not.pl.
Za treść reklam i ogłoszeń redakcja nie odpowiada.

ARTYKUŁY NAUKOWE / RESEARCH ARTICLES

Powłoki malarskie z farb proszkowych na wyrobach stalowych ocynkowanych zanurzeniowo – porównanie wymagań jakościowych GSB i Qualisteelcoat w odniesieniu do normy PN-EN ISO 13438
Powder coatings on hot-dip galvanized steel products – comparison of the quality requirements of GSB and Qualisteelcoat with reference to the PN-EN ISO 13438 standard
— I. Kunce, A. Królikowska 67

Modyfikacja wodnych farb na pokrycia dachowe pod kątem poprawy estetyki wymalowania i zachowania współczynnika odbicia promieniowania słonecznego
Modification of waterborne cool-roof coatings to improve their aesthetics and maintaining the solar reflectance
— M. Zubielewicz, E. Langer 74

OCHRONA PRZED KOROZJĄ W PRAKTYCE / CORROSION PROTECTION IN PRACTICE

Systemy biernego zabezpieczenia ogniochronnego konstrukcji stalowych na polskim rynku budowlanym
Passive fire protection systems for steel structures on the Polish construction market
— Ł. Radosiński, A. Porębska, M. Rosiński 80

Kilka słów o oczyszczaniu ścieków galwanicznych
— B. Gulbiński 82

ARTYKUŁY PROMOCYJNE / SPONSORED CONTENT

Akredytowane laboratorium badań antykorozji 85

Zakład Chemii Analitycznej Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych. Doświadczony personel i nowoczesna aparatura 88

Badania odporności korozyjnej w rękach specjalistów 90

Badania korozyjne w rozpylonej solance 92

NOWOŚCI

Nagroda dla zespołu BELSE . Belzona SuperWrap II w Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku 94

Budynek ze stali GreenCoat® 94

Studia Podyplomowe: Wyroby lakierowe. Technologia i zastosowanie 95

Szybka Ścieżka do innowacji jeszcze otwarta! NCBR przeznaczy 300 mln zł na prace badawczo-rozwojowe 95

MATERIAŁY • URZĄDZENIA • TECHNOLOGIE

Wynalazki 96

WYDAWNICTWA

Fitz's Atlas 2 of coating defects, Fitz's Atlas of coating surveys ..... III okł.

PPG We protect and beautify the world™
Infrastructure & Rail
ul. Łużycka 8A
81-537 Gdynia
tel. 58 774 99 00
fax 58 774 99 01
customers@ppg.com

115 lat
1905
2020

Warszawski Dom Technika

jest 115-letnim obiektem zabytkowym o charakterze neobarokowym i neorokokowym z elementami secesji, położonym w centrum Warszawy w pobliżu warszawskiej Starówki.

1905 – oddano do użytkowania Dom Technika (I Kongres Techników)
1913 – konkurs na rozbudowę Domu Technika
1914 – zakończenie rozbudowy (kosztem likwidacji ogrodu i tarasu)
1914-1915 – górne sale DT przeznaczono bezpłatnie na lazaret
1920 – punkt werbunkowy do Armii Ochotniczej
IX.1939 – spłonęły IV i III piętro Domu Technika
1944 – pozostała część Domu Technika podpalona przez Niemców
1945-1947 – odbudowa zniszczeń wojennych w części frontowej DT Efektowne marmurowe schody, parkiety, sztukaterie, pozostają w świetnej kondycji co stanowi wartość historyczną.
12.XII.1947 – I Walny Zjazd Delegatów NOT w odbudowanym DT
1965 – wpisanie WDT na listę zabytków
1968 – oddano do użytku nadbudowane V piętro
1991 – utworzenie Spółki WDT NOT
2003 – modernizacja dużej sali balowo-konferencyjnej
2013 – początek programu rewitalizacji Warszawskiego Domu Technika
2015 – jubileusz 110-rocznicy Domu Technika

Obecnie posiadamy 6 sal mogących pomieścić od 20 do 400 osób w ustawieniu teatralnym lub od 15 do 250 osób w ustawieniu konferencyjnym. Sale wyposażone są w sprzęt audiowizualny, klimatyzację i dostęp do WiFi. Na życzenie przygotowujemy aranżację sali, zapewnimy catering, obsługę techniczną. Nasz doświadczony zespół zatroszczy się o każdy szczegół spotkania.

Warszawski Dom Technika NOT Sp. z o.o.
ul. T. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa
www.wdtnot.pl

tel. +48 22 336 12 23
tel. kom. 729 052 512
izabela.krasucka@wdtnot.pl

IZABELA KUNCE
AGNIESZKA KRÓLIKOWSKA
Instytut Badawczy Dróg i Mostów

DOI: 10.15199/40.2021.3.1

Powłoki malarskie z farb proszkowych na wyrobach stalowych ocynkowanych zanurzeniowo – porównanie wymagań jakościowych GSB i Qualisteelcoat w odniesieniu do normy PN-EN ISO 13438

Powder coatings on hot-dip galvanized steel products – comparison of the quality requirements of GSB and Qualisteelcoat with reference to the PN-EN ISO 13438 standard

Wraz z rozszerzaniem się zastosowania powłok proszkowych w zabezpieczeniach antykorozyjnych, coraz istotniejsze jest określenie i spełnienie przez te wyroby wymagań jakościowych zapewniających odpowiednią do klasy korozyjności środowiska ochronę konstrukcji. Wśród najbardziej rozpoznawalnych i szeroko stosowanych w Europie wymagań jakościowych dla organicznych powłok proszkowych naniesionych na stal ocynkowaną zanurzeniowo należą wymagania stowarzyszeń GSB oraz Qualisteelcoat. W pracy przedstawiono wymagania jakościowe dla powłok proszkowych stosowanych do zabezpieczenia stali ocynkowanych w celu uzyskania certyfikatów jakości GSB i Qualisteelcoat oraz porównano je z wymaganiami normy PN-EN ISO 13438:2013 (Farby i lakiery - Organiczne powłoki z farb proszkowych do ocynkowanych zanurzeniowo lub szerardyzowanych wyrobów stalowych do celów konstrukcyjnych). Z uwagi na duże rozbieżności w rodzaju i czasach trwania przyspieszonych badań starzeniowych określonych w normie PN-EN ISO 13438 oraz zaleceniach GSB i Qualisteelcoat, w pracy przedstawiono wpływ czasu tych badań na stopień degradacji proszkowych systemów duplex na przykładzie powłok: poliestrowej oraz epoksydowo- poliestrowej.
Słowa kluczowe: systemy powłokowe, farby proszkowe, wymagania jakościowe, GSB, Qualisteelcoat

With the increasing use of powder coatings in corrosion protection, it is of high importance that certain quality requirements are defined and fulfilled in order to ensure the protection of the construction in relation to the corrosive environment. Among the most recognized and widely used quality requirements in Europe for organic powder coatings applied to dip galvanized steel are requirements of the GSB and Qualisteelcoat associations. This paper presents the quality requirements for powder coatings applied to protect galvanized steels for GSB and Qualisteelcoat quality certification and compares them with the requirements of PN-EN ISO 13438:2013 (Paints and varnishes - Organic powder coatings for dip galvanized or sheradized steel products for structural purposes). Due to large variability in the type and duration of accelerated ageing tests specified in PN-EN ISO 13438 and GSB as well as Qualisteelcoat recommendations, this paper presents the effect of the time of these tests on the degree of degradation of powder duplex systems on the example of polyester and epoxy-polyester coatings.
Keywords: coating systems, powder coatings, quality requirements, GSB, Qualisteelcoat

1. Wstęp

Powłoki malarskie otrzymane z farb proszkowych są szeroko stosowanym zabezpieczeniem antykorozyjnym elementów aluminiowych oraz stalowych. Mogą one stanowić odrębne zabezpieczenie lub wraz z ochronną powłoką cynkową tworzyć system duplex, w którym powłoka malarska ochrania powłokę cynkową przed szkodliwym wpływem czynników atmosferycznych zwiększając trwałość zabezpieczenia. Ważnym aspektem stosowanych powłok

Mgr inż. Izabela Kunce jest absolwentką Inżynierii Materiałowej na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Od 2019 roku pracuje w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów jako specjalista w Zespole Zabezpieczeń Antykorozyjnych Mostów.

E-mail: ikunce@ibdim.edu.pl

Dr inż. Agnieszka Królikowska jest absolwentką Wydziału Chemii Politechniki Warszawskiej w dziedzinie syntezy organicznej. Pracę doktorską obroniła na Politechnice Gdańskiej w zakresie badań antykorozyjnych powłok lakierowych metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej. Przez wiele lat była kierownikiem pracowni powłok malarskich w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie, obecnie jest kierownikiem zespołu zabezpieczeń antykorozyjnych w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów. Prezes Polskiego Stowarzyszenia Korozyjnego.

E-mail: akrolikowska@ibdim.edu.pl

Otrzymano / Received: 2.02.2021. Przyjęto / Accepted: 3.03.2021

duplex jest także wygląd i kolor pokrycia lakierowego, które uzyskuje się stosując powłoki malarskie dowolnej barwy.

Wymagania jakościowe dla systemów malarskich z farb ciekłych są zawarte w serii norm PN-EN ISO 12944 [1-9]. Normy PN-EN ISO 12944 są jednak ograniczone do materiałów powłokowych, które wysychają lub utwardzają się w warunkach otoczenia. Seria norm PN-EN ISO 12944 w swoim zakresie stosowania wyraźnie wyklucza powłoki proszkowe, emalie piecowe oraz termoutwardzalne materiały powłokowe. Wymagania jakościowe odnośnie powłok proszkowych, będących najczęściej termoutwardzalnym materiałem powłokowym do antykorozyjnego zabezpieczania konstrukcji stalowych są przedmiotem następujących norm lub wymagań:

– PN-EN ISO 13438 Farby i lakiery - Organiczne powłoki z farb proszkowych do ocynkowanych zanurzeniowo lub szerardyzowanych wyrobów stalowych do celów konstrukcyjnych [10],
– PN-EN 15773 Przemysłowe nakładanie organicznych farb proszkowych na wyroby ze stali ocynkowanej zanurzeniowo lub szerardyzowanej (systemy duplex) – Specyfikacje, zalecenia i wskazówki [11],
– wymagania techniczne Qualisteelcoat „Wymagania znaku jakości Qualisteelcoat dla powłok organicznych nakładanych na powierzchnie stalowe" [12],
– specyfikacja GSB ST 663-4 międzynarodowe przepisy jakościowe dotyczące przemysłowego powlekania elementów budowlanych wykonanych ze stali, stali ocynkowanej ogniowo oraz stalowych taśm ocynkowanych metodą ciągłą [13].

Pomimo wykluczenia powłok proszkowych z serii norm PN-EN ISO 12944, kategorie korozyjności wg PN-EN ISO 12944-2/PN-EN ISO 9223 [14] oraz okresy trwałości zabezpieczeń antykorozyjnych wg PN-EN ISO 12944-1 są powszechnie znane i stosowane również w specyfikacjach dotyczących proszkowych systemów malarskich (np. Qualisteelcoat, GSB ST 663-4). Odporność proszkowych systemów malarskich w danym środowisku korozyjnym zależy od materiału podłoża, sposobu obróbki wstępnej (obecności powłok konwersyjnych), zastosowanej powłoki metalowej w systemie duplex (cynkowanie zanurzeniowe jednostkowe, cynkowanie zanurzeniowe w cyklu ciągłym), rodzaju podkładu (np. powłoka elektroforetyczna/ zawierająca cynk/ bezcynkowa), liczby i grubości powłok malarskich w systemie antykorozyjnym.

Na europejskim rynku farb proszkowych stosowanych na powierzchnie stalowe ocynkowane zanurzeniowo, najbardziej rozpoznawalne w branży są znaki jakości uzyskane na podstawie wymagań GSB ST 663-4 oraz Qualisteelcoat. Każda ze specyfikacji, według której wydawane są aprobaty dla systemów malarskich z farb proszkowych, proponuje własny zestaw badań starzeniowych oraz różne czasy trwania tych badań, często wyższe niż w przypadku badania powłok z farb ciekłych wg normy PN-EN ISO 12944-6. Z uwagi na znaczne różnice w rodzaju i warunkach prowadzenia przyspieszonych badań starzeniowych w celu uzyskania danej aprobaty lub znaku jakości, w pracy przedstawiono porównanie wymagań jakościowych GSB ST 663-4 i Qualisteelcoat w odniesieniu do normy PN-EN ISO 13438 oraz wyniki wybranych badań starzeniowych na przykładzie jedno – i dwupowłokowego malarskiego systemu proszkowego, scharakteryzowanego w dalszej części pracy.

2. Wymagania jakościowe wg GSB-ST 663-4, Qualisteelcoat i normy PN-EN ISO 13438

W formie tabel przedstawiono wykaz badań oraz kryteria jakościowe dla powłok proszkowych stosowanych na stal ocynkowaną wg wymagań technicznych GSB ST 663-4 (tabela 1), specyfikacji Qualisteelcoat (tabela 2) oraz normy PN-EN ISO 13438 (tabela 3). Specyfikacja GSB ST 663-4 wyróżnia trzy stopnie jakości powłok proszkowych na stalowych podłożach ocynkowanych w zależności od odporności na promieniowanie UVB: Florida 1, Florida 3&5 i Florida 10. Przy określaniu klas jakości, badane systemy malarskie można poddać badaniom przyspieszonym UVB wg PN-EN ISO 16474-3 lub przedstawić wyniki z akredytowanych badań klimatycznych na Florydzie (po czasie badania odpowiednio 1, 3, 5 lub 10 lat).

W tabeli 4 przedstawiono zestawienie czasów przyspieszonych badań starzeniowych stosowanych w ocenie jakości powłok proszkowych według normy PN-EN ISO 13438 oraz wymagań jakościowych Qualisteelcoat i GSB ST 663-4. Na przykładzie tabeli 4 można zaobserwować, że wśród wymagań technicznych stawianych powłokom z farb proszkowych tylko procedura Qualisteelcoat odnosi czasy badań starzeniowych do klasy korozyjności środowiska wg PN-EN ISO 12944-2/PN-EN ISO 9223. Czasy badań starzeniowych w procedurze Qualisteelcoat są analogiczne jak czasy badań powłok z farb ciekłych wg normy PN-EN ISO 12944-6, co wydaje się być uzasadnione, jeśli wziąć pod uwagę, że przyspieszone badania korozyjne symulują rzeczywiste warunki pracy systemów antykorozyjnych (zarówno systemów zabezpieczających stal, jak i stal ocynkowaną) i ściśle określoną korozyjność atmosfery. Podstawowa różnica w zaprezentowanych wymaganiach technicznych względem powłok proszkowych dotyczy rodzaju zastosowanego w badaniach przyspieszonych medium, na przykład badanie odporności powłok na rozpyloną solankę kwaśną AASS wg PN-EN ISO 9227 [15] jest wymagane tylko wg normy PN-EN ISO 13438. Badanie odporności powłok na atmosferę zawierającą SO_2 nie jest wymagane w procedurze Qualisteelcoat, natomiast jest uwzględnione w wymaganiach GSB ST 663-4 i normie PN-EN ISO 13438. W przypadku oznaczania odporności powłok na promieniowanie z wykorzystaniem laboratoryjnych źródeł światła zaprezentowane w publikacji systemy certyfikacji powłok proszkowych różnią się zastosowaną długością fal promieniowania: fluorescencyjnego z zakresu UV-B (GSB ST 663-4) lub lamp ksenonowych łukowych (Qualisteelcoat, PN-EN ISO 13438).

Czasy badań starzeniowych powłok proszkowych zalecane w analizowanych normach także są bardzo zróżnicowane. I tak, wymagany czas badania odporności powłok na rozpyloną solankę neutralną NSS wg PN-EN ISO 9227 waha się w zależności od procedury od 480 h do 750 h. Z kolei czas badania odporności na działanie wilgotnych atmosfer zawierających SO_2, wynosi 720h (GSB ST 663-4), 240 h (PN-EN ISO 13438) lub badanie to w ogóle nie jest wymagane (Qualisteelcoat). Również czas badania odporności powłok organicznych na wilgoć, w zależności od przyjętej procedury różni się znacząco: od 240 h lub 480 h według procedury Qualisteelcoat dla powłok dedykowanych do pracy w środowisku korozyjnym odpowiednio C3 i C4, do czasu badania na poziomie 1000 h, według normy PN-EN ISO 13438 oraz zaleceń technicznych GSB ST 663-4. W przypadku ozna-

Tabela 1. Wymagania jakościowe stawiane powłokom proszkowym (bez TGIC) na stalach ocynkowanych zanurzeniowo wg GSB ST 663-4
Table 1. Quality requirements for powder coatings (without TGIC) on dip galvanized steels according to GSB ST 663-4

GSB ST 663-4 Edycja sierpień 2020				
TEST/BADANIE	**NORMA LUB PROCEDURA**	**WYMAGANIA- klasa "Florida 1"**	**WYMAGANIA- klasa "Florida 3&5"**	**WYMAGANIA- klasa "Florida 10"**
Grubość powłoki	PN EN ISO 2808	80 – 130 µm (1 powłoka) ≥ 130 µm (2 powłoki)	80 – 130 µm (1 powłoka) ≥ 130 µm (2 powłoki)	80 – 130 µm (1 powłoka) ≥ 130 µm (2 powłoki)
Połysk pod kątem 60°	PN EN ISO 2813	2 ÷ 15 ± 5 GU 16 ÷ 60 ± 10 GU 61 ÷100 ± 15 GU	2 ÷ 15 ± 5 GU 16 ÷ 60 ± 10 GU 61 ÷100 ± 15 GU	2 ÷ 15 ± 5 GU 16 ÷ 60 ± 10 GU 61 ÷100 ± 15 GU
Przyczepność powłoki	PN EN ISO 2409	Stopień 0.	Stopień 0.	Stopień 0.
Odporność na zginanie - Próba zginania na sworzniu cylindrycznym	PN EN ISO 1519	≤ 5 mm Pękanie powłoki: niedozwolone. Brak usuwania powłoki przez tasmę klejącą.	≤ 5 mm Pękanie powłoki: dozwolone. Brak usuwania powłoki przez tasmę klejącą.	≤ 5 mm Pękanie powłoki: dozwolone. Brak usuwania powłoki przez tasmę klejącą.
Test udarności	ASTM D2794 - 10 inch/lbs (1 powłoka) - 20 inch/lbs (2 powłoki)	Pękanie powłoki: niedozwolone. Brak usuwania powłoki przez tasmę klejącą.	Pękanie powłoki: dozwolone. Brak usuwania powłoki przez tasmę klejącą.	Pękanie powłoki: dozwolone. Brak usuwania powłoki przez tasmę klejącą.
Stopień usieciowania (test z Acetonem)	Procedura 6.1 lub 6.2 GSB-ST-7	Brak matowienia lub rozmazywania się powłoki	Brak matowienia lub rozmazywania się powłoki	Brak matowienia lub rozmazywania się powłoki
Odporność na zarysowanie - Metoda stałego obciążenia	PN EN ISO 1518-1	Brak zarysowania do podłoża przy obciążeniu 20N.	Brak zarysowania do podłoża przy obciążeniu 20N.	Brak zarysowania do podłoża przy obciążeniu 20N.
TESTY PRZEPROWADZANE NA SYSTEMIE JEDNOPOWŁOKOWYM				
Odporność na wilgoć (ciągły test kondensacyjny) - 1000 h	PN-EN ISO 6270-2	Spęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 1 mm. Zmiana barwy max. ΔL* 1.	Spęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 1 mm. Zmiana barwy max. ΔL* 1.	Spęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 1 mm. Zmiana barwy max. ΔL* 1.
Test kondensacji w atmosferze SO_2 - 720 h	PN-EN ISO 3231	Spęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 1 mm. Zmiana barwy max. ΔL* 1.	Spęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 1 mm. Zmiana barwy max. ΔL* 1.	Spęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 1 mm. Zmiana barwy max. ΔL* 1.
Przyczepność powłoki na mokro (test gotowania) - 2 h	Procedura 7.5.1 GSB-ST-7 lub wg PN-EN 12206-1	Spęcherzenie 0(S0). Przyczepność: stopień 0/1 (nacięcie krzyżem i usunięcie taśmy).	Spęcherzenie 0(S0). Przyczepność: stopień 0/1 (nacięcie krzyżem i usunięcie taśmy).	Spęcherzenie 0(S0). Przyczepność: stopień 0/1 (nacięcie krzyżem i usunięcie taśmy).
Odporność na oddziaływanie wilgoci - 24 h	Procedura 8.1 GSB-ST-7	Zmiana barwy max. ΔL* 4.	Zmiana barwy max. ΔL* 4.	Zmiana barwy max. ΔL* 3.
Odporność na neutralną mgłę solną (NSS) - 480 h	PN EN ISO 9227	Pęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 5 mm.	Pęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 5 mm.	Pęcherzenie 0(S0). Odwarstwienie d ≤ 5 mm.
Odporność na działanie zaprawy - 24 h	Procedura 8.2 GSB-ST-7	Zmiana barwy max. ΔL* 1.	Zmiana barwy max. ΔL* 1.	Zmiana barwy max. ΔL* 1.
Przyczepność masy uszczelniającej	Procedura 9 GSB-ST-7	Oderwanie adhezyjne: nie dozwolone. Oderwanie kohezyjne: dozwolone.	Oderwanie adhezyjne: nie dozwolone. Oderwanie kohezyjne: dozwolone.	Oderwanie adhezyjne: nie dozwolone. Oderwanie kohezyjne: dozwolone.
Przyspieszony test klimatyczny (odporność na działanie promieniowania lampy fluorescencyjnej UV)- 300 h÷1000 h	PN-EN ISO 16474-3	Czas testu: 300 h Połysk: ponad 50% wartości początkowej.	Czas testu: 600 h Połysk: ponad 50% wartości początkowej.	Czas testu: 1000 h Połysk: ponad 50% wartości początkowej.
Naturalny test klimatyczny (Florida test) - 1÷12 miesięcy	PN-EN ISO 2810	Czast testu: 1 miesiąc Połysk: ponad 50% wartości początkowej.	Czast testu: 3 lub 5 miesięcy Połysk: ponad 50% wartości początkowej.	Czast testu: 12 miesięcy Połysk: ponad 50% wartości początkowej.

czania odporności powłok na promieniowanie z wykorzystaniem laboratoryjnych źródeł światła, czas badania jest zbliżony w przytoczonych wymaganiach i wynosi 1000 h (Qualisteelcoat, PN-EN ISO 13438, GSB ST 663-4 klasa „Florida 10"), natomiast dla systemów w klasie jakości „Florida 3&5" oraz „Florida 1" wg wymagań GSB ST 663-4 czas badania odporności powłok na promieniowanie UV-B jest krótszy i wynosi odpowiednio 600 h i 300 h.

3. Badane systemy malarskie

W celu wykazania różnic w degradacji powłok poddanych przyspieszonym badaniom zgodnie z wymaganiami GSB ST 663-4, Qualisteelcoat oraz normy PN-EN ISO 13438 badania wykonano na próbkach opisanych poniżej.

Panele testowe do badań korozyjnych przygotowano zgodnie z normą PN-EN ISO 13438. Płytki o grubości 1 mm wykonane ze stali ocynkowanej metodą ciągłą (Sendzimira wg PN-EN 10346 [16]) zabezpieczono systemami malarskimi z farb proszkowych do zastosowań zewnętrznych o następujących kodach wg Qualisteelcoat:

– EP-SZ1-12 (chemiczne przygotowanie powierzchni, system 1-powłokowy poliestrowy o grubości specyfikowanej 80 µm),
– EP-SZ2-11 (chemiczne przygotowanie powierzchni, system 2powłokowy epoksydowo- poliestrowy o grubości specyfikowanej 140 µm).

Powłokę malarską w systemie jednopowłokowym stanowiła powłoka poliestrowa (P) bez TGIC (izocyjanuranu triglicydylu) o grubości specyfikowanej 80 µm, sieciowana β-hydroksyalkiloamidem HAA. Jako powłokę gruntującą w systemach dwupowłokowych zastoso-

Tabela 2. Wymagania techniczne stawiane powłokom proszkowym w celu uzyskania licencji Qualisteelcoat
Table 2. Technical requirements for powder coatings to be qualified for a Qualisteelcoat license

Qualisteelcoat Edycja 4.1 – styczeń 2019		
TEST/BADANIE	**NORMA LUB PROCEDURA**	**WYMAGANIA**
Przyczepność powłoki	PN EN ISO 2409	Stopień 0 lub 1.
	PN-EN ISO 16276-1	> 5 MPa
Odporność na uderzenie	PN-EN ISO 6272-1	Brak pęknięć lub odwarstwień powłoki od podłoża.
Grubość powłoki	PN-EN ISO 2808	Średnia arytmetyczna równa lub większa niż grubość wymagana.Wszystkie poszczególne pomiary są równe lub powyżej 80% wymaganych grubości.
Wygląd zewnętrzny	Procedura 6.13 Qualisteelcoat	Nie mogą być widoczne żadne zmarszczki, zacieki, kratery, pęcherze i inne nieregularności powierzchni.
Połysk pod kątem 60°	PN-EN ISO 2813	Niski połysk: 0 ÷ 30 ± 5 GU. Półpołysk: 31 ÷70 ± 7 GU. Wysoki połysk: 71 ÷100 ± 10 GU.
Odporność na działanie zaprawy - 24 h	Procedura 6.17 Qualisteelcoat	Zaprawa musi się łatwo usuwać bez pozostawiania żadnych pozostałości. Brak zmian w wyglądzie lub kolorze powłoki.
Odporność na neutralną mgłę solną (NSS) - 480 h (C3-H), 720 h (C4-H)	PN-EN EN ISO 9227	Pęcherzenie 0(S0), rdzewienie Ri0, pękanie 0(S0), łuszczenie 0(S0), odwarstwienie d ≤ 8 mm (stal ocynkowana), korozja c ≤ 1 mm (dla C5 ≤ 2 mm), przyczepność powłoki: stopień 0 lub 1.
Odporność na wilgoć (ciągły test kondensacyjny) - 1000 h	PN-EN ISO 6270-2	Pęcherzenie 0(S0), rdzewienie Ri0, pękanie 0(S0), łuszczenie 0(S0).
Przyspieszony test klimatyczny (odporność na działanie promieniowania lampy ksenonowej łukowej) - 1000 h	PN-EN ISO 16474-2	Połysk: ponad 50% wartości początkowej (60° wg PN-EN ISO 2813). Zmiana koloru ΔE (wg ISO 11664-4) zgodnie z dopuszczalnymi wartościami ΔE określonymi przez Qualicoat.
Naturalny test klimatyczny (Florida test) - 12 miesięcy	PN-EN ISO 2810	Połysk: ponad 50% wartości początkowej (60° wg ISO 2813). Zmiana koloru ΔE (wg ISO 11664-4) zgodnie z dopuszczalnymi wartościami ΔE określonymi przez Qualicoat.

Tabela 3. Wymagania jakościowe dla organicznych powłok z farb proszkowych do ocynkowanych zanurzeniowo wyrobów stalowych do celów konstrukcyjnych wg PN-EN ISO 13438
Table 3. Quality requirements for organic powder coatings for hot dip galvanized steel products for constructional purposes according to EN ISO 13438

Qualisteelcoat Edycja 4.1 – styczeń 2019		
TEST/BADANIE	**NORMA LUB PROCEDURA**	**WYMAGANIA**
Przyczepność powłoki	PN EN ISO 2409	Stopień 0 lub 1.
	PN-EN ISO 16276-1	> 5 MPa
Odporność na uderzenie	PN-EN ISO 6272-1	Brak pęknięć lub odwarstwień powłoki od podłoża.
Grubość powłoki	PN-EN ISO 2808	Średnia arytmetyczna równa lub większa niż grubość wymagana.Wszystkie poszczególne pomiary są równe lub powyżej 80% wymaganych grubości.
Wygląd zewnętrzny	Procedura 6.13 Qualisteelcoat	Nie mogą być widoczne żadne zmarszczki, zacieki, kratery, pęcherze i inne nieregularności powierzchni.
Połysk pod kątem 60°	PN-EN ISO 2813	Niski połysk: 0 ÷ 30 ± 5 GU. Półpołysk: 31 ÷70 ± 7 GU. Wysoki połysk: 71 ÷100 ± 10 GU.
Odporność na działanie zaprawy - 24 h	Procedura 6.17 Qualisteelcoat	Zaprawa musi się łatwo usuwać bez pozostawiania żadnych pozostałości. Brak zmian w wyglądzie lub kolorze powłoki.
Przyczepność powłoki na mokro (test gotowania) - do 2 h	Procedura 6.15 Qualisteelcoat	Nie więcej pęcherzy niż 2 (S2) zgodnie z ISO 4628-2. Nie może być żadnych uszkodzeń i odwarstwień. Niewielkie zmiany koloru są akceptowane.
Odporność na neutralną mgłę solną (NSS) - 480 h (C3-H), 720 h (C4-H)	PN-EN EN ISO 9227	Pęcherzenie 0(S0), rdzewienie Ri0, pękanie 0(S0), łuszczenie 0(S0), odwarstwienie d ≤ 8 mm (stal ocynkowana), korozja c ≤ 1 mm (dla C5 ≤ 2 mm), przyczepność powłoki: stopień 0 lub 1.
Odporność na wilgoć (ciągły test kondensacyjny) - 1000 h	PN-EN ISO 6270-2	Pęcherzenie 0(S0), rdzewienie Ri0, pękanie 0(S0), łuszczenie 0(S0).
Przyspieszony test klimatyczny (odporność na działanie promieniowania lampy ksenonowej łukowej) - 1000 h	PN-EN ISO 16474-2	Połysk: ponad 50% wartości początkowej (60° wg PN-EN ISO 2813). Zmiana koloru ΔE (wg ISO 11664-4) zgodnie z dopuszczalnymi wartościami ΔE określonymi przez Qualicoat.
Naturalny test klimatyczny (Florida test) - 12 miesięcy	PN-EN ISO 2810	Połysk: ponad 50% wartości początkowej (60° wg ISO 2813). Zmiana koloru ΔE (wg ISO 11664-4) zgodnie z dopuszczalnymi wartościami ΔE określonymi przez Qualicoat.

wano powłokę epoksydową (EP) o grubości 60 µm, natomiast do wytworzenia powłoki nawierzchniowej o grubości 80 µm zastosowano farbę poliestrową (P) bez TGIC. Zgodnie z wymaganiami Qualisteelcoat sposób cynkowania paneli testowych (ogniowy metodą ciągłą) oraz chemiczny sposób obróbki wstępnej podłoża przed malowaniem (fosforanowanie) pozwala na uzyskanie wysokiej trwałości (H) dla systemu 1-powłokowego maksymalnie do klasy korozyjności C3 oraz dla systemu 2-powłokowego do klasy korozyjności C4.

Zastosowana jako powłoka nawierzchniowa farba poliestrowa bez TGIC o podwyższonej odporności na promieniowanie UV i warunki zewnętrzne posiada certyfikat jakości GSB oraz Qualisteelcoat (klasa 1, kategoria 3) na podłożach aluminiowych po odpowiedniej obróbce wstępnej, ale producent informuje, że farba ta jest również dedykowana do pokrywania ocynkowanej stali. W celu zweryfikowania odporności korozyjnej systemów zabezpieczających stal ocynkowaną, opartych na powłokach poliestrowej oraz epoksydo-

Tabela 4. Porównanie czasów badań starzeniowych powłok proszkowych wg wymagań normy PN-EN ISO 13438, wymagań technicznych GSB ST 336-4 i Qualisteelcoat
Table 4. Comparison of aging test times for powder coatings according to EN ISO 13438, GSB ST 3364 and Qualisteelcoat technical requirements

Charakterystyka	Norma	PN-EN ISO 13438	Qualisteelcoat	GSB ST 663-4
Odporność na promieniowanie z wykorzystaniem laboratoryjnych źródeł światła	PN-EN ISO 16474-3 (promieniowanie fluorescencyjne UV)	-	-	- 1000 h UVB klasa „Florida 10” - 600 h UVB klasa „Florida 3&5” - 300 h UVB klasa „Florida 1”
	PN-EN ISO 16474-2 (lampy ksenonowe łukowe)	1000 h	1000 h*	-
Odporność powłok na wilgoć	PN-EN ISO 6270-1 (jednostronna ekspozycja)	1000 h	-	-
	PN-EN ISO 6270-2 (komora ze zbiornikiem wody)	-	- 240 h C3-H - 480 h C4-H	1000 h
Odporność na rozpyloną solankę	PN-EN ISO 9227 (solanka neutralna NSS)	750 h	- 480 h C3-H - 720 h C4-H	480 h
	PN-EN ISO 9227 (solanka kwaśna AASS)	480 h	-	-
Odporności na wilgotne atmosfery zawierające SO_2	PN-EN ISO 3231	10 cykli (240 h)	-	30 cykli (720 h)
Naturalny test klimatyczny (Florida test)	PN-EN ISO 2810	1 rok	1 rok*	- 1 rok klasa „Florida 1” - 3/5 lat klasa „Florida 3&5” - 10 lat klasa „Florida 10”
*C3-H ÷ C5-H w zastosowaniach zewnętrznych				

wo-poliestrowej, oraz wpływu czasu badań starzeniowych wymaganych w różnych systemach certyfikacji wyrobów, panele testowe poddano następującym przyspieszonym badaniom korozyjnym:

- badanie odporności na wilgoć wg PN-EN ISO 6270-1: 1000 h,
- badanie odporności na promieniowanie fluorescencyjne UV wg PN-EN ISO 16474-3: 1000 h,
- badanie odporności na mgłę solną neutralną wg PN-EN ISO 9227: 750 h,
- badanie odporności na mgłę solną kwaśną wg PN-EN ISO 9227: 480 h,
- badanie odporności na wilgotną atmosferę zawierającą SO_2: 240 h.

Dodatkowo, w celu zweryfikowania szczelności powłok organicznych po badaniach starzeniowych, panele testowe poddano analizie z wykorzystaniem spektroskopii impedancyjnej. Pomiary wykonywano przy użyciu zestawu pomiarowego do badań układów wysoko-impedancyjnych Iviumstat w układzie trójelektrodowym, w roztworze 3% chlorku sodu i w zakresie częstotliwości od 10^5 Hz do 10^{-2} Hz, zgodnie z normą PN-EN ISO 16773-2. Elektrodą roboczą była badana próbka, przeciwelektrodą siatka platynowa, a elektrodą odniesienia elektroda kalomelowa. Po zakończeniu każdego badania starzeniowego powłok zebrano widma impedancyjne i dobrano obwody zastępcze do zarejestrowanych widm. Wartość logarytmu modułu impedancji powłoki wskazuje na sumę właściwości ochronnych systemu malarskiego tj. im wyższa wartość modułu impedancji tym większe właściwości barierowe systemu malarskiego. Wartości logarytmu impedancji dla częstotliwości 0,1 Hz poniżej 6 świadczą o niskich właściwościach barierowych systemów antykorozyjnych.

4. Wyniki badań

W tabeli 5 przedstawiono podsumowanie wyników badań starzeniowych powłok z farb proszkowych i z farb ciekłych oraz określono, czy dany system spełnia wymaganie jakościowe według różnych kryteriów, przy założeniu pozytywnego wyniku testu w warunkach naturalnych wg PN-EN ISO 2810.

Badanie odporności powłok proszkowych na ciągłą kondensację pary wodnej wg PN-EN ISO 6270-1 [17] wykazało, że proszkowy system dwupowłokowy o oznaczeniu EP-SZ2-11 wykazuje odporność na wilgoć na poziomie 1000 h, co odpowiada najdłuższemu czasowi ekspozycji określonemu w wymaganiach PNEN ISO 13438 oraz GSB-ST 663-4, przy czym standard GSB-ST 663-4 i Qualisteelcoat wymaga prowadzenia badania zgodnie z normą PN-EN ISO 6270-2 w warunkach stałej kondensacji [18]. Różnica pomiędzy badaniami odporności powłoki na wilgoć opisanymi w częściach 1 i 2 normy PN-EN ISO 6270 polega na różnym sposobie prowadzenia badania starzeniowego. Zgodnie z pierwszą częścią normy, panel testowy jest umieszczany nad łaźnią wodną w taki sposób, że na jednej ze stron panelu pod wpływem oddziaływania ogrzanej do temperatury T=38±2°C, nasyconej mieszaniny pary wodnej i powietrza, zachodzi kontrolowana kondensacja. Badanie zgodnie z drugą częścią normy PN-EN ISO 6270 w atmosferze o stałej wilgotności (test CH/CC ang. Constant Humidity/ Constant Condensation) jest przeprowadzane w paroszczelnych komorach ze zbiornikiem na wodę. Nad łaźnią umieszcza się panele testowe, na których w temperaturze T=40±3°C kondensuje się para wodna. Biorąc pod uwagę zbliżone warunki starzenia wg PN-EN ISO 6270-1 i PN-EN ISO 6270-2 CC (odpowiednio w temperaturze T=38±2°C i T=40±3°C; RH≈100%) uznano, że otrzymane wyniki badań odporności na wilgoć można ze sobą porównywać. System proszkowy jednopowłokowy o oznaczeniu EP-SZ1-12 po ekspozycji na kondensację pary wodnej w czasie 1000 h wykazywał stopnień spęcherzenia powłoki wg PN-EN ISO 4628-2 [19] na poziomie 3(S2) oraz brak odpowiedniej przyczepności powłoki do podłoża. Zniszczeń tego typu nie obserwowano po czasie badania wymaganym przez Qualisteelcoat (240 h: klasa korozyjności C3-H, 480 h: klasa korozyjności C4-H), równoważnym z wymaganym czasem badania powłok z farb ciekłych wg PN-EN ISO 12944-6. System EP-SZ1-12, dedykowany do zastosowań w środowisku korozyjnym C3 nie wykazywał objawów zniszczeń nawet po czasie 480 h.

Badane systemy proszkowe charakteryzują się odpornością na promieniowanie fluorescencyjne UV-A na poziomie 1000 h ekspozycji, Jest to czas wymagany przez GSB ST 663-4. Do tego czasu nawierzchniowe powłoki poliestrowe w systemach proszkowych wykazują się stabilnością barwy i dopuszczalnym poziomem ubytku połysku, poniżej 50% wartości początkowej. Zaprezentowane w publikacji systemy certyfikacji powłok proszkowych wymagają zastosowania promieniowania fluorescencyjnego z zakresu UV-B (GSB ST 663-4) lub lamp ksenonowych łukowych (Qualisteelcoat, PN-EN ISO 13438), które w najwierniejszy sposób odzwierciedlają naturalne promieniowanie słoneczne. Według norm PN-EN ISO 16474-3 [20] oraz PN-EN ISO 4892-3 [21] promieniowanie generowane przez lampy UV-A jest zalecane do badania większości materiałów polimerowych, ponieważ w lepszy sposób koreluje z promieniowaniem słonecznym niż promieniowanie z lamp UV-B. Fale z zakresu niższych długości z widma lamp UV-B mogą, choć

Tabela 5. Podsumowanie wyników badań starzeniowych powłok z farb proszkowych
Table 5. Summary of aging test results of powder coatings according to different quality requirements

WYNIK BADANIA KLASYFIKUJĄCEGO: CZY SYSTEM SPELNIA WYMAGANIA TECHNICZNE (T/N)		
BADANIE	KLASA KOROZYJNOŚCI C3-H	KLASA KOROZYJNOŚCI C4-H
	EP-SZ1-12	EP-SZ2-11
ODPORNOŚĆ NA WILGOĆ (PN-EN ISO 6270-1/PN EN ISO 6270-2 CC)		
PN-EN ISO 13438: 1000 h	NIE	TAK
QUALISTEELCOAT: 240/480 h	TAK	TAK
GSB ST 663-4: 1000 h	NIE	TAK
ODPORNOŚĆ NA PROMIENOWANIE FLUORESCENCYJNE UV (PN- EN ISO 16474-3)		
GSB ST 663-4: 1000 h	TAK	TAK
ODPORNOŚĆ NA MGŁĘ SOLNĄ NEUTRALNĄ NSS (PN-EN ISO 9227)		
PN-EN ISO 13438: 750 h	NIE	TAK
QUALISTEELCOAT: 480/720 h	TAK*	TAK
GSB ST 663-4: 480 h	TAK*	TAK
ODPORNOŚĆ NA MGŁĘ SOLNĄ KWAŚNĄ AASS (PN-EN ISO 9227)		
PN-EN ISO 13438: 480 h	TAK	TAK
ODPORNOŚĆ NA ATMOSFERĘ ZAWIERAJĄCĄ SO_2 (PN-EN ISO 3231)		
PN-EN ISO 13438 - 240 h	TAK	TAK

*ocena pozytywna na podstawie braku zniszczeń powłoki wokół rysy i nad rysą wg PN-EN ISO 4628 (bez oceny stopnia odwarstwienia powłoki i skorodowania wokół rysy) oraz na podstawie poprawnej impedancji powłoki po 750 h testu

nie muszą, powodować szybszą degradację wiązań i w rezultacie dawać niemiarodajne wyniki badań. Promieniowanie UV-A charakteryzuje się wyższą energią promieniowania spektralnego niż UV-B (UV-A 0,83 W/m^2/nm dla 340 nm, UV-B 0,71 W/m^2/nm dla 310 nm [20]), dlatego z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że powłoki proszkowe badane z wykorzystaniem promieniowania UV-A wykazałyby się odpornością na promieniowanie UV-B do czasu 1000 h, zgodnym z wymaganiami GSB-ST 663-4 dla powłok najwyższej klasy „Florida 10".

Badania odporności powłok proszkowych na neutralną mgłę solną NSS wg PN-EN ISO 9227 wykazało, że system proszkowy 2-powłokowy zapewnia odpowiedni poziom ochrony podłoża do czasu 750 h, zgodnie z najdłuższym wymaganym czasem badania wg PN-EN ISO 13438. W przypadku systemu proszkowego 1-powłokowego, po czasie badania zgodnym z PN-EN ISO 13438 dwa z trzech paneli testowych wykazywały zbyt duży stopień spęcherzenia wg PN-EN ISO 4628-2, mimo, że badanie impedancyjne nie wykazało jeszcze procesów korozji podpowłokowej lub nieszczelności powłoki. Na podstawie wyników impedancji powłoki EP-SZ1-12 po czasie 750 h testu NSS, oraz braku spęcherzenia na wcześniejszych etapach badania, można stwierdzić, że system ten wykazuje odporność na rozpyloną solankę do czasu 480 h wymaganego przez Qualisteelcoat oraz GSB.

Badanie wg normy PN-EN ISO 9227 prowadzone w atmosferze kwaśnej mgły solnej AASS w czasie 480 h na powłokach z farb proszkowych wykazało ich odporność na zastosowane warunki starzenia.

Na podstawie badania odporności na wilgotne atmosfery zawierające ditlenek siarki wg PN-EN ISO 3231 [22] w czasie 240 h (10 cykli) ustalono, że badane systemy proszkowe spełniają to kryterium jakościowe, zgodne z normą PN-EN ISO 13438. Badanie wg PN-EN ISO 3231 nie jest wymagane w ocenie jakościowej powłok z farb ciekłych wg PN-EN ISO 12944-6.

5. Podsumowanie wyników badań i wnioski

W pracy przedstawiono wyniki przyspieszonych badań starzeniowych powłok proszkowych przeprowadzonych zgodnie z różnymi standardami jakości: GSB ST 663-4, Qualisteelcoat i PN-EN ISO 13438. Różnice w wymaganych czasach przyspieszonych badań korozyjnych są na tyle znaczące, że testowany jednopowłokowy system poliestrowy (EP/SZ1/12) naniesiony na stal ocynkowaną zanurzeniowo metodą ciągłą, miałyby szansę otrzymać pozytywną ocenę tylko według niektórych wymagań jakościowych (przy założeniu pozytywnego wyniku testu w warunkach naturalnych wg PN-EN ISO 2810 [23]). System proszkowy EP/SZ1/12 nie otrzymałby certyfikatu zgodności z wymaganiami normy PN-EN ISO 13438 oraz GSB ST 663-4 (z powodu niewystarczającej odporności na wilgoć w czasie 1000 h), ale spełnia wymagania Qualisteelcoat. System proszkowy dwupowłokowy spełnia wymagania jakościowe zarówno GSB ST 663-4, Qualisteelcoat, jak i wymagania zawarte w normie PN-EN ISO 13438.

Przedstawione w artykule różne wymagania jakościowe stawiane powłokom proszkowym nasuwają pytanie o odniesienie ich do rzeczywistych narażeń korozyjnych, które oddziałują na zabezpieczenia konstrukcji stalowych i zostały usystematyzowane w normie PN-EN 12944-2 w postaci podziału na klasy korozyjności środowiska. Wśród wymagań jakościowych stawianych powłokom proszkowym, tylko wymagania Qualisteelcoat odnoszą czasy badań odporności na wilgoć i neutralną mgłę solną do klas korozyjności środowiska i są tożsame z czasami badań dla powłok z farb ciekłych określonymi w normie PN-EN ISO 12944-6, co wydaje się być podejściem w pełni uzasadnionym. Pozostałe wymagania jakościowe, zwłaszcza odporności powłok na wilgoć, zawarte w procedurze GSB ST 6634 oraz normie PN-EN ISO 13438 są bardziej restrykcyjne niż określone w normie PN-EN ISO 12944-6 dla powłok z farb ciekłych. Procedury te wymagają także przeprowadzenia dodatkowych badań, na przykład testu odporności na wilgotne atmosfery zawierające SO_2 i rozpyloną kwaśną solankę AASS, co może wynikać z niskiej grubości powłok proszkowych względem powłok z farb ciekłych i tym samym mniejszych zdolności barierowych dla kwaśnego środowiska ale nie znalazło potwierdzenia w naszych badaniach; żaden z badanych systemów nie został wykluczony przez negatywne wyniki w tych badaniach przyspieszonych.

Norma PN-EN ISO 12944-6 nie obejmuje swoim zakresem powłok termoutwardzalnych, lecz fakt, że stawia ogólne wymagania odnośnie odporności korozyjnej systemom antykorozyjnym niezależnie od rodzaju żywicy i mechanizmu sieciowania zastosowanych farb, powoduje, że uzasadnione wydaje się rozszerzenie tych wymagań na wszystkie malarskie systemy antykorozyjne, łącznie z proszkowymi. Podobne stanowisko ma odzwierciedlenie w procedurze Qualisteelcoat oraz materiałach informacyjnych producentów farb proszkowych o metodach testowania ich powłok, np. IGP [24] lub Eldon [25].

Certyfikaty jakości wyrobów malarskich są wydane przez stowarzyszenia, cieszące się od wielu lat zaufaniem producentów farb, inwestorów, wykonawców i inspektorów jakości. Są one stale uaktualniane zgodnie z najnowszą wiedzą, wynikami badań i doświadczeniem specjalistów działających w obszarze zabezpieczeń antykorozyjnych. Standardy jakości mogą być podstawą do ustalenia warunków jakościowych powłok proszkowych i systemu gwarancji, udzielanej przez wykonawców systemów proszkowych. Trzeba mieć jednak na uwadze, że za każdym certyfikatem jakości, kryją się inne wymagania jakościowe ustalone przez dany standard. W pracy, na przykładzie praktycznym przedstawiono, jak różnice w wymaganej długości przyspieszonych badań starzeniowych, mogą wpłynąć na ostateczną ocenę powłok proszkowych.

BIBLIOGRAFIA

[1] PN-EN ISO 12944-1:2018-01 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich - Część 1: Ogólne wprowadzenie

[2] PN-EN ISO 12944-2:2018-02 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich - Część 2: Klasyfikacja środowisk

[3] PN-EN ISO 12944-3:2018-02 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów powłokowych - Część 3: Zasady projektowania

[4] PN-EN ISO 12944-4:2018-02 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich - Część 4: Rodzaje powierzchni i sposoby przygotowania powierzchni

[5] PN-EN ISO 12944-5:2020-03 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich - Część 5: Ochronne systemy malarskie

[6] PN-EN ISO 12944-6:2018-03 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich - Część 6: Laboratoryjne metody badań właściwości

[7] [7] PN-EN ISO 12944-7:2018-01 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów powłokowych - Część 7: Wykonywanie i nadzór prac malarskich

[8] [8] PN-EN ISO 12944-8:2018-01 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów powłokowych - Część 8: Opracowanie dokumentacji dotyczącej nowych prac i renowacji

[9] PN-EN ISO 12944-9:2018-03 Farby i lakiery - Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich - Część 9: Ochronne systemy malarskie i laboratoryjne metody badań właściwości dla konstrukcji eksploatowanych na pełnym morzu i podobnych konstrukcji

[10] PN-EN ISO 13438:2013 Farby i lakiery - Organiczne powłoki z farb proszkowych do ocynkowanych zanurzeniowo lub szerardyzowanych wyrobów stalowych do celów konstrukcyjnych

[11] PN-EN 15773:2009 Przemysłowe nakładanie organicznych farb proszkowych na wyroby ze stali ocynkowanej zanurzeniowo lub szerardyzowanej (systemy duplex) – Specyfikacje, zalecenia i wskazówki

[12] Wymagania techniczne Qualisteelcoat „Wymagania znaku jakości Qualisteelcoat dla powłok organicznych nakładanych na powierzchnie stalowe" wersja 4.1 – styczeń 2019

[13] Specyfikacja GSB ST 663-4 Międzynarodowe przepisy jakościowe dotyczące przemysłowego powlekania elementów budowlanych - Aprobata dla materiałów powłokowych stosowanych na aluminium, stal i stal ocynkowaną, Wydanie 15.09.2020

[14] PN-EN ISO 9223:2012 Korozja metali i stopów - Korozyjność atmosfer – Klasyfikacja, określanie i ocena

[15] PN-EN ISO 9227:2017-06 Badania korozyjne w sztucznych atmosferach – Badania w rozpylonej solance

[16] PN-EN 10346:2015-09 Wyroby płaskie stalowe powlekane ogniowo w sposób ciągły do obróbki plastycznej na zimno - Warunki techniczne dostawy

[17] PN-EN ISO 6270-1:2018-02 Farby i lakiery - Oznaczanie odporności na wilgoć - Część 1: Kondensacja (jednostronna ekspozycja)

[18] PN-EN ISO 6270-2:2018-02 Farby i lakiery - Oznaczanie odporności na wilgoć - Część 2: Kondensacja (ekspozycja w komorze z podgrzewanym zbiornikiem wody)

[19] PN-EN ISO 4628-2:2016-03 Farby i lakiery - Ocena zniszczenia powłok - Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie - Część 2: Ocena stopnia spęcherzenia

[20] PN-EN ISO 16474-3:2014-02 Farby i lakiery - Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła - Część 3: Lampy fluorescencyjne UV

[21] PN-EN ISO 4892-3:2016-04 Tworzywa sztuczne - Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła - Część 3: Lampy fluorescencyjne UV

[22] PN EN ISO 3231:2000 Farby i lakiery - Oznaczanie odporności na wilgotne atmosfery zawierające ditlenek siarki

[23] PN EN ISO 2810:2015 Farby i lakiery - Powłoki w naturalnych warunkach atmosferycznych -Ekspozycja i ocena

[24] https://www.igp-powder.com/pim/storage/815/documents/web_igp_korroprimer_mappe_p_pl.pdf

[25] https://www.eldon.com

[26] Powołania normatywne w tabelach, nieprzywołane w tekście:

[27] PN-EN ISO 2808:2020-01 Farby i lakiery - Oznaczanie grubości powłoki

[28] PN-EN ISO 2813:2014-11 Farby i lakiery - Oznaczanie wartości połysku pod kątem 20 stopni, 60 stopni i 85 stopni

[29] PN-EN ISO 2409:2013-06 Farby i lakiery - Badanie metodą siatki nacięć

[30] PN EN ISO 1519:2012 Farby i lakiery - Próba zginania (sworzeń cylindryczny)

[31] PN-EN ISO 1518-1:2019-07 Farby i lakiery - Oznaczanie odporności na zarysowanie -Część 1: Metoda stałego obciążenia

[32] ASTM D2794 Standard Test Method for Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact)

[33] PN-EN 12206-1:2005 Farby i lakiery - Powłoki na aluminium i na stopy aluminium dla budownictwa - Część 1: Powłoki z farb proszkowych

[34] PN-EN ISO 3668:2002 Farby i lakiery -Wzrokowe porównywanie barwy farb

[35] PN EN ISO 11664-4:2019-08 Kolorymetria - Część 4: Przestrzeń barw CIE 1976 L*a*b*

MAŁGORZATA ZUBIELEWICZ
EWA LANGER
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Oddział Farb i Tworzyw, Gliwice

DOI: 10.15199/40.2021.3.2

Modyfikacja wodnych farb na pokrycia dachowe pod kątem poprawy estetyki wymalowania i zachowania współczynnika odbicia promieniowania słonecznego

Modification of waterborne cool-roof coatings to improve their aesthetics and maintaining the solar reflectance

Omówiono modyfikację wodnych farb odbijających promieniowanie słoneczne w kierunku ograniczenia tendencji do brudzenia się powłok. Jako środki modyfikujące zastosowano trzy różne woski: sferyczny mikronizowany wosk poliolefinowy powlekany PTFE, wodną emulsję wosku PTFE i wodną emulsję wosku PE/PTFE oraz mikrosfery ze szkła borokrzemowego i borowo-krzemowo-sodowo-wapniowego. Stwierdzono, że wszystkie zastosowane dodatki zmniejszyły tendencję powłok do brudzenia się pod wpływem czynników atmosferycznych, a jednocześnie zwiększyły wartość TSR, przy czym najlepsze wyniki uzyskano w przypadku wosku poliolefinowego powlekanego PTFE i mikrosfer ze szkła borowo-krzemowo-sodowo-wapniowego. W czasie 18 miesięcznych badań w warunkach naturalnych nagromadzone na powłokach zanieczyszczenia powodują zmniejszenie współczynnika TSR, ale po umyciu powłoki odzyskują swoje początkowe właściwości odbijające. Narażenie powłok na działanie UV (sztuczne starzenie, brak zanieczyszczeń) w czasie odpowiadającym w przybliżeniu 24 miesiącom ekspozycji w warunkach naturalnych nie spowodowało zmiany wartości TSR.
Słowa kluczowe: farby do malowania dachów, powłoki odbijające promieniowanie słoneczne, całkowity współczynnik odbicia promieniowanie słonecznego, laboratoryjne i terenowe badania starzeniowe

Modification of waterborne solar reflective paints to reduce the tendency to soiling is discussed. Three different waxes were used as modifying agents: spherical micronized polyolefin wax coated with PTFE, water emulsion of PTFE wax and water emulsion of PE/PTFE wax as well as two types of microspheres made of borosilicate glass and boron-silicon-sodium-calcium glass. It was found that all the additives used reduced the tendency of the coatings to soiling due to weathering and at the same time increased the TSR value. The best results were obtained with PTFE coated polyolefin wax and boron-silicon-sodium-calcium glass microspheres.
During 18 months of testing in natural conditions, the contaminations accumulated on the coatings reduced the TSR value, but after washing the original reflective properties of coatings were recovered. No changes in TSR were observed when the coatings were exposed to UV (artificial aging, no pollution) in the period corresponding approximately to 24 months of exposure under natural conditions.
Keywords: cool-roof coatings, total solar reflectance, laboratory and natural aging tests

1. Wprowadzenie

Programy obniżenia skutków nagrzewania się powierzchni pod wpływem promieniowania słonecznego, w celu likwidacji tzw. miejskich wysp ciepła (*urban heat-island*) i obniżenia emisji CO_2, znane są już od ponad 20 lat. Na podstawie wyników prac wykonanych w Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) [1] zaproponowano metodę zwiększenia albedo obszarów miejskich przez zastosowanie powłok lakierowych, które poza tradycyjnymi właściwościami dekoracyjnymi i ochronnymi podłoża charakteryzują się wysokim współczynnikiem odbicia promieniowania słonecznego (TSR – *total solar reflectance*) dzięki zastosowaniu odpowiedniej pigmentacji [2–16]. Powłoki odbijające promieniowanie słoneczne, zastosowane na dachach lub elewacjach, przeciwdziałają skutkom nagrzewania się powierzchni obiektów i ich wnętrz,

dr hab. inż. Małgorzata Zubielewicz pracuje w Laboratorium Badań i Technologii Farb i Lakierów Oddziału Farb i Tworzyw w Gliwicach Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników. Zajmuje się głównie badaniami właściwości powłok ochronnych w zależności od środowiska i składu wyrobu lakierowego oraz opracowywaniem technologii zabezpieczeń przeciwkorozyjnych obiektów eksploatowanych w różnych środowiskach. Jest autorką/współautorką ponad 100 publikacji w krajowych i zagranicznych czasopismach naukowo-technicznych i ponad 100 referatów. Jest również redaktorem naczelnym miesięcznika „Ochrona przed Korozją" oraz członkiem Zarządu Federation of Associations of Technicians for Industry of Paints in European Countries (FATIPEC).

E-mail: m.zubielewicz@impib.pl

dr inż. Ewa Langer w roku 2005 ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Od 2005 r. pracuje w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników w Toruniu, w Oddziale Farb i Tworzyw w Gliwicach, w zakładzie technologii wyrobów lakierowych. W roku 2012 obroniła pracę doktorską na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Zainteresowania naukowe: powłoki samorozwarstwiające się, badania właściwości fizykochemicznych wyrobów lakierowych.

E-mail: e.langer@impib.pl

Otrzymano / Received: 25.01.2021. Przyjęto / Accepted: 27.02.2021

dzięki czemu zwiększa się efektywność energetyczna budynków co powoduje obniżenie nakładów na chłodzenie i pośrednio wpływa na zmniejszenie strat energii wynikających z przeciążenia sieci energetycznych. Na podstawie pomiarów wykonanych w kilku południowych stanach USA stwierdzono, że „zimne dachy" pozwalają na dzienne oszczędności energii zużywanej na klimatyzację i zmniejszenie mocy w godzinach szczytu sięgające od 10 do 30% [17]. Dane z Japonii [18] wskazują, że oszczędności w zużyciu energii na klimatyzację dzięki zastosowaniu powłok o wysokim współczynniku odbicia szacowane są na około 1,6 kWh dziennie.

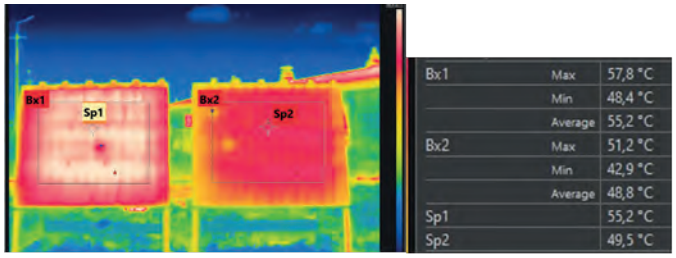
Likwidacja miejskich wysp ciepła nad aglomeracjami miejskimi wpływa również na poprawę czystości powietrza i obniżenie zawartości ozonu troposferycznego, głównego składnika smogu. Ograniczenie nagrzewania się powierzchni zwiększa również trwałość materiałów dzięki zmniejszeniu szybkości chemicznych reakcji rozkładu, a także poprawia komfort mieszkańców.

Preferowanym rozwiązaniem w technologiach otrzymywania powłok odbijających w bliskiej podczerwieni jest stosowanie złożonych barwnych pigmentów nieorganicznych (CICP – *complex inorganic colour pigments*) umożliwiających otrzymanie powłoki kryjącej, o wymaganej barwie. CICP charakteryzują się nadzwyczajną stabilnością barwy, odpornością na chemikalia, rozpuszczalniki organiczne i temperaturę, nie „krwawią" i nie migrują w powłokach. Pod względem chemicznym stanowią syntetyczne tlenki metali o strukturze tożsamej z występującymi w przyrodzie minerałami: rutylem (TiO_2), hematytem/korundem (Fe_2O_3/Al_2O_3) i spinelem ($MgAl_2O_4$). Pigmenty odbijające IR, z grupy CICP, są tak zaprojektowane, że niezależnie od barwy zapobiegają nagrzewaniu się powierzchni, stąd zakres ich stosowania wciąż rozszerza się: począwszy od dobrze znanych farb maskujących, wyrobów lakierowych do wnętrz samochodów, materiałów na trybuny stadionów i miejsca parkingowe, po farby ognioodporne. Szczególną dziedziną stosowania są powłoki i materiały przeznaczone na „zimne dachy" i elewacje magazynowe.

Powłoki stosowane na materiały dachowe i elewacyjne powinny wykazywać nie tylko wysoki, ale również niezmieniający się w czasie współczynnik odbicia promieniowania słonecznego, co wiąże się z użyciem spoiw wykazujących dobrą odporność na działanie światła i czynników atmosferycznych. W USA przyjęto, że materiały dachowe mogą być znakowane logo EnegyStar, programu stworzonego przez Environmental Protection Agency (EPA) w 1992 r. do promowania oszczędności energii na zasadzie dobrowolności, jeżeli zmiana współczynnika odbicia po trzech latach eksploatacji nie będzie większa niż 10% dla ciemnych dachów wysokospadowych i 15% dla jasnych niskospadowych [14].

W przypadku farb na pokrycia dachowe czy elewacyjne dużą wagę przykłada się do estetyki wymalowania, do zachowania barwy i ewentualnie połysku, jak również do mniejszej tendencji do brudzenia się pod wpływem zanieczyszczeń obecnych w danym środowisku. Osiadające na powłokach zanieczyszczenia nie tylko pogarszają estetykę, ale również zmniejszają współczynnik odbicia światła słonecznego większości materiałów stosowanych na pokrycia dachowe [16, 19–27]. Zabrudzenie jest wynikiem osadzania się atmosferycznych cząstek stałych, ale także rozwoju mikroorganizmów, które pochłaniają światło słoneczne. Badania wykazały, że przyczyną obniżenia współczynnika odbicia są pyły, głównie cząstki sadzy [19, 20], promieniowanie UV, mikroorganizmy, gromadzenie się biomasy, kwaśne deszcze, wilgoć. Dlatego powłoki do pokrywania dachów powinny odznaczać się nie tylko dobrymi właściwościami ochronnymi i dużym współczynnikiem TSR, ale również trwałymi walorami dekoracyjnymi i małą tendencją do brudzenia się, co sprzyja zachowaniu niezmienionej wartości współczynnika odbicia.

W 2011 r. w „Ochronie przed Korozją" ukazał się artykuł dotyczący rozpuszczalnikowych farb odbijających promieniowanie słoneczne [6]. W niniejszej publikacji omówiono farby wodne przeznaczone



Rys. 1. Temperatura nagrzewania się powierzchni (im jaśniejszy odcień tym wyższa temperatura): po lewej – handlowa farba do malowania dachów, po prawej – farba odbijająca promieniowanie słoneczne

Fig. 1. Surface heating temperature (the lighter shade the higher temperature): on the left – a commercial paint for roofs, on the right – a solar radiation reflective paint

głównie do malowania dachów. Jednym z wymagań dla powłok z farb wodnych na pokrycia dachowe z blach profilowanych jest bardzo dobra giętkość, zachowana również przy ujemnych temperaturach i w warunkach naprzemiennego działania wysokich i niskich temperatur. Warunek ten spełniają dyspersje polimerowe o niskiej temperaturze przejścia szklistego (T_g), poniżej 0°C, które jednocześnie – jako materiały termoplastyczne – łatwo ulegają zabrudzeniu. Może to powodować w miarę upływu czasu ekspozycji w środowisku naturalnym nie tylko pogorszenie estetyki tych pokryć, ale przede wszystkim spadek właściwości odbijających promieniowanie słoneczne i efektywności energetycznej [19–27]. Tak więc spoiwa tego typu oferują bardzo dobre właściwości mechaniczne, ale ich zasadniczą wadę stanowi tendencja do brudzenia się.

Zazwyczaj powłoki farb dyspersyjnych mają większą tendencję do adsorpcji zanieczyszczeń niż powłoki farb rozpuszczalnikowych. Wpływ spoiwa na tendencję powłok farb do brudzenia determinowany jest przede wszystkim jego polarnością, temperaturą przejścia szklistego, morfologią, gęstością usieciowania. Spoiwa o hydrofobowych właściwościach, takie jak dyspersje styrenowo-akrylowe są bardziej odporne na brudzenie niż bardziej hydrofilowe spoiwa akrylowe. Modyfikacja polimetylosiloksanem spoiw opartych na kopolimerach akrylowych znacznie zwiększa ich hydrofobowość i poprawia odporność na brudzenie [19].

Poprawę odporności na brudzenie się można uzyskać również dzięki dodatkowi różnego rodzaju substancji hydrofobowych [28–30], np. wosków [31]. Wcześniejsze badania prowadzone w Instytucie wykazały, że korzystny wpływ na zmniejszenie tendencji do powstawania plam jest substytucja wypełniaczy mineralnych mikrosferami szklanymi. Mikrosfery szklane oprócz doskonałych właściwości termoizolacyjnych odznaczają się zdolnością do tworzenia stabilnych dyspersji i poprawiają właściwości mechaniczne powłok polimerowych [32–39]. W niniejszej pracy omówiono wpływ wosków i mikrosfer szklanych na odporność na brudzenie się oraz na zmianę TSR powłok wodnej farby do malowania dachów, o barwie szarej RAL 7040, w czasie narażenia na czynniki atmosferyczne.

2. Część doświadczalna

2.1. Próbki do badań

Przedmiotem badań były farby o właściwościach odbijających promieniowanie słoneczne, przeznaczone na pokrycia dachowe, które zostały opracowane w Instytucie w ramach wcześniej realizowanych projektów. Celem prac była modyfikacja farb w kierunku ograniczenia tendencji do brudzenia się powłok dzięki zastosowaniu odpowiednich zmian recepturowych. Próbki do badań stanowiły farby odbijające promieniowanie słoneczne (rys. 1) składające się z: wodnej dyspersji akrylowej o minimalnej temperaturze tworzenia filmu (MFFT) 0°C, pigmentów CICP i barwiących, wypełniacza (mikrotalk)

i środków pomocniczych (dyspergujących, odpieniających, biobójczych, modyfikujących właściwości reologiczne). Jako środki mające na celu zmniejszenie tendencji powłok do brudzenia się zastosowano trzy różne rodzaje wosków: sferyczny, mikronizowany wosk poliolefinowy powlekany PTFE, wodną emulsję wosku PTFE i wodną emulsję wosku PE/PTFE oraz dwa rodzaje mikrosfer szklanych. Charakterystykę zastosowanych w pracy wosków i mikrosfer podano w tabeli 1.

Do zdyspergowania i homogenizacji składników próbek farb wykorzystano mieszadło szybkobieżne firmy IKA-Werke z regulowaną prędkością obrotową do 2000 obr./min. Powłoki do badań przygotowano na płytkach stalowych o wymiarach 10 cm x 15 cm, nakładając metodą natrysku pneumatycznego dwie warstwy farby w odstępach 24 godzin. Średnia grubość powłok wynosiła 155 µm. Rodzaj dodatku mającego na celu zmniejszenie tendencji do brudzenia się powłok i oznakowanie próbek farb podano w tabeli 2.

2.1. Metody badań

Sporządzone próbki farb bez i z dodatkiem środków mających na celu zmniejszenie tendencji powłok do brudzenia się poddano następującym badaniom:

– oznaczenie lepkości metodą Brookfielda wg [40],
– oznaczenie gęstości metodą piknometryczną wg [41],
– oznaczenie energii powierzchniowej wg [42],
– oznaczenie TSR.

Energię powierzchniową powłok oznaczono zgodnie z metodą Owena-Wendta, mierząc kąt zwilżania θ dwoma cieczami pomiarowymi – wodą (ciecz polarna) i dijodometanem (ciecz niepolarna) – za pomocą goniometru typ G10 firmy Krüss GmbH. Wartości kątów zwilżania posłużyły do obliczenia energii powierzchniowej (γ_s) z jej składowymi dyspersyjną (γ_s^d) oraz polarną (γ_s^p): $\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p$.

Charakterystyki widmowe powłok wyznaczono w zakresie promieniowania słonecznego 200–2500 nm, stosując spektrofotometr dwuwiązkowy UV/VIS/NIR V-670 z kulą całkującą, Jasco. Całkowity współczynnik odbicia promieniowania słonecznego (TSR) obliczono zgodnie z [43], z wykorzystaniem opracowanego programu obliczeniowego.

Powłoki eksponowano 2 lata w naturalnych warunkach atmosferycznych na stacji badawczej na terenie Ł-IMPiB w Gliwicach, zgodnie z [44] oraz 500 h w komorze z fluorescencyjnymi lampami UV wg [45], stosując lampy UVA 340 i cykl: 4 godz. UV/60°C + 4 godz. kondensacji/50°C. Przed, w czasie i po zakończeniu ekspozycji na stacji terenowej oraz po zakończeniu badań przyspieszonych w komorze z lampami UV oznaczono TSR powłok, w celu określenia czy starzenie powłok w warunkach atmosferycznych wpływa na zmianę współczynnika odbicia. W trakcie badań w warunkach naturalnych oznaczono tendencję powłok do brudzenia się na podstawie zmiany współrzędnej barwy L* (jasności) w układzie CIELab. W badaniach omówionych w [18, 21, 32, 29, 46, 47] wykazano silną korelację pomiędzy zmianą współrzędnej barwy ΔL* a wizualną oceną zabrudzenia i przyjęto, że ta wielkość jest odpowiednia do ilościowego wyrażenia tendencji powłok do zabrudzenia, według równania: ΔL* (zabrudzenie) = L* (wartość początkowa) – L* (wartość po zabrudzeniu). Nie stwierdzono natomiast korelacji między zabrudzeniem a zmianą połysku i całkowitą zmianą barwy ΔE.

Barwę powłok (współrzędną L*) oznaczano, stosując spektrofotometr X-Rite 968 o geometrii pomiarowej 0/45°, przy zastosowaniu źródła światła/obserwatora C/2°. Pomiary wykonano na powłokach bezpośrednio po zdjęciu próbek ze stacji terenowej oraz po umyciu za pomocą miękkiej gąbki z użyciem wody z detergentem i po wysuszeniu. Różnicę w jasności między powłoką nienarażoną na czynniki atmosferyczne a powłoką eksponowaną na stacji terenowej przyjęto jako miarę tendencji do brudzenia się.

3. Omówienie wyników badań

Dodatek do farby wosków i mikrosfer szklanych spowodował wzrost wartości swobodnej energii powierzchniowej powłok, jak również wartości kątów zwilżania w porównaniu z powłoką bez dodatków (F0) (tabela 3, rys. 2). Zwiększenie kąta zwilżania wodą świadczy o dużej hydrofobowości wszystkich zmodyfikowanych wyrobów lakierowych, co sugerowałoby mniejszą podatność powłok na brudzenie w porównaniu do powłoki bez dodatków.

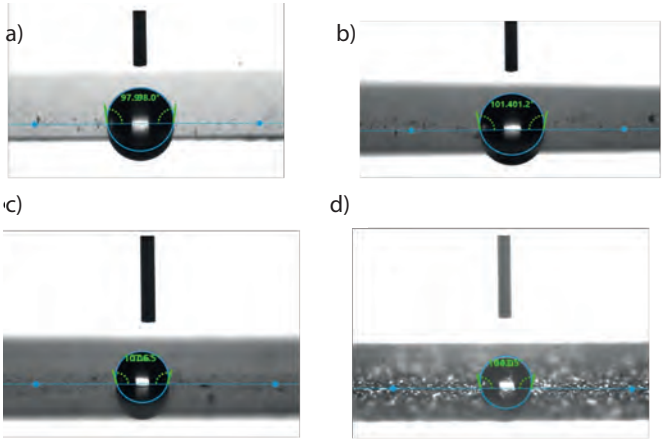
Na podstawie badań powłok na dachy prowadzonych z uwzględnieniem normy ASTM D 7897 [48] – z zastosowaniem lamp UVA 340 wg cyklu: 4 h UV/60°C; 4 h kondensacji/50°C – przyjęto, że 60 h ekspozycji w komorze (8 cykli) odpowiada w przybliżeniu 3 miesiącom ekspozycji w warunkach naturalnych, a 250 h (37 cykli) – 12 miesiącom [47]. W niniejszej pracy badania wpływu symulowanych warunków atmosferycznych prowadzono w komorze QUV w takich samych warunkach, jak podane w [46], przez 500 h, a więc dwa razy dłużej. Można więc przyjąć, że czas trwania badań przyspieszonych odpowiada ok. 24 miesiącom ekspozycji w warunkach naturalnych.

Tabela 1. Charakterystyka wosków i mikrosfer szklanych
Table 1. Characteristics of waxes and glass microspheres

Właściwość	Rodzaj wosków			Rodzaj mikrosfer szklanych	
	poliolefinowy powlekany PTFE	PTFE	PE/PTFE	szkło borokrzemowe	szkło borowo-krzemowo-sodowo-wapniowe
Postać	mikronizowany biały proszek	35% wodna emulsja	35% wodna emulsja	mikrosfery szklane	
pH	–	8–8,5	6–8	–	–
Gęstość, g/cm^3	1,10	1,49–1,51	0,98	0,11 (nasypowa)	0,11–0,14 (nasypowa)
Rozrzut wielkości cząstek o średnicy poniżej, µm					
d_{10}	5	–	4	4–5	–
d_{50}	< 4	9–10,5	5,5–7,5	9–11	5,5–7,5
d_{98}	< 10	≤ 5	18	19–21	18

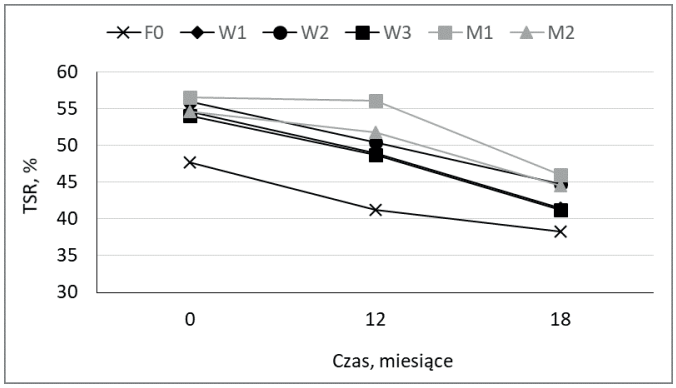
Tabela 2. Charakterystyka i oznakowanie próbek farb
Table 2. Composition and marking of paint samples

Oznakowanie	F0	W1	W1	W3	M1	M2
Rodzaj dodatku	–	Woski			Mikrosfery szklane	
		poliolefinowy powlekany PTFE	PTFE	PE/PTFE	szkło borokrzemowe	szkło borowo-krzemowo-sodowo-wapniowe



Rys. 2. Kąty zwilżania wodą dla powłok: a) F0, b) W1, c) W3, d) M2

Fig. 2. Water contact angles for coatings: a) F0, b) W1, c) W3, d) M2



Rys. 3. Porównanie zmiany wartości TSR w czasie badań przyspieszonych i w warunkach naturalnych (powłoki nieumyte)

Fig. 3. Comparison of changes in TSR values during accelerated test and test in natural conditions (unwashed coatings)

Po 12 miesiącach ekspozycji na stacji terenowej w Gliwicach wartość TSR mierzona na powłokach nieumytych, bezpośrednio po zdjęciu próbek ze stacji terenowej, zmniejszyła się w porównaniu z wyjściową w przypadku wszystkich powłok, za wyjątkiem receptury M1 zawierającej mikrosfery ze szkła borokrzemowego (tabela 4, rys. 3). Po 18 miesiącach ekspozycji wartość TSR zmniejszyła się w większym stopniu niż po roku; dla próbek W1, W2, M1 i M2 do porównywalnego poziomu, najbardziej dla próbki W3 (tabela 4, rys. 3). Po umyciu powłok wszystkie wartości TSR powróciły do wyjściowych, co świadczy o tym, że powłoki w czasie narażenia na czynniki atmosferyczne nie tracą swoich właściwości odbijających, a tym samym zdolności do zmniejszania nagrzewania się pomalowanych powierzchni – wystarczy je tylko umyć ze słabo przylegającego brudu.

Wartości TSR otrzymane po 500 h badań odporności powłok na czynniki atmosferyczne w warunkach laboratoryjnych są zgodne z uzyskanymi dla powłok, po ich umyciu, po 18 miesiącach ekspozycji w warunkach naturalnych (tabela 4, rys. 4). Powłoki zachowują zdolność do ochrony pomalowanej powierzchni przed nadmiernym nagrzewaniem się pod wpływem promieniowania słonecznego, pod warunkiem usunięcia zanieczyszczeń.

Biorąc pod uwagę cały, 18 miesięczny okres ekspozycji powłok na stacji terenowej można stwierdzić, że wszystkie dodatki zmniejszyły tendencje powłok do brudzenia się (tabela 5, rys. 5). Najmniejszą tendencję do brudzenia wykazuje powłoka zawierająca wosk poliolefinowy powlekany PTFE (próbka W1), a następnie powłoka zawierająca mikrosfery ze szkła borowo-krzemowo-sodowo-wapniowego (próbka M2). Powłoki z drugim rodzajem mikrosfer – ze szkła borokrzemowego – (próbka M1) i z 35% wodną emulsją PTFE (próbka W2) wykazują podobne właściwości pod względem zmniejszania tendencji do brudzenia się, natomiast odporność na zabrudzenia powłoki z dodatkiem 35% emulsji PE/PTFE jest najmniejsza (próbka W3). Do roku ekspozycji wpływ wszystkich dodatków do badanych farb na tendencję powłok do brudzenia się jest podobny.

Zdolność zastosowanych substancji do zmniejszania podatności powłok na brudzenie się zależy nie tylko od zmiany swobodnej energii powierzchniowej i kąta zwilżania – wartości tych parametrów są podobne dla wszystkich dodatków – ale również od ich budowy chemicznej oraz modyfikacji struktury powłoki – jej rozwinięcia czy mikroporowatości.

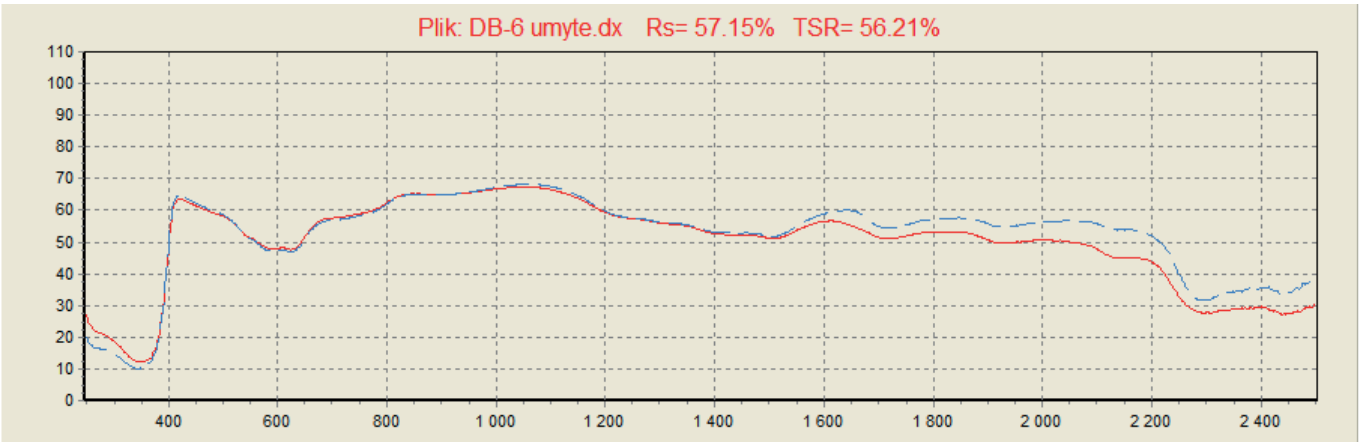
Z wyników ze stacji pomiarowej umiejscowionej w Gliwicach na ul. Mewy wynika, że średnia ilość pyłu zawieszonego w okresie od stycznia do grudnia 2020 r., czyli w końcowym okresie eksponowania próbek na stacji terenowej, wynosiła 26,8 $\mu g/m^3$ i nie została przekroczona dopuszczalna ilość PM10 wynosząca 50 $\mu g/m^3$. Chwilowe maksymalne stężenie PM10 powyżej normy odnotowano w lutym (53 $\mu g/m^3$), marcu (77 $\mu g/m^3$), kwietniu (53 $\mu g/m^3$), we wrześniu (52 $\mu g/m^3$), w listopadzie (106 $\mu g/m^3$) i grudniu (109 $\mu g/m^3$). W drugiej połowie roku 2020 chwilowe przekroczenie ilości pyłu w atmosferze było większe niż w pierwszej, stąd może wynikać większe zabrudzenie powłok w ostatnim półroczu ekspozycji próbek.

Tabela 3. Właściwości farb i powłok
Table 3. Properties of paints and coatings

Właściwość	Symbol próbki					
	F0	W1	W2	W3	M1	M2
pH	8,4	8,5	8,8	8,5	8,9	8,5
Gęstość, g/cm^3	1,28	1,32	1,34	1,32	1,15	1,04
Zawartość składników nielotnych, % m/m	65,3	65,3	65,5	65,5	60,5	56,5
Połysk, kąt 85°, stopień	43,0	22,0	21,3	21,4	7,5	6,8
Energia powierzchniowa, mN/m^2	27,6	25,0	24,3	24,6	25,1	24,6
Kąt zwilżania wodą, wartość średnia θ, °	97,8	101,4	104,6	107,6	103,3	103,3
Kąt zwilżania dijodometanem, wartość średnia θ, °	63,8	67,4	68,5	67,5	67,6	68,8

Tabela 4. Wartości TSR przed i po narażeniu na warunki atmosferyczne
Table 4. TSR values before and after exposure to weather conditions

Próbka	Wartość TSR, %					
	W warunkach naturalnych					W warunkach laboratoryjnych
	Przed	Po 12 miesiącach ekspozycji		Po 18 miesiącach ekspozycji		Po 500 h QUV (ok. 2 lat w warunkach naturalnych)
		Próbki nieumyte	Próbki umyte	Próbki nieumyte	Próbki umyte	
F0	47,68	41,24	47,48	38,26	47,39	47,52
W1	54,61	48,89	54,68	41,50	54,44	54,39
W2	55,92	50,44	55,25	44,80	55,11	55,94
W3	54,06	48,76	51,38	41,20	53,26	54,02
M1	56,51	56,10	56,64	46,00	56,21	56,58
M2	54,62	51,78	54,60	44,53	54,01	54,52

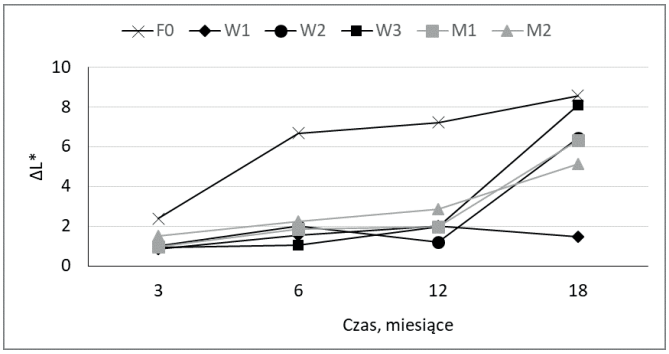


Objaśnienia: linia czerwona – próbka M1 po 18 miesiącach na stacji terenowej, TSR = 56,21%; linia niebieska – próbka M1 po 500 h w komorze UV, TSR = 56,52%

Rys. 4. Porównanie zmiany wartości TSR w warunkach laboratoryjnych i naturalnych/Fig. 4. Comparison of changes in TSR values in laboratory and natural conditions

Tabela 5. Podatność na brudzenie się powłok w czasie ekspozycji w warunkach naturalnych
Table 5. Susceptibility to soiling of coatings during exposure in natural conditions

Próbka	F0	W1	W2	W3	M1	M2
L* przed ekspozycją	72,48	72,59	73,27	72,78	72,79	69,02
ΔL* po 3 miesiącach ekspozycji w warunkach naturalnych						
Próbka nieumyta	2,38	0,83	1,0	0,94	0,97	1,52
Próbka umyta	1,15	0,12	0,15	0,44	0,16	0,97
ΔL* po 6 miesiącach ekspozycji w warunkach naturalnych						
Próbka nieumyta	6,67	1,55	2,01	1,04	1,86	2,25
Próbka umyta	4,17	0,91	1,12	0,77	0,9	0,63
ΔL* po 12 miesiącach ekspozycji w warunkach naturalnych						
Próbka nieumyta	7,20	2,01	1,19	1,95	1,96	2,86
Próbka umyta	4,53	0,85	0,85	0,95	0,65	0,69
ΔL* po 18 miesiącach ekspozycji w warunkach naturalnych						
Próbka nieumyta	8,55	1,47	6,42	8,07	6,33	5,11
Próbka umyta	4,93	0,39	1,09	1,58	0,4	0,59



Rys. 5. Tendencja powłok do brudzenia się (zmiana jasności) pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych

Fig. 5. Tendency of coatings for soiling (change of brightness) due to atmospheric pollutants

4. Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że wszystkie dodatki zastosowane do farby odbijającej promieniowanie słoneczne zwiększyły kąt zwilżania powłok, a tym samym poprawiły ich odporność na brudzenie się w porównaniu z powłoką farby bez dodatków. Dodatki te zwiększyły również całkowity współczynnik odbicia (TSR).

Spośród zastosowanych wosków w największym stopniu odporność powłok na zabrudzenia poprawił wosk poliolefinowy powlekany PTFE, a spośród mikrosfer – mikrosfery ze szkła borowo-krzemowo-sodowo-wapniowego. Zdolność różnego rodzaju substancji do zmniejszania podatności powłok na brudzenie się zależy nie tylko od modyfikacji swobodnej energii powierzchniowej i kąta zwilżania, ale również od budowy chemicznej danej substancji i jej wpływu na strukturę powierzchni powłoki, np. zmniejszenie mikroporowatości.

Istnieje ścisła zależność między stopniem zabrudzenia powłok, a spadkiem wartości TSR. Po umyciu powłoki odzyskują wyjściową wartość TSR, a tym samym zdolność do zmniejszania nagrzewania się pomalowanych powierzchni. Ze względu na małą swobodną energię powierzchniową zabrudzenia słabo przylegają do powierzchni powłok i łatwo dają się usunąć. Samo działanie promieniowania UV nie zmienia wartości TSR, co widać po badaniach przyspieszonych w komorze z fluorescencyjnymi lampami UV.

Wpływ starzenia, a zwłaszcza gromadzących się na powierzchni zanieczyszczeń, na właściwości optyczno-radiacyjne powłok na pokrycia dachowe jest bardzo istotny, należy więc go wziąć pod uwagę przy opracowywaniu receptur farb o dużym współczynniku odbicia promieniowania słonecznego, aby uzyskać pokrycie o niezmiennej w czasie wartości TSR i trwałych walorach dekoracyjnych. Powłoki farb do malowania dachów, jak również innych powierzchni, powinny być łatwe do czyszczenia i zdolne do jak najdłuższego zachowania swojego początkowego współczynnika odbicia światła słonecznego.

BIBLIOGRAFIA

[1] Akbari Hashem, Surabi Menon, Artur Rosenfeld. 2009. "Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO_2". *Climatic Change* 94 : 275–286.

[2] Levinson Ronnen, Paul Berdahl, Hashem Akbari. 2005. "Solar spectral optical properties of pigments—Part I: model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements". *Solar Energy Materials and Solar Cells* 89, 4 : 319–349.

[3] Levinson Ronnen, Paul Berdahl, Hashem Akbari. 2005. „Solar spectral optical properties of pigments—Part II: survey of common colorants". *Solar Energy Materials and Solar Cells* 89, 4 : 351–389.

[4] Zubielewicz Małgorzata, Elżbieta Kamińska-Tarnawska. 2009. „Powłoki odbijające promieniowanie słoneczne". Ochrona przed Korozją 52, 4–5 : 106–109.

[5] Zubielewicz Małgorzata, Elżbieta Kamińska-Tarnawska, Anna Ślusarczyk, Ewa Langer. 2011. "Prediction of heat build-up of solar reflecting coatings based on physico-chemical properties of complex inorganic colour pigments (CICP)". *Progress in Organic Coatings*, 72 : 65–72.

[6] Zubielewicz Małgorzata, Elżbieta Kamińska-Tarnawska. 2011. „Powłoki lakierowe o dużym współczynniku odbicia promieniowania słonecznego – nagrzewanie się powierzchni właściwości ochronne i trwałość". *Ochrona przed Korozją* 53, 9 : 536–541.

[7] Zubielewicz Małgorzata Elżbieta Kamińska-Tarnawska. 2011. „Powłoki organiczne odbijające promieniowanie słoneczne". *Przemysł Chemiczny* 90, 12 : 2183–2189.

[8] Zubielewicz Małgorzata, Elżbieta Kamińska-Tarnawska, Larisa A. Sakharova, Dmitry A. Kulikov, Eugene A. Indeikin. 2012. „Making keeping cool easier. Reflective properties, heat build-up and durability of coatings with IR-reflective pigments". *European Coatings Journal* 1 : 24–28.

[9] Kuczyńska Helena, Krzysztof Bortel, Elżbieta Kamińska-Tarnawska, Ewa Langer. 2016. „Organiczne powłoki na „zimne dachy" do pasywnego chłodzenia budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej". *Ochrona przed Korozją* 59 1s/A : 52–59.

[10] Brady Robert F., Jr., Liudsay V. Wake. 1992. „Principles and formulations for organic coatings with tailored infrared properties". *Progress in Organic Coatings* 20 : 1–25.

[11] Miller William, Kenneth T. Loye, Andre Desjarlais, Hashem Akbari, Scott Kriner, Stephen Wiel, Ronnen Levinson, Robert G. Scichili, Paul Berdahl. 2004. „Special infrared reflective pigments make a dark roof reflect almost like a white roof". Conference Proceeding by Ashrae.

[12] Coser Eliane, Vicente Froes Moritz, Arno Krenzinger, Carlos Arthur Ferreira. 2015. „Development of paints with infrared radiation reflective properties". *Polímeros* 25, 3 : 305–310, 2015.

[13] Bendiganavale Ashwini K., Vinod C. Malshe. 2008. „Infrared Reflective Inorganic Pigments". *Recent Patents on Chemical Engineering* 1, 67 : 67–79.

[14] Akbari Hashem, Ronnen Levinson. 2008. „Evolution of Cool-Roof Standards in the US". *Advances in Building Energy Research* 2 : 1–32.

[15] Hideki Takebayashi, Chihiro Yamada. 2015. „Field Observation of Cooling Energy Savings Due to High-Reflectance Paints". *Buildings* 5 : 310–317.

[16] Synnefa Afroditi, Matthaios Santamouris, Iro Livada. 2006. „A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment". *Solar Energy* 80 : 968–981.

[17] Sandoval Robert W., Tyler J. Bell, Mary Jane Hibben, Mike WildmanExterior „Durability in All-Acrylic Architectural Gloss Coatings: Gloss Retention and Dirt-pickup Resistance" http:https://www.epscca.com/opencms/export/sites/epscca/galleries/pdfs/articles/Waterborne_Symposium_Paper_2017_Sandoval_Final.pdf.

[18] Aoyama Taizo, Takeshi Sonoda, Hideki Takebayashi. 2020. „Study on the Accelerated Aging Test Method in the Development of a Self-Cleaning Topcoat for Cool Roofs". *Atmosphere* 11, 605 : 1–23.

[19] Levinson Ronnen, Paul Berdahl, Asmeret Asefaw Berhe, Hashem Akbari. 2005. „Effects of soiling and cleaning on the reflectance and solar heat gain of light-colored roofing membrane". *Atmospheric Environment* 39 : 7807–7834.

[20] Berdahl Paul, Hashem Akbari, L.S. Rose. 2002. „Aging of reflective roofs: soot deposition". *Applied Optics* 41 : 2355–2360.

[21] Mastrapostoli Elena, Matthaios Santamouris, Dionysia Kolokotsa, Perdikatsis Vassilis, Danae Venieri, Kostas Gompakis. 2016. „On the ageing of cool roofs: Measure of optical degradation, chemical and biological analysis and assessment of the energy impact". *Energy and Buildings* 114 : 191–199.

[22] Sleiman Mohamad, Thomas Kirchstetter, Paul Berdah at. al. 2014. „Soiling of building envelope surfaces and its effect on solar reflectance – Part II: Development of an accelerated aging method for roofing materials". *Solar Energy Materials and Solar Cells* 122 : 271–281.

[23] Sleiman Mohamad, Thomas Kirchstetter, Paul Berdah at. al. 2015. „Soiling of building envelope surfaces and its effect on solar reflectance – Part III: Development of an accelerated aging method for roofing materials". *Solar Energy Materials and Solar Cells* 143 : 581–590.

[24] Sleiman Mohamad, George Ban-Weiss , Haley E. Gilbert, David Francois, Paul Berdahl, Thomas W. Kirchstetter, Hugo Destaillats, Ronnen Levinson 2011. „Soiling of building envelope surfaces and its effect on solar reflectance—Part I: Analysis of roofing product databases". *Solar Energy Materials and Solar Cells* 95 : 3385–3399.

[25] Berdahl Paul, Hashem Akbari, Ronnen Levinson, William A. Miller. 2008. „Weathering of roofing materials – An overview". *Construction and Building Materials* 22 : 423–433.

[26] Revel Gian Marco, Milena Martarelli, Miguel Ángel Bengochea, Ana Gozalbo at al. 2013. „Nanobased coatings with improved NIR reflecting properties for building envelope materials: Development and natural aging effect measurement". *Cement and Concrete Composites* 36 : 128–135.

[27] Paolini Riccardo, Michele Zinzi, Tiziana Poli, Emiliano Carnielo, Andrea Giovanni Mainini. 2014. „Effect of ageing on solar spectral reflectance of roofing membranes: Natural exposure in Roma and Milano and the impact on the energy needs of commercial buildings". *Energy and Buildings* 84 : 333–343.

[28] Kubota Hiroshi, TakakazuYamane. 2002. „Development of high stain resistant coating: hydrophilic clear coat which is apllicable to wet on wet base coat". *JSAE Review* 23, 2 : 271–277.

[29] Nakaya Tomoki. 1996 „Development of a staining preventive coating for architecture". *Progress in Organic Coatings* 27 : 173–180.

[30] Chauhan Pooooam, Aditya Kumar, Bharat Bhusha. 2019. „Self-cleaning, stain-resistant and anti-bacterial superhydrophobic cotton fabric prepared by simple immersion technique". *Journal of Colloid and Interface Science* 535, 1 : 66–74.

[31] MdSalih Nurulazirah, Uda Hashim, Nayan Nafarizal, Chin Fong Soon, Mohd Zainizan Sahdan. 2014. „Surface Tension Analysis of Cost-Effective Paraffin Wax and Water Flow Simulation for Microfluidic Devic". *Advanced Materials Research* 832 : 773–777.

[32] Hu Yan, Wang Yuanhao, Zhenguo An, Jingjie Zhang, Yang Hongxing. 2016. „The super-hydrophobic IR-reflectivity TiO_2 coated hollow glass microspheres synthesized by soft-chemistry method". *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 98 : 43–49.

[33] Ninel M. Bobkova,E. E. Trusova,V. V. Savchin, E. N. Sabadakha, Yu. G. Pavlyukevich. 2020. „Obtaining hollow glass microspheres and their use in the production of water-dispersion coatings". *Glass and Ceramics* 76, 11–12 : 401–405.

[34] Bich Nam Jung, DongHo Kang, Solmi Cheon, Jin Kie Shim, Sung Wook Hwa. 2019.

[35] „The addition effect of hollow glass microsphere on the dispersion behavior and physical properties of polypropylene/clay nanocomposites". *Journal of Applied Polymer Science* 36, 14 : 1–12.

[36] Nityanshu Kumar, Shubham Mireja, Vinay Khandelwal, Byravan Arun, Gaurav Manik. 2017. „Light-weight high-strength hollow glass microspheres and bamboo fiber based hybrid polypropylene composite: A strength analysis and morphological study". *Composites Part B: Engineering* 109 : 277–285.

[37] Sahu Prasanna Kumar, Prakash A. Mahanwar, Vaishali. A. Bambole. 2013. „Effect of hollow glass microspheres and cenospheres on solution properties of coating. *Pigment and Resin Technology* 42, 4 : 223–230.

[38] Dawei Zhang, Haiyang Li, Hongchang Qian, Luntao Wang, Xiaogang Li. 2016. „Double layer water-borne heat insulation coatings containing hollow glass microspheres (HGmS)". *Pigment and Resin Technology* 45, 5 : 346–353.

[39] Dombrovsky Leonid, Harifidy Randrianalisoa, Dominique Baillis, Harifidy Randrianalisoa. 2007. „Infrared radiative properties of polymer coatings containing hollow microspheres". *International Journal of Heat and Mass Transfer* 50 : 1516–1527.

[40] Sandin O., J. Nordin, M. Jonsson. 2017. „Reflective properties of hollow microspheres in cool roof coatings". *Journal Coatings Technology and Research* 14, 4 : 817–821.

[41] PN-ISO 2555:1999 – Tworzywa sztuczne – Polimery w stanie ciekłym, w postaci emulsji lub dyspersji – Oznaczanie lepkości pozornej metodą Brookfielda.

[42] PN-EN ISO 2811-1:2016 Farby i lakiery – Oznaczanie gęstości – Część 1: Metoda piknometryczna.

[43] PN-EN ISO 19403-2:2020-08 Farby i lakiery – Zwilżalność – Część 2: Oznaczanie swobodnej energii powierzchniowej stałych powierzchni poprzez pomiar kąta zwilżania.

[44] ASTM E903 Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres.

[45] PN-EN ISO 2810:2005 Farby i lakiery. Powłoki w naturalnych warunkach atmosferycznych. Ekspozycja i ocena.

[46] PN-EN ISO 16474-3:2014-02 Farby i lakiery – Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła – Część 3: Lampy fluorescencyjne UV.

[47] Zhou Shuxue, Yang Yang, Tao Wang, Hongyu Chen. 2017. „A novel adsorption method to simulate the dirt pickup performance of organic coatings". *Journal of Coatings Technology and Research*, published online: 27 September 2017.

[48] Takebayashi Hideki. „Research on the Urban Heat Islands (UHI) Effect: Current Status and Future Development". Test Navi Report 19, vol. 85 : 1–8.

[49] ASTM D7897-15 Standard Practice for Laboratory Soiling and Weathering of Roofing Materials to Simulate Effects of Natural Exposure on Solar Reflectance and Thermal Emittance.

PPG

Tank Lining NOVAGUARD™ 840

ul. Łużycka 8A
81-537 Gdynia
tel. 58 774 99 00
fax 58 774 99 01
customers@ppg.com

ŁUKASZ RADOSIŃSKI
ALEKSANDRA PORĘBSKA
MACIEJ ROSIŃSKI
Novasell sp. z o. o., ul. Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław

Systemy biernego zabezpieczenia ogniochronnego konstrukcji stalowych na polskim rynku budowlanym

Passive fire protection systems for steel structures on the Polish construction market

Słowa kluczowe: korozja, farba pęczniejąca, środowisko, aplikacja
Keywords: corrosion, intumescent paint, environment, application

1. Zasady i normy prawne zabezpieczenia elementów stalowych

W pożarze rozwiniętym konstrukcja stalowa już po kilku minutach traci nośność ogniową, tzn. zdolność konstrukcji do przeniesienia obciążenia bez utraty właściwości nośnych. Utrzymanie wymaganej nośności stali w przypadku powstania pożaru możemy uzyskać poprzez zabezpieczenie jej farbami pęczniejącymi, płytami ogniochronnymi bądź też metodą natrysku zapraw ogniochronnych.

W wykazie Polskich Norm, do których odsyła Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, przy projektowaniu konstrukcji wymienione są Eurokody. W przypadku farb pęczniejących do ochrony konstrukcji stalowych w celu określenia warunków termicznych konstrukcji stalowej wykorzystuje się Eurokod 3 – Projektowanie konstrukcji stalowych (PN-EN 1993) [1].

Na podstawie tych wytycznych definiuje się klasy odporności ogniowej, korzystając z następujących parametrów:

R – nośność ogniowa (w minutach),

E – szczelność ogniowa (w minutach),

I – izolacyjność ogniowa (w minutach).

Z punktu widzenia zabezpieczenia właściwości nośnych konstrukcji stalowej najważniejszym parametrem jest nośność ogniowa R. Ponieważ stal jest materiałem niepalnym, ale dobrym przewodnikiem cieplnym, po przekroczeniu określonej temperatury staje się plastyczna. Temperaturą przy której element traci swoje właściwości nośne nazywamy temperaturą krytyczną, a nośność ogniową definiujemy jako czas mierzony w minutach potrzebny na to, aby stal wystawiona na działanie temperatury utraciła swoje właściwości nośne. Dynamika uzyskania temperatury krytycznej w elemencie zasadniczo zależy od:

– stopnia obciążenia konstrukcji,

– współczynnika masywności konstrukcji oraz współczynnika ekspozycji,

– ilości ciepła doprowadzanego z pożaru,

– przewodności cieplnej stali,

– grubości powłoki warstwy izolacyjnej.

Typowymi wartościami klasy odporności ogniowej są R15, R30, R60, R90, R120 i w przypadkach skrajnych R240.

Bierną izolację ogniową konstrukcji stalowej można uzyskać dzięki zastosowaniu izolacji reaktywnej aktywowanej temperaturą oraz niereaktywnej (np. wełna mineralna, masy natryskowe, płyty ognioochronne). Z uwagi na estetykę, czas i koszt wykonania, odporność na warunki atmosferyczne częściej stosowanym rozwiązaniem są reaktywne farby pęczniejące.

Systemy biernego zabezpieczenia ogniochronnego, oprócz zapewnienia termoizolacyjności na wypadek pożaru, muszą również zapewnić ochronę przed ciągłym narażeniem na warunki środowiskowe, zwłaszcza wilgoć, zasolenie, promieniowanie UV. Malarski system biernego zabezpieczenia elementu stalowego musi więc spełniać wiele wymogów, aby skutecznie chronić powierzchnię zarówno od narażenia ogniowego, jak i korozyjnego. Z tego powodu systemy malarskie składają się najczęściej z kilku warstw, z których każda pełni odmienną rolę.

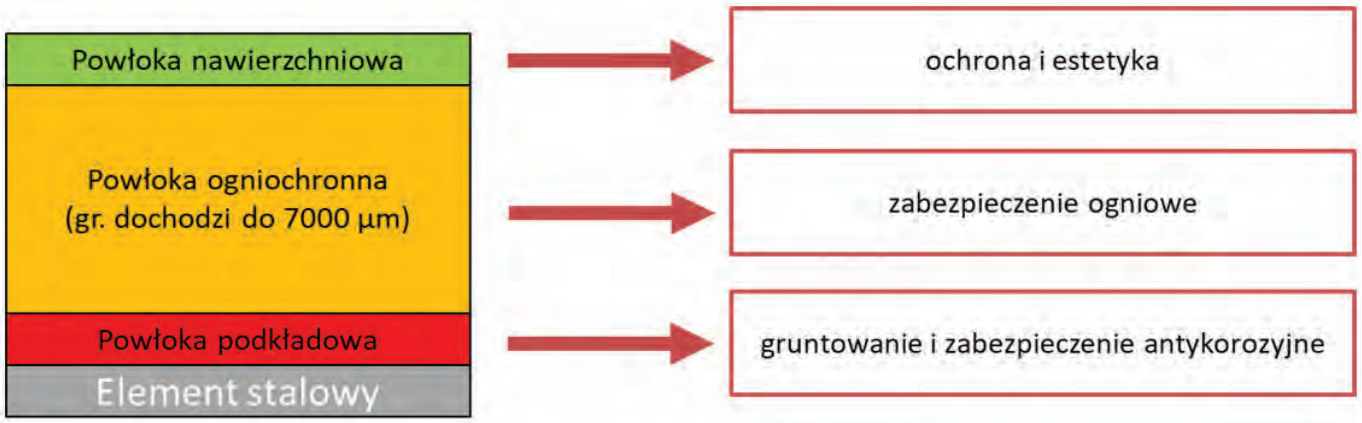
Typowym układem jest system trójwarstwowy składający się z powłoki gruntowej, międzywarstwy pęczniejącej oraz powłoki nawierzchniowej (rys. 1). Grubość całego systemu waha się od kilkuset do kilku tysięcy mikrometrów.

2. Mechanizm działania farby pęczniejącej

Jak wspomniano wcześniej, farby pęczniejące są najczęściej wykorzystywanym systemem biernego zabezpieczenia przeciwpożarowego. Farba poprzez sukcesywne spęcznienie, inicjowane i modulowane temperaturą środowiska pożarowego pęcznieje, w wyniku czego powstaje porowata struktura węglowa o niskiej przewodności cieplnej izolująca termicznie powierzchnię.

Receptura klasycznych farb pęczniejących [2] opiera się na sześciu zasadniczych składnikach:

- substancji błonotwórczej (w przypadku pożaru celulozowego najczęściej żywicy akrylowej),
- rozpuszczalnika,
- źródła węgla – najczęściej poliole (pentaerytrytol, dipentaerytrytol, PVA), polisacharydy (skrobia),



Rys. 1. Trójwarstwowy ogniochronno-antykorozyjny system malarski

- katalizatora – soli kwasu fosforowego lub polimerów tego kwasu,
- źródła niepalnych gazów porotwórczych – melamina,
- dodatków poprawiających spoistość, właściwości reologiczne farby (środki tiksotropujące, środki usztywniające strukturę).

Skuteczność ogniochronna powłok pęczniejących zależy od takich czynników jak:

- skład recepturowy i jakość odpowiednich składników,
- warunki środowiskowe podczas procesu nakładania, schnięcia, transportu i użytkowania pokrytych elementów,
- grubość nałożonej powłoki,
- błędy aplikacyjne.

W przeciwieństwie do innych typów pokryć (farby podkładowe, nawierzchniowe, antykorozyjne) farba pęczniejąca ma większą gęstość ze względu na występowanie w niej elementów aktywnych oraz innych wypełniaczy i pigmentów. W zależności od klasy odporności ogniowej elementu pokrywanego, jego temperatury krytycznej oraz masywności, wymagane grubości powłok pęczniejących wahają się w przedziale od ok. 200 µm do ok. 7000 µm. Grubość, a także jakość nałożenia jest czynnikiem krytycznym poprawności działania całego systemu podczas pożaru i tym samym zapewnienia bezpieczeństwa konstrukcji i ludzi. Bardzo istotnym czynnikiem jest szczelność powłoki nawierzchniowej, aby zapobiegać przenikaniu wilgoci. Wilgoć jest czynnikiem zmniejszającym właściwości pęczniejące ze względu na rozpuszczalność w wodzie zawartych w farbie ogniochronnej polioli, melaminy i APP (zwłaszcza w temperaturach powyżej 20°C). W przypadku pentaerytrytolu jego rozpuszczalność w zakresie 20–50°C wzrasta trzykrotnie [2]. Ponadto melamina i APP w środowisku wodnym reaguje, tworząc amoniak i polifosforan melaminy. Woda, która przeniknie do powłoki pod wpływem zanieczyszczeń może mieć odczyn kwaśny lub zasadowy, co może stwarzać kolejne zagrożenia dla powłoki.

3. Podsumowanie

Rosnące potrzeby, jak i możliwości optymalizacji konstrukcji stalowych, niosą za sobą konieczność ponownej oceny możliwości osiągnięcia wymaganej klasy odporności ogniowej. W artykule zwróciliśmy uwagę na trudności z zapewnieniem odpowiedniego stopnia zabezpieczenia przeciwpożarowego konstrukcji. Trudności te wynikają nie tylko z zapisów prawnych dotyczących stosowania produktów przeciwpożarowych i antykorozyjnych, ale też dostępności odpowiednich produktów spełniających zarówno wymogi prawne, jak i techniczne określonego przypadku. Prawidłowe działanie systemu malarskiego zależy również od dodatkowych, równie ważnych czynników, takich jak: umiejętności malarskie i wiedza techniczna wykonawcy, sposób składowania i transportu elementów, a także metody kontroli systemu po aplikacji. Jednocześnie ze względu na swoją złożoność oraz możliwość modyfikacji, powłoki pęczniejące dają największą perspektywę dostosowania się do wymogów stawianych nowoczesnym systemom przeciwpożarowym.

[1] Smardz P. „Wyznaczanie odporności ogniowej elementów konstrukcji wg. Eurokodów. Czynniki wpływające na zachowanie się elementów konstrukcyjnych w warunkach pożaru". www.inbepo.pl

[2] Zubielewicz M. 2009. „Powłoki pęczniejące do przeciwogniowego zabezpieczania konstrukcji stalowych". *Ochrona przed Korozją* 52 (6), 234–237.

Artykuł powstał w związku z realizacją projektu pn. „Opracowanie innowacyjnego systemu do ochrony przeciwpożarowej konstrukcji stalowych", który jest współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

Fundusze Europejskie Inteligentny Rozwój
Rzeczpospolita Polska
Unia Europejska Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

GALVANO PARTNERS

Kilka słów o oczyszczaniu ścieków galwanicznych

Dbając o coraz lepsze zabezpieczenia antykorozyjne z wykorzystaniem różnych oferowanych przez galwanotechnikę powłok, nie możemy zapomnieć o efekcie końcowym naszych zabiegów, jakim są ścieki i osady poprocesowe.

Podstawowym zadaniem oczyszczania ścieków galwanicznych jest taka ich obróbka, by odpowiadały warunkom jakie powinny spełniać ścieki odprowadzane do kanalizacji miejskiej, wód powierzchniowych i gleby. Na spełnienie tych warunków ma wpływ prawidłowe gospodarowanie wodą w procesie galwanicznym oraz właściwy dobór technologii oczyszczania ścieków, która zagwarantuje optymalny przebieg tego procesu.

Ścieki powstające w procesie galwanicznym zależnie od stosowanej technologii nakładania powłok można podzielić na cztery podstawowe grupy:

- ścieki chromowe zawierające Cr(VI) oraz inne składniki kąpieli do chromowania, chromianowania, trawienia miedzi i stopów;
- ścieki cyjankowe zawierające cyjanki proste, cyjanki kompleksowe, jony metali (np. Zn, Cu,) i inne substancje wchodzące w skład kąpieli galwanicznych;
- ścieki kwaśno-alkaliczne zawierające w zależności od stosowanej technologii i składu kąpieli procesowych kwasy mineralne (siarkowy, azotowy, fosforowy, fluorowodorowy i inne), alkalia (wodorotlenki sodu, potasu, węglan sodowy), sole mineralne (krzemiany, fosforany), metale (żelazo, nikiel, miedź, cynk) oraz środki powierzchniowo czynne (zwilżacze);
- ścieki zaolejone zawierające oleje i tłuszcze z procesów mycia i odtłuszczania występujące często w postaci zemulgowanej.

Źródłem wymienionych ścieków są wszystkie procesy płukania oraz zrzuty płuczek bezodpływowych i zużytych kąpieli procesowych.

Ścieki z procesów płukania charakteryzują się ciągłym spływem i stosunkowo niewielkim stężeniem zanieczyszczeń. Ilość ścieków z płukania zależy od wielkości produkcji i w znacznym stopniu od przyjętej technologii płukania. Najbardziej oszczędne jest płukanie kaskadowe wielostopniowe. Zanieczyszczenia wód płuczących to przede wszystkim składniki kąpieli wynoszone na obrabianych przedmiotach. Ilość wynoszonych kąpieli zależy głównie od powierzchni i kształtu poddanych obróbce detali, ale również od czynników fizycznych takich jak: gęstość, lepkość i zwilżalność.

Ścieki ze zrzutu płuczek bezodpływowych można określić jako ścieki o stężeniu średnim. Wysokie stężenie ścieków dotyczy głównie zrzutów zużytych kąpieli procesowych po odtłuszczaniu i trawieniu oraz chromianowaniu powłok cynkowych.

Ścieki galwaniczne zawierają rozpuszczone substancje nieorganiczne, takie jak:

- kwasy mineralne (np.: siarkowy, solny, azotowy, fosforowy, fluorowodorowy),
- alkalia (np.: wodorotlenki: sodu, potasu, wapnia; węglany: wapnia, sodu),
- sole mineralne (np.: fosforany, krzemiany, borany),
- sole metali (np.: żelaza, niklu, miedzi, cynku, chromu).

Szkodliwy wpływ zawartych w ściekach metali polega zarówno na ich toksyczności, jak i działaniu mechanicznym (osady wodorotlenków). Obecność metali może wpływać na zmianę pH wody, ilość rozpuszczonego tlenu w wodzie, jej właściwości organoleptyczne itp. Jednymi z najbardziej toksycznych metali są chrom, kadm, ołów, cynk i miedź, które działają hamująco na życie i rozwój organizmów wodnych oraz na procesy samooczyszczania wód. Większość zanieczyszczeń toksycznych nie jest usuwana ze ścieków w oczyszczalniach miejskich i przedostają się do wód powierzchniowych. Metale te odprowadzane ze ściekami do kanalizacji miejskiej oddziałują szkodliwie na pracę oczyszczalni biologicznych. Hamują, a wręcz uniemożliwiają biochemiczny rozkład substancji organicznych zawartych w ściekach. Kolejnymi niebezpiecznymi składnikami ścieków galwanicznych dla wód naturalnych oraz miejskich urządzeń kanalizacyjnych są kwasy mineralne, azotyny, olej i tłuszcze i syntetyczne środki powierzchniowo czynne. Wskutek zmian odczynu pH i zmian stężenia, jak również przez chemiczne strącanie, powstają odkłady osadów, które mają szkodliwy wpływ na mikroorganizmy i ryby żyjące w zbiornikach wodnych.

Powyższe zagrożenia określają konieczność i stopień oczyszczania ścieków przemysłowych, szczególnie gdy zawierają one metale ciężkie i inne substancje toksyczne: wolne kwasy i zasady, oleje i tłuszcze.

Jedne z najbardziej toksycznych składników ścieków odprowadzanych z galwanizerni to cyjanki. Ich stężenia, trujące dla ryb i innych organizmów wodnych, są rzędu dziesiątych części mg/dm^3. Toksyczność cyjanków zwiększa się przez zwiększanie pH, temperatury wody oraz zawartości soli mineralnych. Duże znaczenie ma tu również obecność metali związanych z cyjankami. Nawet bardzo trwałe cyjankowe aniony kompleksowe, np. żelazo- i żelazicyjanki, mogą w odpowiednich warunkach pod wpływem działania światła słonecznego ulegać rozkładowi fotochemicznemu, wytwarzając wolne jony CN^-.

Chemiczne metody oczyszczania ścieków

Oczyszczanie ścieków polega na chemicznym strąceniu metali występujących w ściekach i ich neutralizacji, czyli nadaniu właściwego zgodnego z przepisami pH oraz oddzieleniu i odwodnieniu powstałych w procesie osadów.

Chemiczne metody oczyszczania ścieków galwanicznych są szeroko omawiane w wielu publikacjach, gdzie przedstawiane są schematy technologiczne i szczegółowe zapisy reakcji chemicznych zachodzących procesów. By nie powielać często rozbudowanych wywodów teoretycznych, omówię te procesy z bardziej praktycznego punktu widzenia.

Oczyszczanie ścieków chromowych

Oczyszczanie chemiczne polega na redukcji zawartego w ściekach chromu VI (Cr^{6+}) do chromu III (Cr^{3+}). Chrom trójwartościowy można łatwo strącić w postaci wodorotlenku chromu $Cr(OH)_3$. W praktyce redukcja chromu jest podstawową metodą neutralizacji chromu VI. Proces redukcji prowadzi się najczęściej za pomocą pirosiarczanu sodowego – $Na_2S_2O_5$ i siarczynu sodowego – Na_2SO_3 oraz dwutlenku siarki – SO_2 (duże instalacje), które są wprowadzane do ścieków. W efekcie zachodzących reakcji tworzy się jon redukujący HSO_3-. Redukcja chromu z udziałem tego jonu zachodzi w środowisku kwaśnym. W celu szybkiej redukcji należy obniżyć pH kwasem siarkowym do wartości ≤ 2,5 i dodać np. pirosiarczan sodowy w ilości ok. 180 g na 100 g CrO_3. W takich warunkach reakcja redukcji zachodzi w czasie około 2 minut. Po przeprowadzeniu redukcji chromu VI do chromu III należy podnieść pH w celu wytrącenia z roztworu wodorotlenku chromu $Cr(OH)_3$. Optymalne warunki dla w/w procesu to pH o wartości 6,5– 8,5.

Oczyszczanie ścieków cyjankowych

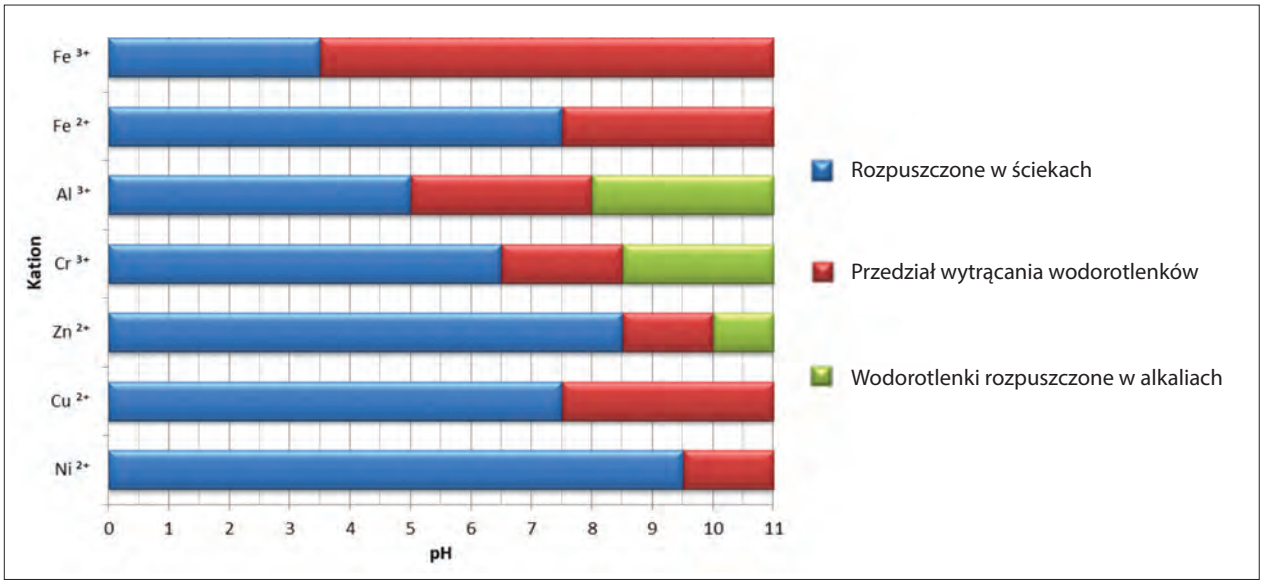
Oczyszczanie chemiczne tego typu ścieków polega na utlenieniu cyjanków silnym utleniaczem. W praktyce najczęściej stosowanymi utleniaczami są związki chloru, takie jak podchloryn sodowy (NaOCl) i chlor w postaci gazowej (Cl_2). Chlorowanie stosuje się do oczyszczania ścieków, w których stężenie CN^- nie przekracza 1 g/dm^3. Złożone reakcje zachodzące w czasie utleniania są reakcjami egzotermicznymi co powoduje wzrost temperatury obrabianych ścieków. Przy stężeniu 1 g/dm^3 CN^- wzrost temperatury nie przekracza 5°C, co nie stwarza niebezpieczeństwa uwolnienia z roztworu powstającego w pierwszej fazie utleniania, silnie trującego chlorocyjanu (CNCl). Chlorocyjan przechodzi do postaci gazowej w temperaturze 38°C. Wzrost temperatury i pH skraca czas zachodzących reakcji. W praktyce parametry dla tego procesu to pH > 11 oraz 10% nadmiar podchlorynu sodowego (NaOCl) w stosunku do ilości stechiometrycznej. Przy takich parametrach czas reakcji wynosi około 15 minut. W przypadku utleniania ścieków zawierających związki kompleksowe miedzi $Cu(CN)_4$ i cynku $Zn(CN)_4$ nadmiar podchlorynu sodowego powinien sięgać 20%, a czas reakcji należy wydłużyć do 1 godziny. Utlenianiu nie ulegają związki kompleksowe żelaza, a kompleksowe związki niklu wymagają bardzo długiego czasu utleniania. Dlatego należy dbać o to, by nie mieszać ścieków zawierających żelazo i nikiel ze ściekami cyjankowymi.

Ścieki po procesie utleniania należy połączyć ze ściekami kwaśno-alkalicznymi o odczynie kwaśnym i ściekami chromowymi po redukcji chromu o pH < 2,5. Trzeba mieć jednak na uwadze, że dozowany w nadmiarze utleniacz, może doprowadzić do ponownego utlenienia zredukowanego wcześniej chromu. Połączenie ścieków kwaśnych i chromowych ze ściekami po utlenieniu cyjanków obniża stężenie cyjanianów (CNO^-) i przyspiesza ich rozkład.

Ścieki kwaśno-alkaliczne

Oczyszczanie ścieków kwaśno-alkalicznych polega na ich neutralizacji, w czasie której wytrącane są metale w nich zawarte w postaci trudno rozpuszczalnych wodorotlenków. Do strumienia ścieków kwaśno-alkalicznych dodaje się zazwyczaj alkaliczne ścieki cyjankowe po procesie utleniania i kwaśne ścieki chromowe po procesie redukcji, w celu ich wzajemnej neutralizacji. Zabieg ten obniża zużycie reagentów neutralizacyjnych.

Reagentami neutralizacyjnymi jest najczęściej kwas siarkowy – H_2SO_4, wodorotlenek sodu – NaOH lub wodorotlenek wapnia – $Ca(OH)_2$ w postaci zawiesiny. W większości przypadków ścieki z galwanizerni mają odczyn kwaśny. Neutralizacja ścieków o kwaśnym odczynie prowadzona mlekiem wapiennym (wodorotlenkiem wapnia) tworzy więcej osadów, ponieważ powstające w ten sposób sole kwasu siarkowego – H_2SO_4, fosforowego – H_3PO_4 i fluorowodorowego – HF nie są rozpuszczalne. Rozpuszczalne sole tworzy kwas solny i azotowy. Przy zastosowaniu do neutralizacji wodorotlenku sodu ilości osadów są mniejsze, ponieważ wszystkie powstające sole sodowe są rozpuszczalne. Obniżenie ilości osadów wiąże się jed-



Rys.1. Optymalne wartości pH pozwalające na wytrącenie wodorotlenków niektórych metali zawartych w ściekach

nak ze wzrostem zasolenia ścieków oczyszczonych. Stosowanie wodorotlenku sodowego do neutralizacji ścieków zawierających chrom III, powoduje powstawanie w środowisku alkalicznym rozpuszczalnych soli kompleksowych o wzorze ogólnym $[Cr(OH)_{3+n}]^{n-}$. Zjawisko to nie występuje przy zastosowaniu wodorotlenku wapnia.

W celu wytrącenia ze ścieków jak największej ilości zawartych w nich metali, należy zwrócić uwagę na optymalny dobór pH zneutralizowanych ścieków. Jeżeli galwanizernia wykonuje jeden rodzaj pokryć. np. cynkowanie, to pH końcowe ścieków powinno wynosić od 8,5 do 10. Należy jednak zadbać, by pH nie przekroczyło 10, ponieważ wtedy nierozpuszczalny wodorotlenek cynku $Zn(OH)_2$ przejdzie w rozpuszczalny kompleks cynkanowy $[Zn(OH)_4]^{2-}$.

Optymalne wartości pH pozwalające na wytrącenie wodorotlenków niektórych metali zawartych w ściekach przedstawiono na rys. 1.

Bardzo ważnym etapem oczyszczania ścieków, jest oddzielenie powstałych podczas neutralizacji zawiesin od ścieku oczyszczonego. Sedymentacja zawiesin jest procesem długotrwałym (kilka do kilkunastu godzin) i często nie zachodzi w pełni, ze względu na częściowo koloidalny charakter zawiesiny. Proces sedymentacji można znacznie usprawnić i przyspieszyć, stosując powszechnie dziś dostępne koagulanty i flokulanty.

W przypadku dużej ilości zawiesin powstałych po neutralizacji można zastosować tylko flokulant, którego zadaniem jest agregacja cząstek z zawiesiny. Zastosowanie flokulantów znacznie skraca czas sedymentacji wytworzonych osadów oraz ułatwia ich odwadnianie. Odwadnianie osadów poneutralizacyjnych odbywa się najczęściej grawitacyjnie (workownice) lub ciśnieniowo (prasy filtracyjne).

Stały rozwój technologii antykorozyjnych stwarza też nowe wyzwania w zakresie oczyszczania ścieków. Przykładem niech będzie technologia stopowa cynk-nikiel. Ścieki po tym procesie zawierają niewielkie ilości cyjanków, które powstają w trakcie trwania procesu elektrolizy w obszarze anodowym. Zawierają również związki kompleksowe niklu, wprowadzane do elektrolitu w celu otrzymania powłoki stopowej ZnNi. Ścieki tego typu powinny stanowić niezależną nitkę, poddawaną osobnej obróbce. Najczęściej stosowane metody to: utlenienie cyjanków, a następnie dekompleksacja, chemiczne strącanie niklu i cynku lub zastosowanie wyparek próżniowych. Nie można tu pominąć najnowszej technologii , jaką jest odwrócona osmoza (Reverse Osmosis – RO). Jest to najmłodsza, prężnie rozwijająca się od około 20 lat, metoda oczyszczania wody i ścieków. W branży galwanicznej stosowana jest do produkcji czystej demineralizowanej wody, niezbędnej w wielu procesach technologicznych. Oczyszczanie ścieków tą metodą pozwala na znaczny odzysk wody do ponownego wykorzystania w procesach płukania. Wydajność dostępnych dziś urządzeń przemysłowych znacznie przewyższa ilość wytwarzanych przez linie galwaniczne ścieków, co pozwala na ich elastyczny dobór oraz ewentualną rozbudowę. Skuteczność urządzeń sięga 75% odzyskanej wody. Pozostałe 25% stanowi wysoko stężony koncentrat, który można poddawać odwodnieniu na wyparkach próżniowych.

mgr inż. Bogusław Gulbiński

Partner ds. Technologicznych
Dyrektor Techniczny
Galvano-Partners Sp. z o.o. Sp. k.

HMS
www.hms-steel.pl

AKREDYTOWANE LABORATORIUM BADAŃ ANTYKOROZJI

BADANIA LABORATORYJNE
powłoki metaliczne oraz organiczne na podłożu metalicznym lub z tworzyw sztucznych

INSPEKCJE TERENOWE
inspekcje, audyty, inspektorzy z kwalifikacjami FROSIO / NACE

NADZÓR NAD PROCESAMI
konsultacje, szkolenia, kwalifikowanie oraz walidacja technologii i systemów nanoszenia powłok ochronnych

ISO 17025

Laboratorium spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz posiada akredytację PCA w zakresie badań niszczących jak i nieniszczących powłok

PCA
AB 1773

Oferujemy laboratoryjne testy i badania powłok antykorozyjnych przeprowadzane na dostarczonych próbkach bądź bezpośrednio na elementach i konstrukcjach u klienta

BADANIA LABORATORYJNE ORAZ INSPEKCJE I NADZÓR NAD PROCESAMI NANOSZENIA POWŁOK MALARSKICH

BADANIA LABORATORYJNE W ZAKRESIE AKREDYTACJI ISO 17025:

- Odporność korozyjna na działanie obojętnej mgły solnej NSS wg normy PN-EN-ISO 9227
- Odporność korozyjna w atmosferze z kondensacją wilgoci w komorze z podgrzewanym zbiornikiem wodnym wg normy PN-EN ISO 6270-2
- Ocena zniszczeń powłoki – spęcherzenie / zardzewienie / spękanie / złuszczanie powłoki wg normy PN-EN ISO 4628-1
- Przyczepność powłoki wg normy PN-EN ISO 2409
- Przyczepność powłoki – metoda siatki nacięć i X-cut wg normy PN-EN ISO 16276-2
- Przyczepność powłoki – metoda odrywu (Metoda B) wg normy PN-EN ISO 4624
- Barwa powłoki – geometria 45/0 wg normy PN-EN ISO 7724-2 oraz 7724-3
- Połysk powłoki – kąty 200 / 600 / 850 wg normy PN-EN ISO 2813
- Grubość powłoki (0 - 1000µm) – metoda indukcji magnetycznej / prądów wirowych / optyczna wg normy PN-EN ISO 2808
- Odporność powłoki na zarysowanie – metoda stałego obciążenia wg normy PN-EN ISO 1518-1
- Lepkość powłoki – czas wypływu wg normy PN-EN ISO 2431

BADANIA LABORATORYJNE W ZAKRESIE POZA AKREDYTACJĄ:

- Oznaczenie odporności powłoki na ciecze wg normy PN-EN ISO 2812-1 oraz 2812-2
- Odporność powłoki na uderzenia (test udarności) wg normy PN-EN ISO 6272-1
- Twardość powłoki – metoda Persoza i Koeniga / tłumienia wahadła wg normy PN-EN ISO 1522
- Szczelność powłoki – metoda wysoko i niskonapięciowa (Holiday test)
- Oznaczenie odporności powłoki na zginanie – określanie elastyczności / rozciągliwości / przyczepności podczas próby zginania
- Cykliczne testy korozyjne w komorze solnej

INSPEKCJE I NADZÓR PROCESÓW NANOSZENIA POWŁOK OCHRONNYCH:

- Inspekcje, nadzory i audyty – inspektorzy z kwalifikacjami FROSIO / NACE
- Kwalifikowanie i walidacja technologii nanoszenia powłok ochronnych
- Konsultacje i szkolenia personelu
- Pomiary warunków środowiskowych / klimatycznych podczas procesu malowania
- Ocena przygotowania powierzchni przed procesem malowania
- Ocena wizualna powłok ochronnych w trakcie oraz po procesie malowania

HMS
www.hms-steel.pl

HMS Sp. z o.o. Sp. k.
ul. Jagiellońska 55U
83-110 Tczew, Polska

+48 694 930 129
+48 600 920 858

biuro@hms-steel.pl
linkedin@hms-steel.pl
www.hms-steel.pl

WODOSZCZELNE GRUBOŚCIOMIERZE

DO POMIARU GRUBOŚCI WARSTWY
POŁOŻONEJ NA PODŁOŻU MAGNETYCZNYM
ORAZ NIEMAGNETYCZNYM

- Pomiary grubości:
  - Lakieru
  - Izolacji
  - Powłoki galwanicznej
  - Powłok z tworzyw sztucznych
- Małe wymiary
- Wysoka dokładność
- Wodoszczelna obudowa
- Zakres pomiaru 0 - 2000 µm
- 24 miesiące gwarancji

ELMETRON

41-814 Zabrze ul. W. Witosa 10
tel. (32) 273 81 06, fax (32) 273 81 14
info@elmetron.com.pl

www.elmetron.com.pl

przemysł chemiczny

Najstarsze, liczące ponad 100 lat, polskie czasopismo chemiczne notowane na liście filadelfijskiej, adresowane do menadżerów, inżynierów i technologów w przemyśle

- 12 wydań w roku
- Baza ponad 6700 publikacji naukowych
- 3500 bezpłatnych publikacji z lat 1986-2010 i wybranych z lat 2010-2018 dostępnych na www.sigma-not.pl

Kontakt: www.przemchem.pl
tel./fax: 22 818 51 71
tel. 22 818 72 86
Redakcja: przemyslchemiczny@sigma-not.pl
Prenumerata: prenumerata@sigma-not.pl
Reklama: reklama@sigma-not.pl

PPG

High-Temperature Resistance

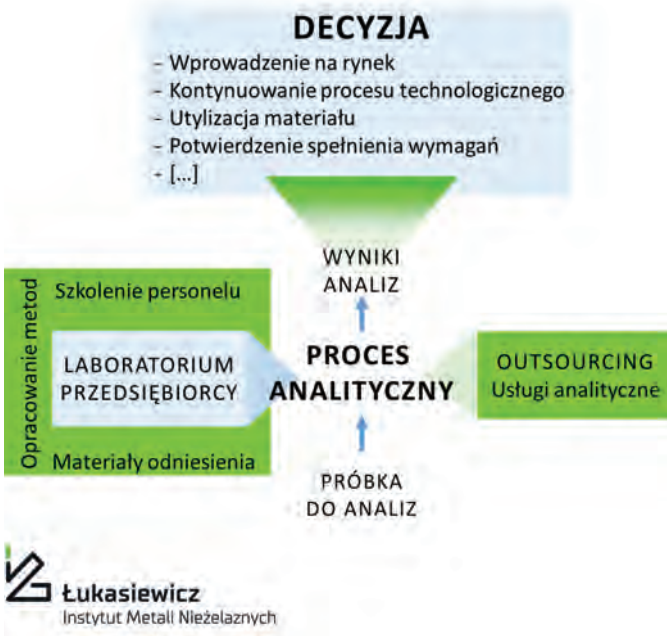
PPG HI TEMP™ 900

ul. Łużycka 8A
81-537 Gdynia
tel. 58 774 99 00
fax 58 774 99 01
customers@ppg.com

Łukasiewicz
Instytut Metali Nieżelaznych

Zakład Chemii Analitycznej Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych Doświadczony personel i nowoczesna aparatura

Od próbki do decyzji – to droga, na której od ponad 60 lat Zakład Chemii Analitycznej, działający w strukturach Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytutu Metali Nieżelaznych, prowadzi zakrojoną na szeroką skalę działalność wspierającą laboratoria analityczne i przemysł metali nieżelaznych w Polsce i na świecie. Nasi specjaliści nieustannie zwiększają umiejętności w zakresie analizy różnorodnych materiałów oraz rozszerzają kompetencje dotyczące zarówno analiz instrumentalnych, jak i klasycznych. Potrzebne doświadczenie i kwalifikacje zdobywają również w trakcie realizacji projektów badawczych o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Nasza wiedza i umiejętności oraz nowoczesna aparatura pozwalają nam realnie wspierać przedsiębiorstwa i laboratoria na różnych etapach procesów analitycznych. To z kolei pozwala na uzyskiwanie wysokiej jakości wyników analiz, które stanowią podstawę do podejmowania kluczowych decyzji technologicznych.



Rys 1. „Zielone wsparcie" w procesach analitycznych świadczone przez Zakład Chemii Analitycznej Łukasiewicz – IMN

Dobre laboratorium analityczne opiera się na trzech filarach: rzetelnie opracowanych procedurach analitycznych, wyszkolonym personelu oraz wyposażeniu, które pozwala na otrzymywanie metrologicznie ważnych wyników. Te zasady sprawdzają się w naszych laboratoriach, dlatego pomagamy także innym laboratoriom osiągnąć wysokie standardy pracy. W ramach naszej oferty opracowujemy metody i procedury analityczne dopasowane do potrzeb odbiorcy, prowadzimy specjalistyczne szkolenia z zakresu technik analitycznych oraz wytwarzamy materiały odniesienia.

Nasz personel oferuje przygotowanie kompleksowych procedur analitycznych oraz ich wdrożenie na aparaturze klienta. Podejmujemy także wyzwania związane z rozwiązywaniem problemów pojawiających się w funkcjonujących już procesach analitycznych. Nie mniej ważnym filarem miarodajnych analiz jest zapewnienie odpowiednich materiałów kalibracyjnych i spójności pomiarowej, do czego mogą służyć certyfikowane materiały odniesienia (CRM). Nasi klienci mogą nam zlecić wykonanie takich materiałów, dopasowanych do wdrożonych w ich laboratoriach metod lub też skorzystać z gotowych CRM-ów znajdujących się w naszej ofercie (katalog na stronie www.materialy-odniesienia.pl).

Z roku na rok powiększa się grono firm, z którymi współpracujemy, a nasze kompetencje potwierdziło Polskie Centrum Akre-

dytacji, nadając nam certyfikat akredytacji nr AB 274. Przedsiębiorstwom proponujemy zarówno ekspertyzy analityczne, jak i kompleksową obsługę w zakresie oznaczania składu pierwiastkowego surowców, półproduktów i produktów. Posiadając pracownie spektrometrii mas (ICP-MS), spektrometrii emisyjnej (ICP-OES, spark-OES), spektrometrii atomowej (AAS), fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej (XRF), chromatografii i analiz klasycznych, a także analizatory elementarne C,S,N,O, możemy wykonywać oznaczanie pierwiastków występujących w śladowych stężeniach, jak i głównych składników próbki. Interesujące możliwości dają tzw. analizy półilościowe, które realizujemy technikami XRF i ICP-MS, co pozwala w szybki sposób poznać skład materiału w bardzo szerokim zakresie stężeń pierwiastków. Szczególnym rodzajem naszej działalności są oznaczenia pierwiastków i związków organicznych w materiałach objętych regulacjami dyrektywy RoHS oraz badania w ramach rozporządzenia REACH.

Nowoczesny przemysł wymaga kontroli jakości i danych analitycznych, które dostarczają wyczerpujących informacji o produkcie i materiale oraz eliminują ryzyko i koszty wprowadzenia na rynek niepełnowartościowych produktów. Właściwie przeprowadzone analizy pozwalają na zbudowanie bazy wiedzy służącej do zarządzania jakością w zakresie prowadzonej działalności. Zakład Chemii Analitycznej Łukasiewicz – IMN to sprawdzony i solidny partner, który wspiera swoich klientów na drodze od próbki do decyzji.

Sieć Badawcza Łukasiewicz to trzecia pod względem wielkości sieć badawcza w Europie. Dostarcza atrakcyjne, kompletne i konkurencyjne rozwiązania technologiczne. Oferuje biznesowi unikalny system „rzucania wyzwań", dzięki któremu grupa 4 500 naukowców w nie więcej niż 15 dni roboczych przyjmuje wyzwanie biznesowe i proponuje przedsiębiorcy opracowanie skutecznego rozwiązania wdrożeniowego. Angażuje przy tym najwyższe w Polsce kompetencje naukowców i unikalną w skali kraju aparaturę naukową. Co najważniejsze –przedsiębiorca nie ponosi żadnych kosztów związanych z opracowaniem pomysłu na prace badawcze. Łukasiewicz w dogodny sposób wychodzi naprzeciw oczekiwaniom biznesu. Przedsiębiorca może zdecydować się na kontakt nie tylko przez formularz na stronie https: lukasiewicz.gov.pl/biznes/, ale także w ponad 50 lokalizacjach: Instytutach Łukasiewicza i ich oddziałach w całej Polsce. Wszędzie otrzyma ten sam – wysokiej jakości – produkt lub usługę. Potencjał Łukasiewicza skupia się wokół takich obszarów badawczych jak: zdrowie, inteligentna mobilność, transformacja cyfrowa oraz zrównoważona gospodarka i energia.

Dane kontaktowe:
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych
ul. Sowińskiego 5, 44-100 Gliwice
Tadeusz Gorewoda – Kierownik Zakładu Chemii Analitycznej
E-mail: tadeusz.gorewoda@imn.lukasiewicz.gov.pl
Tel. 32 23 80 278

BOSMAL

Badania odporności korozyjnej w rękach specjalistów

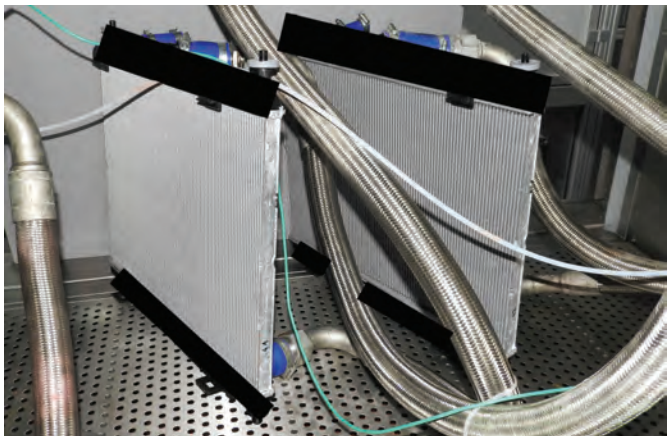
Odporność korozyjna jest jedną z podstawowych cech jakościowych wielu materiałów narażonych na wpływ czynników środowiskowych. Laboratoryjne przyspieszone badania korozyjne dają możliwość jej weryfikacji. Z uwagi na nowe wyzwania w przemyśle, a także rosnące wymagania jakościowe dla coraz szerszej gamy wyrobów, badania odporności korozyjnej należy powierzać profesjonalnym laboratoriom. Tylko te dysponujące nowoczesną aparaturą badawczo-pomiarową, kadrą wykwalifikowanych i doświadczonych specjalistów, a także elastyczne pod względem dostosowania się do wymagań rynku i potrzeb klientów są gwarancją sukcesu swoich Klientów.

Prawie pięćdziesiąt lat działalności pozwoliło Instytutowi Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o. wyspecjalizować się w świadczeniu najwyższej jakości usług, co przełożyło się na solidną pozycję na rynku i rozpoznawalność na całym świecie, a w konsekwencji współpracę z ponad 500 Klientami rocznie. Oferta badawcza Instytutu wspomaga rozwój nowoczesnych technologii i istotnie ułatwia wprowadzanie ich na rynek. Czynnie wspieramy naszych Klientów w pracach badawczych i rozwojowych zapewniając dostęp do unikatowej aparatury i wiedzy naszych specjalistów popartej wieloletnim doświadczeniem. Działanie na styku nauki i biznesu to nasz chleb powszedni.

Fot. 1. Komory korozyjne Liebisch o pojemności 2,5 m^3

Fot. 2. Komory korozyjne Kesternich (VLM) i ASCOTT

BOSMAL znany jest szczególnie z usług świadczonych dla branży motoryzacyjnej (w tym światowych jej liderów), ale doskonale wyposażone laboratoria obsługiwane przez wyspecjalizowaną kadrę zaspokajają potrzeby klientów pochodzących z szeregu różnych gałęzi przemysłu. Na wyjątkową uwagę zasługują laboratoria Zakładu Materiałoznawstwa, w których wykonywane są m.in. przyspieszone badania korozyjne szerokiej gamy wyrobów (również tych nie związanych z branżą Automotive) np. powłok galwanicznych czy malarskich. Badania laboratoryjne obejmują m.in.: testy w symulowanych środowiskach korozyjnych, jak np. rozpylana mgła solna (głównie obojętna: NSS / SS (ang. *Neutral Salt Spray / Salt Spray*), kwaśna: AASS (ang. *Acetic Acid Salt Spray*), kwaśna z dodatkiem jonów miedzi: CASS (ang. *Copper-accelerated Acetic Acid Salt Spray*), lub kwaśna woda morska: SWAAT (ang. *Seawater Acidified Test*)), atmosfera ditlenku siarki lub w warunkach kondensacji pary wodnej. Realizowane są również badania odporności na zanurzenie w roztworach o charakterze korozyjnym czy inne zdefiniowane



Fot. 3. Badania korozji/erozji wewnętrznej

warunki klimatyczne. Podczas badań laboratoryjnych jeden lub więcej czynników (temperatura, wilgotność, skład chemiczny roztworu korozyjnego itp.) może być modyfikowany dla przyspieszenia/hamowania procesów korozyjnych. Istnieje także możliwość wykonania tzw. badań korozji/erozji wewnętrznej, gdzie obiekty badawcze (przede wszystkim wymienniki ciepła) poddawane są symulacji eksploatacji z cieczami przyspieszającymi korozję lub np. kondensatami spalin (Fot. 3). Testy, w zależności od wymagań norm lub wytycznych klienta, można przeprowadzać na obiektach gotowych lub w oparciu o próbki referencyjne, wykonane w tej samej technologii co finalne obiekty. Laboratorium dysponuje szeregiem komór renomowanych firm (jak np. Liebisch (Fot. 1), VLM, ASCOTT (Fot. 2), Weiss Technik, Heraeus, Vötsch) pozwalających m.in. na prowadzenie testów solnych, solno-klimatycznych, cyklicznych (np. według normy PV 1210). Szeroki wachlarz komór, charakteryzujących się różnymi zakresami parametrów istotnych dla badań korozyjnych, pozwala na sprostanie wymaganiom wielu norm. Ponadto, po odpowiednich ustaleniach, laboratorium może podjąć się przeprowadzenia testów według specyficznych wytycznych klienta, czy przygotowania odpowiedniej komory bądź stanowiska badawczego pod dane wymagania. Wiele z wykonywanych badań jest objętych zakresem akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji (nr AB 128).

Powierz swoje wyroby w ręce specjalistów

Zapytania ofertowe:

sales@bosmal.com.pl

Kontakt:

Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.

ul. Sarni Stok 93

43-300 Bielsko-Biała

tel. +48 / 33 81 30 539

www.bosmal.com.pl

LABORATORIUM WZORCUJĄCO-BADAWCZE AGENCJI ANTICORR GDAŃSK

Badania korozyjne w rozpylonej solance

Procesy korozyjne, zachodzące w materiałach metalowych, corocznie generują duże straty ekonomiczne. Jednym ze sposobów badania odporności korozyjnej jest przyspieszony test korozyjny w rozpylonej solance. Dzięki komorze korozyjnej można porównać odporność na korozję materiałów metalowych, a także powłok.

Testy w mgle solnej według PN-EN ISO 9227

Test w obojętnej mgle solnej (NSS – ang. *Neutral Salt Spray*) jest znormalizowaną metodą badań, którą stosuje się celu oszacowania odporności na korozję materiałów metalowych bez ochrony przed korozją lub z ochroną czasową lub stałą. Najpowszechniejszą normą, w której opisano sposób w jaki należy przeprowadzić test jest PN-EN ISO 9227 *Badania korozyjne w sztucznych atmosferach – Badania w rozpylonej solance*. Norma ta dopuszcza trzy metody wykonania testu: badanie w rozpylonej obojętnej solance (NSS), badanie w rozpylonej solance z kwasem octowym (AASS), badanie w rozpylonej solance z kwasem octowym z dodatkiem miedzi jako przyspieszacza (CASS). W niniejszym artykule opisano najczęściej wybierany przez klientów wariant badań – test NSS.

Komora korozyjna TestAn SaltCab

Wykonanie testu

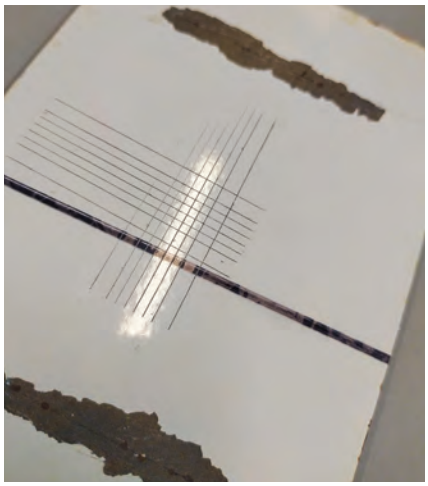
Badanie NSS polega na ekspozycji próbek w atmosferze rozpylonej mgły solnej uzyskanej z 5% roztworu chlorku sodu. Temperatura panująca w komorze korozyjnej jest znormalizowana i w przypadku rozpylonej obojętnej solanki wynosi 35°C ± 2°C. Podczas prowadzenia testu monitoruje się także opad solanki zbierany z 80 cm^2 oraz pH roztworu zbieranego. Wszystkie próbki powinny zostać umieszczone tak, aby nie stykały się ze sobą oraz nie reagowały z materiałem, z którego wykonana jest sama komora, dlatego też wnętrze komory wykonane jest z materiałów niemetalowych. Tak zwana wieża dystrybucyjna rozprowadza mgłę solną w sposób równomierny w całym obszarze przeprowadzania testu, a sprężone powietrze używane do wytworzenie mgły solnej zostaje najpierw podgrzane i nasycone wilgocią w nawilżaczu. Czas trwania badań powinien być określony w wymaganiach dotyczących danego materiału/produktu lub indywidualnie ustalony z klientem. Norma PN-EN ISO 9227 zaleca czasy ekspozycji w szerokim przedziale od 2 do 1000 h.

Wnętrze komory korozyjnej TestAn SaltCab

Ocena próbek po teście

Najważniejszym punktem wykonania badań w komorze korozyjnej jest ocena próbek po ekspozycji na działanie rozpylonej solanki. Aby ocenić obiekty poddane działaniu mgły solnej można zastosować wiele różnych kryteriów, na przykład: wygląd próbek po badaniu, wygląd po usunięciu produktów korozji, czas, który minął do pojawienia się pierwszych oznak korozji, ubytek masy po ekspozycji (g/m^2), zmianę barwy, połysku lub przyczepności powłoki metodą *pull-off* lub siatki nacięć. Do oceny próbek po badaniu można również posłużyć się normami opisującymi ocenę stopnia spęcherzenia (ISO 4628-2), ocenę stopnia zardzewienia (ISO 4628-3), ocenę stopnia spękania (ISO 4628-4), ocenę stopnia złuszczenia (4628-5), ocenę stopnia odwarstwienia i skorodowania wokół rysy (ISO 4628-8), jeśli próbki zostały przed badaniem nacięte. Dobór

Od lewej: płytka stalowa oraz płytka cynkowa po czyszczeniu produktów korozji w celu oznaczenia ubytku masy po ekspozycji w komorze korozyjnej.



Próbka pokryta powłoką po ekspozycji w komorze korozyjnej. Badanie korozji w nacięciu oraz ocena przyczepności metodą siatki nacięć.

metod oceny próbek uzgadniany jest indywidualnie z klientem. Protokół badania zawiera również informacje o procedurze badania, a ogólna lista wymaganych informacji określona jest w normie.

Agencja Anticorr Gdańsk prowadzi własne, dynamicznie rozwijające się laboratorium. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom naszych klientów laboratorium wykonuje badania właściwości materiałów i powłok w oparciu o wymagania norm krajowych i międzynarodowych. Laboratorium wyposażone jest w komory korozyjne, w których na zlecenie klientów przeprowadza badania w obojętnej mgle solnej. Agencja Anticorr Gdańsk prowadzi również sprzedaż komór solnych oraz sprzętu do badań korozyjnych.

Maria Ducher

Agencja Anticorr Gdańsk Sp. z o.o.

Nagroda dla zespołu BELSE

Belzona SuperWrap II w Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku

Naprawa w Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku systemem Belzona SuperWrapII została nagrodzona w konkursie organizowanym przez Belzona UK na najlepszą aplikację 2020 roku w kategorii „day-by-day" w Europie i Afryce.

Dzięki zastosowaniu innowacyjnego systemu naprawczego Belzona SuperWrap II nie było konieczności zatrzymania pracy całej oczyszczalni, a także uniknięto kosztownej wymiany części na

nowe. W krótkim czasie i stosunkowo niskim kosztem odtworzono pełną sprawność rurociągu. Cała naprawa była niskoenergetyczna gwarantując bezpieczeństwo pracy w trakcie remontu.

Efektem wykonanej naprawy systemem Belzona SuperWrap II jest wydłużenie trwałości pracy rurociągu i niezawodność eksploatacji.

Na podstawie: www.belse.com.pl

Budynek ze stali GreenCoat®

Budynek „Fisksätra Folkets Hus" z zastosowaniem powlekanej organicznie stali GreenCoat® z SSAB, zajął pierwsze miejsce w prestiżowym szwedzkim konkursie „Swedish Design Award 2020", w kategorii „Architektura".

„Fisksätra Folkets Hus" to centrum rekreacji i wypoczynku wybudowane niedawno w samym sercu Fisksätra, małego centrum miejskiego w Nacka (w gminie Sztokholm). Nowy obiekt stanowi wstępną część projektu renowacyjnego na dużą skalę, którego celem jest kształtowanie atmosfery tolerancji społecznej i zrównoważenia ekologicznego. Inspirowany namiotami szwedzkiego Hagaparken i stylem życia nomadów, „Fisksätra Folkets Hus" to unikalna konstrukcja o kształcie namiotu, której ściany i dach wykonano przy użyciu zrównoważonej, powlekanej organicznie stali GreenCoat® w formie sinusoidalnych profili w ciepłym kolorze Silver Fir Green. Wyróżniające się elementy to również 20-metrowy świetlik, trójkątne okna oraz minimalistyczne wnętrze.

Szwedzki architekt Thomas Sandell z Sandellsandberg Arkitekter wybrał GreenCoat Pro BT ze względu na zdolność do nadania budynkowi pożądanego wyglądu, jak również ze względu na formowalność materiału, jego łatwy montaż oraz odporność na promieniowanie UV i korozję. „Zależało nam na wyróżnieniu się z otoczenia i radosnym wyrazie, i szukaliśmy trwałego mate-

Unikalną konstrukcję Fisksätra Folkets Hus z sinusoidalnych profili udało się uzyskać dzięki wykorzystaniu stali GreenCoat® w ciepłym kolorze Silver Fir Green, który uzupełnia pomarańczową barwę cegieł budynków Fisksätra.©Stena Fastigheter/Pixprovider

riału, który będzie odpowiedni zarówno dla ścian, jak i dachu. „Ze względu na to, że budynek miał mieć charakter tymczasowy, ważne było, by zastosować przyjazny dla środowiska materiał, który można użyć ponownie" wyjaśnia Thomas Sandell. „Uważamy, że GreenCoat® stoi na czele produktów budowlanych w segmencie premium, spełniając wymagania zrównoważonego rozwoju i znacznie zmniejszając wpływ na środowisko."

Oprócz wysokiej wydajności i estetyki, większość produktów GreenCoat® zawiera powłokę BT, która wykorzystuje znaczną ilość szwedzkiego oleju rzepakowego zamiast tradycyjnie stosowanych składników ropopochodnych. Ta opatentowana technologia powlekania jest obecnie jedyną tego rodzaju na rynku. W uznaniu unikalnego podejścia do projektu i okładziny zewnętrznej, „Fisksätra Folkets Hus" wygrał szwedzką nagrodę Design Award 2020.

Na podstawie: informacja prasowa SSAB.

Studia Podyplomowe: WYROBY LAKIEROWE. TECHNOLOGIA I ZASTOSOWANIE

Politechnika Krakowska zaprasza na dwusemestralne Studia Podyplomowe: WYROBY LAKIEROWE. TECHNOLOGIA I ZASTOSOWANIE.

Studia dedykowane są dla:

- dyrektorów, menadżerów, kierowników, i technologów fabryk farb i lakierów
- pracowników działów marketingu i obsługi klienta producentów farb i lakierów
- specjalistów z działów badań i rozwoju, kontroli jakości
- specjalistów z instytutów badawczych oraz uczelni
- innych osób zainteresowanych biznesem farb

Ramowy Program Studiów obejmuje

- podstawy chemiczne, definicje
- surowce, materiały do wytwarzania
- formułowanie, receptury
- technologia i procesy produkcyjne
- maszyny, urządzenia, instalacje
- właściwości i metodyka badań, przyrządy
- grupy i rodzaje wyrobów lakierowych
- stosowanie; metody, urządzenia, instalacje
- najnowsze produkty, technologie, procesy
- badania i rozwój
- bezpieczeństwo i ochrona środowiska
- biznes i zarządzanie

Studia gwarantują wysoki stopień profesjonalnej wiedzy i specjalizacji w branży farbiarskiej. Wykładowcami są zarówno naukowcy, specjaliści z instytutów badawczych z kraju i za granicą, jak i praktycy z przemysłu. Prezentują najnowszą wiedzę specjalistyczną a także dzielą się doświadczeniami ze swojej praktyki zawodowej.

Prowadzone zajęcia praktyczne stanowią wsparcie dla zdobytej wiedzy teoretycznej. Uczestnik Studiów otrzymuje świadectwo Politechniki Krakowskiej

Zapisy w terminie: 31.03.202. Rozpoczęcie zajęć: 24 kwietnia 2021 r Program i szczegóły organizacyjne na stronie: www.studia-farby.pk.edu.pl

Szybka Ścieżka do innowacji jeszcze otwarta! NCBR przeznaczy 300 mln zł na prace badawczo-rozwojowe

Kolejny raz przedsiębiorcy mogą zgłaszać przełomowe projekty w konkursie Szybka Ścieżka, realizowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, ze środków Funduszy Europejskich. Łączny budżet podzielonego na dwie rundy konkursu to 300 milionów złotych. Nabór wniosków o dofinansowanie ruszy 22 marca 2021 r.

Szybka Ścieżka jest największym programem wsparcia innowacyjności polskich przedsiębiorstw. Tylko w minionym roku, oferta wsparcia sięgnęła w sumie blisko 3 miliardów złotych.

- Z przyjemnością obserwuję postępy w realizacji projektów naszych beneficjentów. To innowacyjne firmy, które postawiły na swoją przyszłość, poprzez tworzenie produktów czy technologii niedostępnych na rynku – powiedział Wojciech Kamieniecki, dyrektor Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Nabór wniosków o dofinansowanie został podzielony na dwie rundy – pierwsza skierowana jest do dużych przedsiębiorstw i ich konsorcjów (również z udziałem MŚP i jednostek naukowych), jej budżet to 100 milionów złotych. Nabór rozpocznie się 22 marca 2021 roku i potrwa maksymalnie do 12 kwietnia 2021 roku. Nabór może skończyć się wcześniej - gdy suma wartości wnioskowanego dofinansowania przekroczy pięciokrotność budżetu rundy, nabór w tej rundzie zostanie zamknięty. Nabór nie będzie jednak krótszy niż 7 dni. Taki warunek wynika z faktu kończącej się perspektywy budżetowej 2014-2020 i dostępnej puli środków w poddziałaniu 1.1.1. POIR, chcemy też sprawnie dokonać oceny, by projekty mogły być rozpoczęte jak najszybciej i miały szansę na realizację do końca trwania finansowania z POIR tj. do 31 grudnia 2023 r.

Z kolei w drugiej rundzie konkursu aplikować mogą MŚP i ich konsorcja (również z jednostkami naukowymi). Jej budżet to 200 milionów złotych. Nabór wniosków rozpocznie się 13 kwietnia i potrwa maksymalnie do 4 maja 2021 roku. Analogicznie, jak w przypadku rundy dla dużych przedsiębiorstw, gdy suma wartości wnioskowanego dofinansowania przekroczy pięciokrotność budżetu rundy, nabór zostanie zamknięty, przy czym nie będzie krótszy niż 7 dni.

Prace B+R, zgłoszone we wnioskach o dofinansowanie, muszą być realizowane na terenie Polski, w tzw. regionach słabiej rozwiniętych, czyli poza województwem mazowieckim. O przyznaniu dofinansowania NCBR poinformuje nie później niż 120 dni po zakończeniu każdej z rund.

Na podstawie: Newsletter NCBR

PPG
Cellulosic PFP STEELGUARD™ 803
ul. Łużycka 8A
81-537 Gdynia
tel. 58 774 99 00
fax 58 774 99 01
customers@ppg.com

Wynalazki

Biuletyn Urzędu Patentowego Nr 26/2020

Sposób funkcjonalizacji zredukowanego tlenku grafenu
Twórcy: Sieradzka Marta; Fryczkowski Ryszard; Janicki Jarosław · Firma: Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała · Zgł. 430117, s. 22 - 23

Sposób ochrony tworzywa drzewnego przed działaniem ognia, warstwa barierowa zabezpieczająca przed działaniem ognia, sposób otrzymywania warstwy barierowej zabezpieczającej przed działaniem ognia
Twórcy: Jóźwiak Mariusz; Fojutowski Andrzej · Firma: Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ - Instytut Technologii Drewna, Poznań · Zgłoszenie 430106, s. 16

Folia wielowarstwowa antybakteryjna
Twórcy: Miaskowski Marcin · Firma: HITEC FILM sp.z o.o., Lublin · Zgłoszenie 430209, s. 17

Sposób modyfikacji ditlenku tytanu w celu podwyższenia jego aktywności fotokatalitycznej
Twórcy: Morawski Antoni Waldemar; Wanag Agnieszka Maria; Kusiak-Nejman Ewelina; Sienkiewicz Agnieszka; Rokicka-Konieczna Paulina · Firma: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin · Zgłoszenie 430061, s. 23

Sposób obróbki cieplnej warstwy tocznej główki szyny ze stali perlitycznej
Twórcy: Kuziak Roman; Pidvysots'-kyy Valeriy; Molenda Ryszard; Radwański Krzysztof; Mazur Artur; Zalecki Władysław; Pietrzyk Maciej; Rauch Łukasz; Bachniak Daniel · Firma: Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ - Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica, Gliwice; Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków· Zgł. 430155, s. 30- 31

Sposób wykonywania łożyska o podwyższonej twardości minimalnej 850 HV1 ze stali 38HMJ
Twórcy: Kapuścińska Ewelina; Śledź Mirosław · Firma: Fabryka Łożysk Tocznych - KRAŚNIK SA, Kraśnik · Zgłoszenie 430208, s. 31

Żeliwo szare niskostopowe ferrytyczne przeznaczone do wytwarzania metalowych form odlewniczych
Twórcy: Pycia Grzegorz; Mordal Jacek · Firma: HAPAX sp.z o.o., Jawor· Zgłoszenie 40160, s. 31

Kompozytowa powłoka stopowa Ni-B/B
Twórcy: Bartoszek Wojciech; Cieślak Grzegorz; Gajewska-Midziałek Anna; Mazurek Anna; Skroban Anna; Trzaska Maria · Firma: Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ - Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa · Zgłoszenie 430187, s. 32

Biuletyn Urzędu Patentowego Nr 27/2020

Sposób modyfikacji powierzchni implantów z tytanu lub stopów tytanu
Twórcy: Simka Wojciech; Pogorielov Maksym, UA; Mishchenko Oleg, UA · Firma: OSTEOPLANT RESEARCH AND DEVELOPMENT sp.z o.o., Dębica · Zgłoszenie 430333, s. 16

Sposób wytwarzania nanocząstek Cu_2ZnSnS_4 o powierzchni modyfikowanej związkami wspierającymi przepływ ładunku elektrycznego
Twórcy: Matras-Postołek Katarzyna; Żaba Adam · Firma: Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków · Zgłoszenie 430394, s. 44

Biuletyn Urzędu Patentowego Nr 1/2021

Sposób otrzymywania nanocząstek srebra o różnych właściwościach optycznych
Twórcy: Szymańska-Chargot Monika; Chylińska Monika · Firma: Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk, Lublin · Zgł. 430473, s. 20

Kompozyt na bazie dwuborku cyrkonu o właściwościach luminescencyjnych i sposób jego wytwarzania
Twórcy: Naughton-Duszova Annamaria; Dubiel Aleksandra; Laszkiewicz-Łukasik Jolanta; Podsiadło Marcin· Firma: Sieć Badawcza Łukasiewicz - Krakowski Instytut Technologiczny, Kraków · Zgłoszenie 430498, s. 21

Sposób modyfikowania lakieru drukarskiego i lakier drukarski do nanoszenia na wyroby drukarskie o podłożach nasiąkliwych
Twórcy: Majewski Leszek · Firma: REPROGRAF – GRAFIKUS SA, Warszawa · Zgłoszenie 430408, s. 24

Biuletyn Urzędu Patentowego Nr 2/2020

Sposób wytwarzania powłok kompozytowych na osnowie tworzyw polimerowych
Twórcy: Myalski Jerzy; Posmyk Andrzej · Firma: Politechnika Śląska, Gliwice · Zgłoszenie 430682, s. 13

Wielowarstwowy rękaw kompozytowy, zwłaszcza do bezwykopowej renowacji rurociągów.
Twórcy: Boguta Szymon; Boguta Piotr; Boguta Marcin; Piotrowicz Barbara · Firma: Firma Handlowo-Usługowa INSTBUD STANISŁAW BOGUTA SJ, Nieznanowice · Zgłoszenie 434662, s. 16

Sposób otrzymywania napełniacza krzemionkowego modyfikowanego tlenkiem grafenu
Twórcy: Suwała Katarzyna; Panasiuk Marek; Cyruchin Krystyna; Wenda Magdalena · Firma: SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - Instytut Chemii Przemysłowej im. prof. Ignacego Mościckiego, Warszawa · Zgłoszenie 430664, s. 22

Wyrób poliuretanowy lub powleczony poliuretanem o właściwościach termochromowych
Twórcy: Lipert Kamil Adam · Firma: ASMA POLSKA sp.z o.o., Wola Ducka · Zgłoszenie 430659, s. 28

Kompozyty poliamidowe z hybrydowym napełniaczem krzemionkowym modyfikowanym tlenkiem grafenu
Twórcy: Jeziórska Regina; Szadkowska Agnieszka; Spasówka Ewa; Żubrowska Magdalena; Dzierżawski Jacek; Ruciński Jakub; Kolasa Janusz; Stasiński Janusz; Studziński Maciej; Suwała Katarzyna; Panasiuk Marek · Firma: Instytut Chemii Przemysłowej im. prof. Ignacego Mościckiego, Warszawa · Zgłoszenie 430665, s. 28 - 29

Kompozyty poliamidowe z aerożelowym napełniaczem hybrydowym
Twórcy: Jeziórska Regina; Szadkowska Agnieszka; Spasówka Ewa; Żubrowska Magdalena; Dzierżawski Jacek; Ruciński Jakub; Kolasa Janusz; Stasiński Janusz; Studziński Maciej; Suwała Katarzyna; Panasiuk Marek · Firma: Instytut Chemii Przemysłowej im. prof. Ignacego Mościckiego, Warszawa · Zgłoszenie 430666, s. 29

Kompozycja na powłokę barierową, zwłaszcza na papier opakowaniowy do żywności, sposób jej wytwarzania, papier opakowaniowy do żywności oraz sposób jego powlekania kompozycją na powłokę barierową
Twórcy: Siciak Bogdan; Stopyra Piotr · Firma: YANKO sp.z o.o., Rogoźnica · Zgłoszenie 430652, s. 29

Aktywna powłoka biopolimerowa
Twórcy: Pluta-Kubica Agnieszka; Jamróz Ewelina · Firma: Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Kraków · Zgłoszenie 430611, s. 29

Biuletyn Urzędu Patentowego Nr 3/2021

Sposób separowania powierzchni blach stalowych pokrytych warstwą ochronną, zwłaszcza separowania na czas transportu zamocowanych do ram stalowych blach falistych pokrytych warstwą ochronną stopu głównie cynku i aluminium oraz zestawienie separowanych segmentów ramowych z zamocowanymi blachami falistymi pokrytymi powierzchniowo ochronną warstwą, zwłaszcza alucynku
Twórcy: Bąbel Stanisław· Firma: BĄBEL Stanisław, Szczyrzyc· Zgłoszenie 434121, s. 18

Fitz's Atlas 2 of coating defects

Liczba stron: 200

Fitz's Atlas of coating surveys

Liczba stron: 300

Cena (za obydwie pozycje): 250 £, zamówienia: https://fitzsatlas.com/

Fitz's Atlas 2 of coating defects to 200-stronicowe kieszonkowe opracowanie w formie segregatora pierścieniowego o wymiarach 4¾ "x 7¼", zawierające ilustracje obrazujące wady powłok i powierzchni. Atlas wad obejmuje 93 kategorie i zawiera łącznie 237 fotografii o wysokiej rozdzielczości, ilustrujących wady spawalnicze, stan powierzchni, wady powłok, porastanie powłok w środowisku morskim; zawiera także zdjęcia mikroskopowe. Każda sekcja została opracowana przez specjalistów zajmujących się powłokami lakierowymi i ich stosowaniem. Oprócz głównych sekcji Atlas zawiera załączniki, w których podano skalę awarii, charakterystykę farb, kompatybilność powłok, obliczenia i wzory.

Na każdą wadę składa się zwykle kilka przykładów, co ma na celu umożliwienie wykonawcy lub inspektorowi nadzoru dokładniejszej identyfikacji danego uszkodzenia. Atlas będzie przydatny wszystkim, którzy w swojej pracy zajmują się powłokami lakierowymi – ich nakładaniem, kontrolą, użytkowaniem itp.

Aplikacja Fitz's Atlas 2

Aplikacja Fitz's Atlas 2 ułatwia znajdowanie informacji dzięki funkcjom wyszukiwania i galerii zdjęć. Aplikacja Atlas firmy Fitz jest dostępna w wielu językach i stanowi przegląd wad powłok w formacie elektronicznym. Aplikacja zawiera unikalną sekcję wideo dla niektórych uszkodzeń powłok, która pozwala użytkownikowi zobaczyć, jak rozwija się dana wada powłoki.

Fitz's Atlas of Coatings Surveys to poradnik wykonywania kontroli powłok ochronnych dostarcza obszernych praktycznych informacji dla osób przeprowadzających inspekcję systemów ochrony przed korozją. „Fitz's Atlas of Coatings Surveys" zawiera szczegółowe wskazówki praktyczne dotyczące oceny powłok ochronnych, wraz z ich oceną wizualną, i sporządzania szczegółowych raportów. Poradnik służy pomocą inżynierom, inspektorom i właścicielom obiektów w podejmowaniu właściwych decyzji dotyczących ochrony przed korozją i programów obsługi technicznej. Poradnik opracowany przez ekspertów z wieloletnim doświadczeniem w dziedzinie powłok i ochrony przed korozją pozwala na podjęcie decyzji w zarządzaniu systemami ochrony przed korozją. Przewodnik podzielony jest na sekcje zawierające kluczowe informacje niezbędne przy sporządzaniu raportów na temat stanu powłok i specyfikacji powłok do malowania renowacyjnego oraz konieczności prowadzenia prac renowacyjnych, postępowania reklamacyjnego, uszkodzeń powłok oraz roszczeń i reklamacji.

Poradnik zawiera szczegółowe odniesienia do powłok stosowanych w przemyśle okrętowym, petrochemicznym, na platformach przybrzeżnych, na mostach i innych obiektach, przedstawia rodzaje wad powłok, a także zatwierdzone metody badań w warunkach polowych oraz techniki pobierania próbek. Dalsze wskazówki techniczne odnoszą się do międzynarodowych i europejskich norm oceny stopni skorodowania podłoża, grubości suchej powłoki, przyczepności i porowatości oraz badania powłok stosowanych w pasywnej ochronie przeciwpożarowej. Przedstawiono w nim także wymagania z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy, rolę dokumentacji, fotografii i raportów oraz norm i metod badań stosowanych w przemyśle.

Autorzy

Brendan Fitzsimons jest autorem Fitz's Atlas, a także Fitz's Atlas 2. Pracuje w branży powłok ochronnych od ponad 25 lat, zajmując się m.in. powłokami w przemyśle ropy i gazu oraz w przemyśle morskim i infrastrukturze. Jest specjalistą ds. powłok ochronnych NACE, specjalistą ds. korozji NACE oraz inspektorem powłok i recenzentem NACE. Jest również członkiem Kolegium Instytutu Korozji.

Trevor Parry ma ponad czterdziestoletnie doświadczenie w branży powłok ochronnych. Zajmuje się głównie oceną powłok malarskich: mechanizmami, przyczynami i zakresem uszkodzeń oraz zaleceniami dotyczącymi naprawy powłok. Jest ekspertem w komitetach Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej oraz biegłym w Sądzie Najwyższym ds. arbitrażu i mediacji w zakresie powłok malarskich. Jest autorem prezentacji i publikacji na temat właściwości powłok w zbiornikach oraz charakterystyk absorpcyjno-desorpcyjnych wykładzin zbiorników ładunkowych. Jest członkiem Królewskiego Towarzystwa Chemicznego, członkiem Kolegium Instytutu Korozji i członkiem NACE.

PPG We protect and beautify the world™

Oil, Gas & Chemicals

ul. Łużycka 8A
81-537 Gdynia
tel. 58 774 99 00
fax 58 774 99 01
customers@ppg.com

WYDAWNICTWO *SIGMA-NOT*

W PRENUMERACIE

2021

TANIEJ

Sprawdź to!

www.sigma-not.pl

WARIANTY PRENUMERATY

- **PAPIEROWA** – czasopismo tylko w wersji papierowej (z opłatą za dostarczenie przesyłki),
- **CYFROWA** – czasopismo wyłącznie w wersji cyfrowej dostępne na Portalu Informacji Technicznej www.sigma-not.pl, prenumerator otrzyma indywidualny kod dostępu do zaprenumerowanego tytułu,
- **PLUS** – czasopismo w wersji **papierowej** (bez opłaty za dostarczanie prasy) oraz **cyfrowej**, a także dostęp do **archiwum** zaprenumerowanego tytułu na Portalu Informacji Technicznej www.sigma-not.pl wraz z indywidualnym kodem dostępu.

więcej informacji: 22 840 30 86, prenumerata@sigma-not.pl