

Badanie wybranych właściwości systemu powłokowego „antygraffiti” dla pojazdów szynowych

Łukasz PASIECZYŃSKI¹, Norbert RADEK²

Streszczenie

W artykule przedstawiono problematykę utrzymania w czystości taboru kolejowego. Zwrócono uwagę na powszechne akty wandalizmu w postaci malowania farbami graffiti na pojazdach szynowych. Opisano zalety i wady dotychczasowych sposobów usuwania graffiti. Przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych nowego systemu powłokowego „antygraffiti”, w skład którego wchodzi BO100-AGR. Badania przeprowadzono zgodnie z aktualnymi normami oraz utworzonymi wewnętrznymi procedurami laboratorium, których celem było szersze określenie właściwości użytkowych badanego systemu.

Słowa kluczowe: antygraffiti, usuwanie graffiti, własności mechaniczne powłok malarskich, transport szynowy

1. Wprowadzenie

Utrzymanie pojazdów szynowych w czystości jest procesem skomplikowanym z powodu konieczności usuwania coraz agresywniejszych i trwalszych (graffiti 2K) zanieczyszczeń z pojazdu bez uszkodzeń powłoki malarskiej chroniącej przed korozją. Pojawienie się lakierów „antygraffiti” dało nadzieję na ułatwienie tego procesu bez zmian trwałości eksploatacyjnej pojazdu. Możliwość usuwania graffiti została już wcześniej uzyskana przez jednostki utrzymujące pojazdy w czystości, nierzadko jednak było to okupione wieloma niedogodnościami związanymi ze stosowaniem agresywnych środków chemicznych, używaniem czyszczywa (szczotki, tkaniny) rysującego malaturę pojazdu lub nawet miejscowo ją usuwając. Konieczny był także wydłużony czas przestoju pojazdu na bocznicach kolejowej [1, 9].

W porównaniu z tradycyjnymi metodami, stosowanie bezbarwnego lakieru „antygraffiti” BO100-AGR charakteryzuje się zmniejszoną adhezją kolejnych niepożądanych warstw, np. graffiti, zabrudzeń w postaci osadów pyłu i brudu kolejowego. Zastosowanie powłoki BO100-AGR pozwala skrócić czas przestoju pojazdu przez szybsze i łatwiejsze usuwanie zanieczyszczeń za pomocą agresywnych środków czyszczących. System lakierniczy, w skład którego wchodzi lakier BO100-AGR, wykazuje zbliżone właściwości mechaniczne i użytkowe do obecnie do-

stępnych na polskim rynku bezbarwnych lakierów, co potwierdzono w badaniach opisanych w artykule. Przedstawiono również pojazdy wymalowane opisanym systemem lakierniczym oraz ich zachowanie w normalnej eksploatacji przez 12 miesięcy.

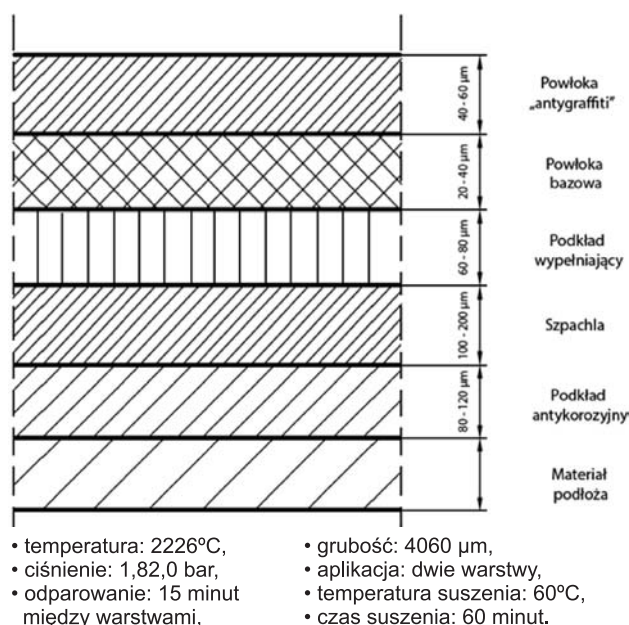
2. Metodyka badań

Przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości mechanicznych według stosowanych polskich i europejskich norm oraz właściwości użytkowych powłoki lakierniczej według opracowanych procedur wewnątrzlaboratoryjnych. Wykonano następujące pomiary: grubość powłoki, przyczepność, twardość, odporność na zarysowanie, połysk, badania odporności na korozję oraz wilgoć, pomiar pofalowania powierzchni (skórki pomarańczowej). Opracowano procedury mające na celu sprawdzenie systemu lakierniczego w procesie usuwania graffiti. Dodatkowo, po usunięciu graffiti przeprowadzono badania, czy graffiti lub proces usuwania graffiti wpływa negatywnie na powłokę.

Przygotowano próbki stalowe, na które naniesiono system lakierniczy przedstawiony na rysunku 1, o następujących parametrach nanoszenia powłoki „antygraffiti”. Pozostałe warstwy zostały naniesione zgodnie z opisami technicznymi dostarczonymi przez producenta odpowiedniego produktu.

¹ Mgr inż.; Firma Handlowa BARWA Jarosław Czajkowski, Kielce; e-mail: l.pasieczynski@gmail.com.

² Dr hab. inż.; Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; e-mail: norrad@tu.kielce.pl.



Rys. 1. Badany system lakierniczy

3. Wyniki badań

W pierwszej kolejności przeprowadzono badania rozpoznawcze, których celem było określenie zmniejszenia adhezji farby graffiti do powierzchni zabezpieczonej powłoką „antygraffiti” BO100-AGR. W tym celu, na dwie skrajnie ułożone próbki stalowe nanoszono lakier graffiti i obserwowano powstawanie efektu kropli lub trudności w „przyczepieniu” się farby graffiti do powłoki malarskiej, co przedstawiono na rysunku 2. Uzyskano wyniki badania zbieżne z oczekiwaniami, odnotowano zmniejszenie adhezji farby graffiti do systemu. Dodatkowo farba graffiti łączyła

się w większe krople i pod wpływem grawitacji ściekała na próbce umieszczonej pionowo. Farba graffiti wykazywała przyczepność do powłoki BO100-AGR w miejscach, gdzie aerozol tworzył krople o bardzo małej średnicy.

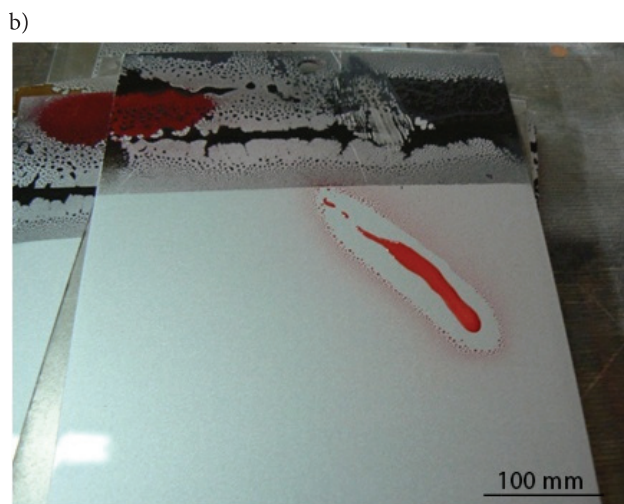
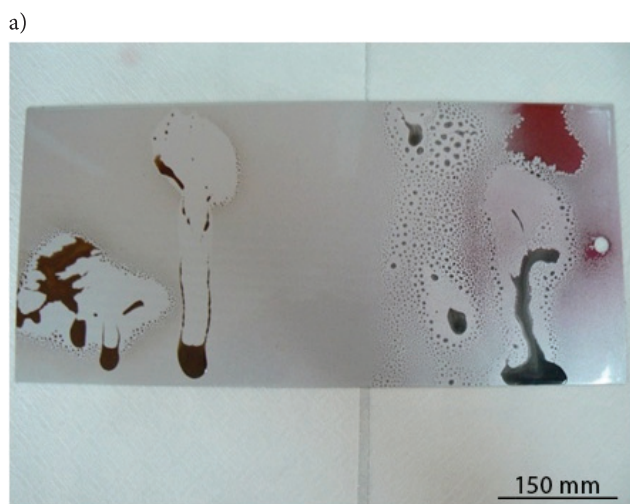
Przeprowadzono badania właściwości użytkowych przygotowanego systemu lakierniczego. W tabelicy 1 przedstawiono stosowane normy oraz wyniki badań. Badane powłoki charakteryzowały się wysokim połyskiem i dużą twardością. Wartość przyczepności systemu do stali osiągnęła 3,50 MPa, przyczepność była zadowalająca i uznano za możliwe zwiększenie jej przez inne przygotowanie powierzchni stali (piaskowanie, śrutowanie).

Tabela 1

Właściwości użytkowe systemu lakierniczego z powłoką „antygraffiti” BO100-AGR

Parametr	Norma	Wynik
Grubość [µm]	PN-EN ISO 2808	420
Przyczepność [MPa]	PN-EN ISO 4624	3,50
Twardość wahadło Koeniga [s]	PN-EN ISO 1522	171
Odporność korozyjna [1000h]	PN-EN ISO 9227	> 1000
Odporność na wilgoć [1000h]	PN-EN ISO 6270-2	> 1000
Zarysowanie [g]	PN-EN ISO 1518	550
Połysk dla kąta 60° [GU]	PN-EN ISO 2813	> 95

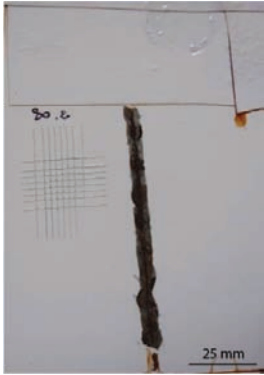
W tablicach 2 i 3 przedstawiono wyniki badania w warunkach symulujących środowisko odporności korozyjnej oraz odporności na wilgoć dla czasu ekspozycji 1000 h systemu z powłoką „antygraffiti” BO100-AGR. Po zakończeniu badania nie odnoto-




Rys. 2. Badania rozpoznawcze nanoszenia farb graffiti na powłokę BO100-AGR: a) aplikacja w pozycji poziomej, b) aplikacja w pozycji pionowej [fot. autor]

wano żadnych innych zmian na powierzchni powłoki (pęcherze, pęknięcie, łuszczenie i temu podobne).

Tablica 2
Badania korozyjne w sztucznych atmosferach – Badania w rozpylonej solance według PN-EN ISO 9227; system powłokowy BO100-AGR

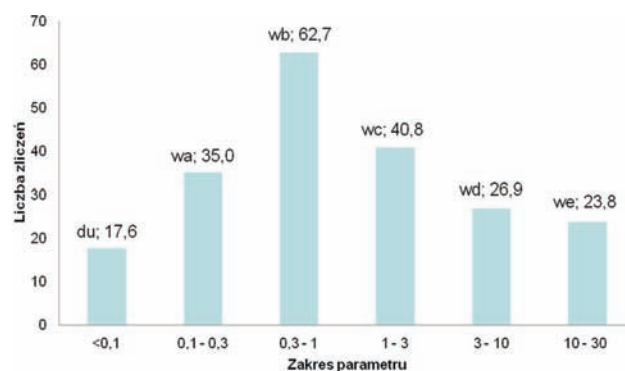
Czas ekspozycji na mgłę solną [h]	1000	
Odporność na działanie mgły solnej [h]	>1000	
Stopień spęcherzenia	0	
Stopień skorodowania	0	
Stopień złuszczenia	0	
Stopień spękania	0	
Stopień korozji nitkowej	0	
Stopień odwarstwienia wokół rysy [mm]	2,0	
Stopień skorodowania wokół rysy [mm]	0,3	

Tablica 3
Oznaczanie odporności na wilgoć – Metoda ekspozycji próbek do badań w atmosferach z wodą kondensacyjną według PN-EN ISO 6270-2; system powłokowy BO100-AGR

Czas ekspozycji na wilgoć [h]	1000	
Odporność na działanie wilgoci [h]	>1000	
Stopień spęcherzenia	0	
Stopień skorodowania	0	
Stopień złuszczenia	0	
Stopień spękania	0	

W celu określenia jakości estetycznej powłoki wykonano pomiar tzw. skórki pomarańczowej, odpowiadającej za pofalowanie powierzchni. Parametry W_a - W_e charakteryzują długość fali, w jaką układa się farba na wymalowanym elemencie. Im większa jest wartość dla długiego pofalowania W_d - W_e , z tym większej odległości od elementu (nawet 10 m) jest widoczny niepożądany efekt skórki pomarańczowej. Dlatego należy tak modyfikować farby, aby te dwa parametry charakteryzowały się jak najniższymi wartościami. Skórka pomarańczowa odpowiada również za obrazowanie odbitych elementów otoczenia w powłoce

malarskiej. Wynik pomiaru skórki pomarańczowej systemu malarskiego w skład, którego wchodzi powłoka „antygraffiti” BO100-AGR przedstawiono na rysunku 3. Wyniki świadczą o obecności skórki pomarańczowej na wymalowanym składzie. Większa liczba zliczeń pofalowania o krótkiej długości fali W_a - W_c powoduje, że skórka pomarańczowa jest widoczna dopiero z odległości około 10 cm. Dodatkowo niska wartość parametru du zapewnia wysokiej jakości refleksy otaczających przedmiotów (budynki, drzewa) w powłoce lakierniczej [3].



Rys. 3. Histogram pomiaru skórki pomarańczowej (pofalowania powierzchni) systemu z powłoką „antygraffiti” BO100-AGR

W laboratorium opracowano procedurę aplikacji farby graffiti w sprayu na system powłokowy, a także odpowiednie warunki i czasy kondycjonowania tak uszkodzonej malatury, a następnie opracowano jednolity proces mycia. Z przeprowadzonych badań laboratoryjnych wynika, że jest możliwe usuwanie grubszych warstw graffiti z powłoki malarskiej „antygraffiti” BO100-AGR za pomocą strumienia ciepłej wody pod ciśnieniem. Graffiti pozostaje na powłoce tylko w miejscach, gdzie stworzyło bardzo cienką warstwę lub małe krople. Te zabrudzenia bezproblemowo można usunąć w ciągu kilku sekund za pomocą szmatki nasączonej rozpuszczalnikiem.

Po dziesięciokrotnym nałożeniu farby graffiti, a następnie jej usunięciu metodą przedstawioną w tablicy 4 wykonano pomiary koloru na powłoce, posługując się jako wzorcem powłoką sprzed nałożenia farby graffiti. Następnie obliczono różnicę koloru według wzoru (1). Dodatkowo wykonano pomiar połysku na powłoce, z której wielokrotnie usuwano graffiti. Wyniki przedstawiono w tablicy 5.

$$\Delta E \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

gdzie:

ΔE – różnica barw wyrażona jako odległość między dwoma punktami w przestrzeni trójwymiarowej,

ΔL^* – różnica odległości między dwoma punktami w wymiarze L – jasność,








Δa^* – różnica odległości między dwoma punktami w wymiarze a – barwy zielona-czerwona,

Δb^* – różnica odległości między dwoma punktami w wymiarze b – barwy: niebieska-żółta.

Wykonane pomiary zmiany koloru oraz połysku świadczą, że zmiana jest tak niewielka, że wręcz niezauważalna dla ludzkiego oka. Różnica zmiany połysku wynika z różnych miejsc pomiarowych, a nie jednolitości powłoki, jednak wyniki nadal są w zakresie wysokiego połysku. Zmiana różnicy koloru jest zauważalna dopiero dla wartości ΔE (różnica koloru) powyżej 2,0 podczas badania uzyskano najwyższy wynik 0,67.

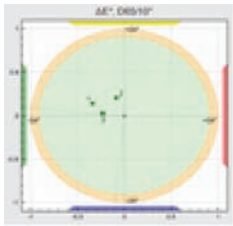
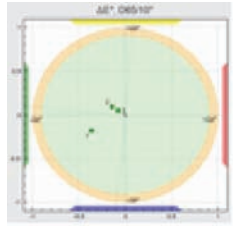
Tablica 4

Proces usuwania farby graffiti z powierzchni systemu lakierniczego z powłoką „antygraffiti” BO100-AGR

Wygląd paneli po pomalowaniu sprayem			
Zmywanie powłoki graffiti ciepłą wodą pod ciśnieniem			
Zmywanie pozostałości farby graffiti rozpuszczalnikiem nitro			

Tablica 5

Wyniki pomiaru połysku oraz różnicy koloru po 10-krotnym usuwaniu farby graffiti z powłoki „antygraffiti” BO100-AGR

Próbka	Medium	Zmiana połysku	ΔE	Zmiana koloru
1	Woda	Brak utraty połysku	1. $\Delta E = 0,44$ 2. $\Delta E = 0,32$ 3. $\Delta E = 0,61$	
2	Rozpuszczalnik Nitro	Brak utraty połysku	1. $\Delta E = 0,67$ 2. $\Delta E = 0,38$ 3. $\Delta E = 0,4$	

4. Badania eksploatacyjne

Podczas rewizji wykonano system malarski z powłoką „antygraffiti” BO100-AGR na jednym z pojazdów kolei polskiej. W kwietniu 2015 roku nieznani sprawcy wymalowali ten pojazd farbami graffiti. Zanieczyszczenie usunięto za pomocą zmywaczy stosowanych w jednostce myjącej, przy czym zauważono łatwiejsze usuwanie farby z powierzchni malatury. Lakier graffiti był nałożony w bardzo grubej warstwie, co zapewniło mu przyczepność do wagonu. Skalę wymalowania pojazdu lakierem graffiti

oraz sposób usuwania zabrudzenia przedstawiono na rysunku 4.

Po usunięciu z powierzchni pojazdu farby graffiti, pojazd skierowano na rutynowe czyszczenie do myjni. Po wyschnięciu, przeprowadzono pomiary zmian koloru powierzchni malatury. Poszczególne parametry L^* , a^* , b^* oraz różnicę koloru ΔE zestawiono w tablicy 6. Kolumna I odnosi się do wartości wyjściowych poszczególnych parametrów, kolumny II–V to kolejne pomiary wykonane na pojeździe. Badanie wykazało brak widocznych zmian w kolorze powłoki mimo pokrycia systemu farbą graffiti, a następnie jego usunięcia.



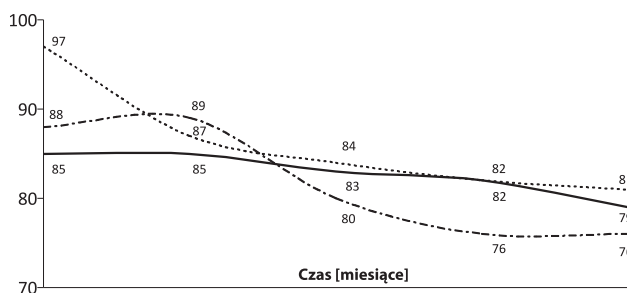
Rys. 4. Proces usuwania graffiti z pojazdu EZT serii EN57 pokrytego farbą BO-100AGR, kwiecień 2015 [fot. autor]

Tablica 6

Zestawienie parametrów barwy $L^*a^*b^*$ oraz różnicy koloru do stanu wyjściowego ΔE po usuwaniu graffiti

Kolor powłoki na wagonie	Parametr	I	II	III	IV	V
Lakier czerwony	L^*	40,77	40,68	40,80	40,78	40,88
	a^*	32,58	31,83	32,48	32,83	32,41
	b^*	11,76	11,51	11,78	11,96	11,70
	ΔE	0,00	0,80	0,11	0,32	0,21
Lakier srebrny	L^*	82,29	82,39	82,77	82,78	83,11
	a^*	-0,69	-0,45	-0,43	-0,4	-0,43
	b^*	-0,41	-0,87	-0,65	-0,83	-0,74
	ΔE	0,00	0,53	0,60	0,71	0,92
Lakier grafitowy	L^*	39,29	39	39	39,01	39,06
	a^*	-2,59	-2,59	-2,63	-2,6	-2,59
	b^*	-2,52	-2,38	-2,31	-2,27	-2,36
	ΔE	0,00	0,32	0,36	0,38	0,28

W kwietniu 2015 roku w czasie eksploatacji pojazdu, po rutynowych czyszczeniach oraz usuwaniu graffiti, przeprowadzono pomiary połysku. Zmianę parametru w czasie przedstawiono na rysunku 5. Z wykonanych badań wynika, że pojazd nadal charakteryzuje się połyskiem.



Rys. 5. Zmiana połysku pod kątem 60° pojazdu EZT serii EN57 od października 2014 do września 2015: - - lakier srebrny, - - - lakier grafitowy, — lakier czerwony [rys. autor]

Na rysunku 6 przedstawiono wygląd pojazdu przed wysłaniem go na myjnię oraz po czyszczeniu ze standardowych zabrudzeń występujących w czasie eksploatacji takich, jak kurz, brud, pył. Zauważono mniejsze osadzanie się zabrudzeń dzięki zastosowaniu powłoki BO100-AGR o zmniejszonej adhezji kolejnych niepożądaných warstw.

5. Wnioski

1. Powierzchnia pokryta BO100-AGR może być czyszczona jak standardowe powłoki bezbarwne przy użyciu dopuszczonych do stosowania certyfikowanych zmywaczy oraz środków czyszczących.
2. Powłoka, w której skład wchodzi BO100-AGR, po wymalowaniu lakierem graffiti charakteryzuje się łatwym usuwaniem zabrudzeń, również przy znacznych grubościach lakieru graffiti.
3. Po usunięciu graffiti z malatury pojazdu nie zaobserwowano pogorszenia walorów estetycznych powłoki.

4. Powłoka podczas normalnej eksploatacji pojazdu zachowała swoje pierwotne właściwości, zmniejszenie połysku i zmiana koloru nie są zauważalne dla ludzkiego oka.

Literatura

1. Hryniwicz T.: *Technologia powierzchni i powłok*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2004.
2. PN-EN ISO 1518: *Farby i lakiery – Oznaczanie odporności na zarysowanie – Część 1: Metoda stałego obciążenia*.
3. PN-EN ISO 1522: *Farby i lakiery – Badanie metody tłumienia wahadła*.
4. PN-EN ISO 2808: *Farby i lakiery – Oznaczanie grubości powłoki*.
5. PN-EN ISO 2813: *Farby i lakiery – Oznaczanie wartości połysku pod kątem 20 stopni, 60 stopni i 85 stopni*.
6. PN-EN ISO 4624: *Farby i lakiery – Próba odrywania do oceny przyczepności*.
7. PN-EN ISO 6270-2 – *Farby i lakiery – Oznaczanie odporności na wilgoć – Część 2: Metoda ekspozycji próbek do badań w atmosferach z wodą kondensacyjną*.
8. PN-EN ISO 9227: *Badania korozyjne w sztucznych atmosferach – Badania w rozpylonej solance*.
9. Praca zbiorowa, *Powłoki malarsko-lakiernicze. Poradnik*, ed. III, WNT, Warszawa 1983.
10. Szklarzyk P., *Visual Inspection as One of the Important Elements of the Quality Control*, Production Engineering Archives Vol. 2 No. 1 2014.



Rys. 6. Proces usuwania zabrudzeń z pojazdu wynikających ze standardowej eksploatacji [fot. autor]

Application of the Anti-graffiti Coating System for Rail Vehicles and Testing of its Selected Properties

Summary

The article presents and discusses the maintenance problems of rolling stock. Paper highlights the widespread act of vandalism in the form of graffiti painting on trains. The article presents solution to remove graffiti: their advantages and disadvantages. The paper presents results of laboratory tests of anti-graffiti coating system. The article presents tests results in accordance with standards and internal laboratory procedures. The paint system properties were examined after the conditioning period.

Keywords: graffiti removing, antigraffiti coatings, mechanical properties of coating, railway industry

Производство и исследования избранных свойств систем покрытия „анты-граффити” для единиц подвижного состава

Резюме

В статье представлены и обсуждены проблемы связаны с сохранением чистоты подвижного состава. Внимание обращается на акты вандализма в виде рисования красками граффити на единицах подвижного состава. Обсуждены прежние способы удалить граффити и их преимущества и недостатки. Представлены результаты лабораторных исследований системы покрытия анты-граффити. В статье представлены результаты исследований системы анты-граффити в состав которой входит BO100-AGR. Исследования были проведены в согласии с текущими нормами и внутренними процедурами лаборатории. Целью процедур было шире определить эксплуатационные качества исследованной системы.

Ключевые слова: анты-граффити, удаление граффити, механические свойства окраски, железнодорожный транспорт