

Ocena wpływu składu systemu lakierniczego na jego właściwości ogniowe i użytkowe

Informację opracowała Jolanta RADZISZEWSKA-WOLIŃSKA¹

Streszczenie

W informacji przedstawiono zakres i wyniki badań właściwości ogniowych systemu lakierniczego, przeprowadzonych w ramach projektu własnego w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa. Badania te były częścią wspólnego przedsięwzięcia, realizowanego na podstawie porozumienia z 23.12.2016 r. o współpracy w zakresie działania Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa i Centrum Laserowych Technologii Metali Politechniki Świętokrzyskiej.

Celem podjętego tematu było opracowanie systemu lakierniczego z powłoką antygraffiti, spełniającego nowe europejskie wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego taboru szynowego. Przeprowadzone dotychczas testy różnych systemów malarskich, pochodzących od kilku producentów, uwiarykowały, że wymagania te są dużym wyzwaniem dla producentów. Najtrudniejszym do spełnienia jest pogodzenie wymaganych właściwości w zakresie rozprzestrzeniania płomienia z oczekiwanymi parametrami użytkowymi, takimi jak właściwości ochronne i dekoracyjne (szczególnie z elastycznością powłoki). W Laboratorium IK przeprowadzono wiele specjalistycznych testów właściwości ogniowych dla kolejno modyfikowanych eksperymentalnych powłok, opracowywanych przez producenta farb Barwa sp. z o.o., przy współpracy z Politechniką Świętokrzyską z uwzględnieniem wniosków Laboratorium IK, formułowanych na podstawie analizy wyników badań laboratoryjnych. Uzyskano pozytywne wyniki dla modyfikacji, polegającej na wprowadzeniu do systemu lakierowego farby pęczniejącej.

Słowa kluczowe: PN-EN 45545-2, bezpieczeństwo pożarowe taboru szynowego, powłoki lakierowe

W związku z zakończeniem okresu przejściowego TSI LOC&PAS [12], od dnia 1 stycznia 2018 r., materiały niemetalowe przeznaczone do budowy i wyposażenia wszystkich nowych pojazdów szynowych muszą spełniać wymagania normy europejskiej EN 45545-2:2013+A1:2015 [7]. W zależności od miejsca zastosowania, dla powłok lakierowych obowiązują następujące wymagania:

- R1 – dla wewnętrznych powierzchni pionowych,
- R7 – dla podwozia zewnętrznego szkieletu pudła, konstrukcji i części wózka, zbiorników montowanych na podwoziu, powierzchni zewnętrznych obudów zawierających urządzenia techniczne,
- R8 – dla dachu zewnętrznego szkieletu pudła oraz dla zbiorników zamontowanych na dachu,
- R17 – dla powierzchni zewnętrznych obudowy kabiny maszynisty.

Wymagania te uwzględniają następujące parametry:

- CFE (krytyczny strumień ciepła) [kW/m²] według ISO 5658-2 [2],
- MARHE (maksymalna średnia szybkość wydzielania ciepła) [kW/m²] według ISO 5660-1 [3],

- $D_{s_{max}}$ (maksymalna gęstość optyczna) [–] według EN ISO 5659-2 [1],
- CIT_G (standardowy indeks toksyczności) [–] według EN ISO 5659-2 [1] oraz EN 45545-2 [7] Annex C.

Wymagane wartości omawianych parametrów, w zależności od poziomu zagrożenia taboru (HL), przedstawiono w tablicy 1.

Badania laboratoryjne przeprowadzono dla kolejnych modyfikacji powłok lakierowych. Testowanie rozpoczęto, od uznanych za najtrudniejsze do spełnienia, badań nad rozprzestrzenianiem płomienia (CFE) oraz intensywnością wydzielania ciepła (MARHE). Wszystkie próbki były przygotowane na płytkach ze stali S355 o wymiarach zgodnych z poszczególnymi normami badawczymi. Powłoki według kolejnych modyfikacji były nakładane na podłoże w firmie Barwa sp. z o.o. za pomocą pistoletów firmy SATA. Po sezonowaniu w celu stabilizacji właściwości, płytki były dostarczane do Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa, gdzie zgodnie z wymaganiami podlegały klimatyzacji w standardowych warunkach (temperatura 23±2°C, wilgotność 50±5%) do osiągnięcia stałej masy.

¹ Dr inż.: Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji; e-mail: jradziszewska-wolińska@ikolej.pl.

Tablica 1

Wartości liczbowe dla poszczególnych parametrów określone w PN-EN 45545-2 [7]

Parametr	Wymaganie	Wartości wymagane dla określonego poziomu zagrożenia HL		
		HL1	HL2	HL3
CFE [kWm ⁻²] według ISO 5658-2	R1, R7	> 20	> 20	> 20
	R17	13	13	13
MARHE [kWm ⁻²] według ISO 5660-1	R1, R7, R17	–	< 90	< 60
	R8	–	< 50	< 50
D ₅ (4) [–] według EN ISO 5659-2	R1	< 600	< 300	< 150
D ₅ max [–] według EN ISO 5659-2	R7, R8, R17	–	< 600	< 300
VOF ₄ [min] według EN ISO 5659-2	R1	< 1200	< 600	< 300
CIT ₆ [–] według EN ISO 5659-2	R1, R17	< 1,2	< 0,9	< 0,75
	R7, R8	–	< 1,8	< 1,5

W pierwszym etapie projektu, badaniom poddano system lakierowy XPC z zastosowanymi różnymi powłokami antygraffiti. Wyniki CFE (11,1–12,4 kW/m²), jak i MARHE (167,9–198,1 kW/m²) zdecydowanie odbiegały od wartości wymaganych normą [7] i jednocześnie wykazały brak istotnego wpływu zastosowanej warstwy antygraffiti na przebieg procesu spalania. Wynika to z faktu, że w przeprowadzonych badaniach próbki były poddane działaniu promieniowania cieplnego o natężeniu wynoszącym 50 kW/m², co symuluje warunki rozgorzałego pożaru [6, 9]. W efekcie spaleni ulegały wszystkie warstwy systemu powłokowego, w których warstwa antygraffiti miała grubość tylko 60 μm, czyli znikomą wartość w stosunku do grubości całego systemu wynoszącą średnio 2436 μm.

Pierwotnie założony kierunek modyfikacji dotyczył opracowania nowej szpachli do ukrycia wszelkich nierówności podłoża i uzyskania jak największej płaskości lakierowanej powierzchni pudeł wagonów, czyli najgrubszej i najbardziej palnej warstwy systemu malarskiego w systemach powłokowych, nakładanych na ściany zewnętrzne pojazdów szynowych. Jakość szpachli ma wpływ na większość parametrów całego systemu, a szczególnie na jego elastyczność, odporność na wytłaczanie, zarysowanie i uderzenie, a także na właściwości ogniowe.

W pierwszym etapie modyfikacji, badaniom poddano warstwę szpachli o grubości rzędu ~ 2000 μm. Przeprowadzone badania wykazały duży wpływ rodzaju i ilości zastosowanego utwardzacza na otrzymywane wyniki CFE, które dla poszczególnych wariantów modyfikacji zawierały się w przedziale od 7,0 kW/m² do 13,6 kW/m².

Jako następne, przeprowadzono badania mające na celu ukierunkowanie dalszych prac modyfikacyjnych, w celu określenia wpływu grubości najlepszej szpachli na jej właściwości ogniowe w zakresie rozprzestrzeniania płomienia. Testom poddano próbki szpachli poliestrowej LongLife 3 o grubościach 1000 μm, 2000 μm oraz 3000 μm, przygotowane na podkładzie epoksydowym SPR91001 o grubości 80 μm. Otrzymano wartości MARHE w granicach 126,6–161,1 kW/m² oraz CFE 8,2–8,9 kW/m², co oznacza, że ten kierunek badań nie przyniósł oczekiwanego efektu. Wy-

konane testy potwierdziły duży wpływ szpachli na negatywne wyniki całych systemów lakierowych i konieczność poszukiwania innych rozwiązań.

W drugim etapie modyfikacji wprowadzono w dwóch wariantach dodatkową, zewnętrzną warstwę ochronną, wykazującą jednak stosunkowo słabą przyczepność powłoki nawierzchniowej, która w badaniach, symulujących warunki rozgorzałego pożaru ulegała silnemu pęcherzeniu, a następnie pękaniu i odsłanianiu warstw wewnętrznych. Otrzymane wartości CFE wahały się w zakresie od 15,2 kW/m² do 17,1 kW/m², czyli również poniżej wymaganej wartości 20,0 kW/m².

W kolejnym etapie prac do systemu wprowadzono warstwę pęczniącą w celu ograniczenia wpływu dostępu źródła zapłonu do głębszych warstw, a szczególnie do szpachli. Jako pierwsze wykonano badania CFE dla systemu z lakierem antygraffiti XPC 60036 w dwóch wariantach, czyli z zastosowaniem farby pęczniącej o grubości 200 μm, umieszczonej jako trzeciej lub czwartej warstwy. W obu przypadkach przyjęto grubość szpachli równą 2000 μm. Badania laboratoryjne umożliwiły stwierdzenie, że wprowadzenie do systemu lakierowego testowanej farby pęczniącej, jako trzeciej warstwy powłoki stanowi właściwy kierunek modyfikacji w celu ochrony systemu przed rozprzestrzenianiem ognia. W związku z tym, w dalszej kolejności podjęto badania mające określić wymaganą grubość warstwy pęczniącej, umieszczonej jako trzeciej w systemie, umożliwiającą spełnienie wymagań dla CFE. Testy wykonano dla grubości 200 μm, 400 μm, 600 μm, 800 μm oraz 1000 μm. Jako warstwę antygraffiti, we wszystkich próbkach zastosowano lakier BO-100AGR, mający najlepsze właściwości fizyko-chemiczne z testowanych lakierów. Badania wykazały, że grubość warstwy pęczniącej wynosząca 600 μm umożliwiła uzyskanie granicznej, pozytywnej wartości CFE. Najlepsze wyniki, w pełni spełniające wymagania normy PN EN 45545-2:2013+A1:2015 [7], uzyskano dla systemu składającego się z następujących warstw:

- podkład epoksydowy SPR91001 – 80 μm,
- szpachla LongLife – 2000 μm,
- warstwa pęczniąca – 600 μm,

- lakier wypełniający XPP40003 – 60 µm,
- lakier bazowy XPB 710 – 40 µm,
- lakier antygraffiti BO-100AGR – 60 µm.

Dalsze pogrubianie warstwy pęczniającej, a tym samym wzrost grubości całego systemu powłokowego, powodowało pogarszanie właściwości ogniowych, co należy tłumaczyć istotnym dla określanych parametrów wzrostem łącznej masy palnej powłoki. Badania właściwości dymowych i toksycznych opisanego systemu powłokowego potwierdziły spełnienie parametrów dla poziomu zagrożenia HL2.

Równocześnie z badaniami ogniowymi wykonywanymi w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa, na Politechnice Świętokrzyskiej prowadzono badania fizyko-mechaniczne powłok obejmujące takie parametry jak:

- struktura geometryczna,
- odporność korozyjna,
- mikrotwardość,
- przyczepność i oznaczenie innych symptomów uszkodzenia mechanicznego

Wyniki z tych badań, przedstawione we wspólnych publikacjach Instytutu Kolejnictwa, firmy Barwa oraz Politechniki Świętokrzyskiej [4, 5, 8, 10, 11], potwierdziły także spełnienie wymagań w zakresie właściwości użytkowych, takich jak właściwości ochronne i dekoracyjne, a szczególnie łatwość aplikacji oraz elastyczność powłoki.

Bibliografia

1. EN ISO 5659-2: Plastics – Smoke generation – Part 2: Determination of optical density by a single-chamber.
2. ISO 5658-2:2006: Reaction to fire tests — Spread of flame — Part 2: Lateral spread on building and transport.
3. ISO 5660-1: Reaction-to-fire tests –Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).
4. Pasiarczyński Ł., Radek N., Radziszewska-Wolińska J.M.: *Operational properties of anti-graffiti coating systems for rolling stock*, Advanced in Science and Technology Research Journal, ISSN 2299-8624, 2018; 12(1), March 2018, p. 127–134.
5. Pasiarczyński Ł., Radek N., Radziszewska-Wolińska J.M.: *Wytwarzanie i właściwości systemów powłokowych „antygraffiti” dla pojazdów szynowych*, monografia naukowa: Zasoby wiedzy i technologii w kreowaniu wartości przedsiębiorstwa, Częstochowa 2017.
6. Peacock Richard D. et.al.: *Fire Safety of Passenger Trains; Phase III: Evaluation of Fire Hazard Analysis Using Full-Scale Passenger Rail Car Tests*, NISTIR 6563, April 2004.
7. PN EN 45545-2:2013+A1:2015: Kolejnictwo. Ochrona przeciwpożarowa w pojazdach szynowych. Część 2: Wymagania dla materiałów i elementów w zakresie właściwości ogniowych.
8. Radziszewska-Wolińska J.M., Radek N., Pasiarczyński Ł.: *Fire properties of „anti-graffiti” coating for rolling stock – IEEE Transactions and Journal*, 07 June 2018.
9. Radziszewska-Wolińska J.M.: *Development of requirements for fire protection of rolling stock in Poland and its comparison with EN 45545*, Railway Reports, vol. 57, issue 160, pp. 109–120, 2013.
10. Radziszewska-Wolińska J.M. et.al.: *Influence of composition of anti-graffiti coating system used in rolling stock on fire and structure properties*. TECHNICAL TRANSACTIONS 10/2018, p.187–193.
11. Radziszewska-Wolińska J.M.: *Fire properties of anticorrosion coatings to rolling stock*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Czasopismo Techniczne, Mechanik Technical Transactions, Mechanics, issue 3-M/2016, pp. 79–86.
12. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1302/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor – lokomotywy i tabor pasażerski” systemu kolei w Unii Europejskiej Dz.U. UE L 356 z 12.12.2014.

Informację opracowano na podstawie pracy pt: Ocena wpływu składu systemu lakierniczego na jego właściwości ogniowe i użytkowe”; autor: Jolanta Maria Radziszewska-Wolińska; Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa; czerwiec 2018 r.