

Mgr inż. Danuta Milczarek,
Inż. Elżbieta Naduk
Instytut Kolejnictwa

FARBY WODOROZCIEŃCZALNE W TABORZE SZYNOWYM – WYMAGANIA PRAWNE I UŻYTKOWE

SPIS TREŚCI

1. Akty prawne Unii Europejskiej w sprawie ograniczenia emisji LZO
2. Farby wodorozcieńczalne
3. Badania właściwości fizyko-chemicznych powłok lakierowych
4. Podsumowanie

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zgodne z dyrektywą Rady 1999/13/WE metody kontroli ulatniających się do atmosfery par rozpuszczalników organicznych oraz dopuszczalne maksymalne wartości LZO, zgodne z dyrektywą 2004/42/WE dla farb, lakierów i produktów pomocniczych w pracach wykończeniowych przy pojazdach. Pokazano możliwe sposoby ograniczenia emisji LZO, a jako jeden z nich wskazano zastosowanie farb wodorozcieńczalnych. Zaprezentowano ogólny podział i właściwości fizyko-chemiczne oraz zalety i wady powłok wodorozcieńczalnych. Opisano przykłady doświadczalnego zastosowania farb wodorozcieńczalnych do malowania taboru szynowego. Przedstawiono stosowany w Instytucie Kolejnictwa program badań i oceny zdolności systemów lakierowych do zabezpieczeń taboru pasażerskiego i towarowego przed korozją.

1. AKTY PRAWNE UNII EUROPEJSKIEJ W SPRAWIE OGRODICZENIA EMISJI LZO

Polska jest krajem, w którym dotychczas do zabezpieczania powierzchni stalowych w taborze szynowym stosuje się głównie wyroby rozpuszczalnikowe, m.in. alkidowe, epoksydowe i poliuretanowe. Wieloletnie prace mające na celu ochronę środowiska naturalnego zaowocowały przepisami UE, które stają się coraz bardziej restrykcyjne w dziedzinie ochrony środowiska, a zwłaszcza redukcji emisji lotnych związków organicznych.

Dyrektywa Rady 1999/13/WE z dnia 11 marca 1999 r. w sprawie ograniczenia emisji lotnych związków organicznych spowodowanej użyciem organicznych rozpuszczalników podczas niektórych czynności i w niektórych urządzeniach [2], ma na celu obniżenie lub zapobieganie pośrednim lub bezpośrednim wpływom emisji lotnych związków organicznych do środowiska głównie do powietrza, a także potencjalnemu ryzyku dla ludzkiego zdrowia poprzez zapewnienie środków i odpowiednich procedur.

Do czasu publikacji dyrektywy Rady 1999/13/WE dotyczącej ograniczenia emisji rozpuszczalników (*The Solvent Emissions Directive SED*) – legislacja emisji rozpuszczalników podczas nakładania farb i procesów technologicznych im towarzyszących, pozostawała w gestii poszczególnych państw. Obecnie dyrektywa SED, jako dyrektywa Unii Europejskiej wymaga od wszystkich państw członkowskich stosowania takich samych przepisów i dat docelowych ich wprowadzania. W myśl dyrektywy Rady 1999/13/WE lotny związek organiczny LZO to każdy związek organiczny, który w temperaturze 293,15 K ma ciśnienie pary 0,01 kPa lub wyższe lub posiadający analogiczną lotność w szczególnych warunkach użytkowania. W dyrektywie podano użytkownikom dwie opcje dostosowawcze:

- monitorowanie emisji i emisji ulotnych,
- plan obniżenia emisji.

Monitorowanie emisji i emisji ulotnych

Użytkownicy mogą wybrać stosowanie tych samych produktów, włączając farby o niskiej zawartości substancji stałych (dużej zawartości rozpuszczalników) pod warunkiem, że mogą wykazać, iż ilość rozpuszczalnika emitowana w gazach wylotowych jest niższa niż wartość graniczna wymagana w dyrektywie SED. Zmusza to do regularnych pomiarów LZO w punktach wylotowych z procesu malowania. W przypadku monitorowania muszą być również wliczone emisje ulotne – należą do nich niekontrolowane straty przez drzwi, okna, otwory wentylacyjne itp. Pomiar LZO przedstawiane są jako ilość miligramów pierwiastka węgla na m³ gazu wylotowego.

Plan obniżenia emisji

W planie obniżenia emisji, od użytkowników wymaga się prowadzenia dokładnych zapisów dotyczących wszystkich rozpuszczalników stosowanych w ich procesie lub zakładzie i rozliczenia wszystkich ich rozchodów i przychodów. Do przychodów zalicza się wszystkie rozpuszczalniki używane do rozcieńczania i mycia oraz dostarczane w farbach. W dyrektywie zdefiniowano możliwości rozchodu, z których dwie najważniejsze to emisja w gazach odlotowych i emisje „przypadkowe” ulotne.

„Plan zarządzania rozpuszczalnikami” i raport – oparte na zebranych danych o przychodzie i rozchodzie w pewnym okresie – zgodnie z przepisami, zazwyczaj raz w roku muszą być przedłożone właściwym organom, odpowiedzialnym za ochronę środowiska. Ilość rozpuszczalnika użytego podczas malowania daną masą farby można obliczyć na podstawie planu zarządzania rozpuszczalnikami i aby sprostać wymaganiom dyrektywy SED musi być ona niższa od określonego limitu. Obydwie opcje nakładają na użytkow-

ników dodatkową odpowiedzialność, czemu towarzyszy nieunikniony wzrost kosztów nakładania powłok.

W styczniu 2007 r. weszła w życie Dyrektywa 2004/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie ograniczeń emisji lotnych związków organicznych w wyniku stosowania rozpuszczalników organicznych w niektórych farbach i lakierach oraz produktach do odnawiania pojazdów [3]. Istotą tej dyrektywy jest ograniczenie ogólnej zawartości LZO w niektórych farbach, lakierach i produktach do odnawiania pojazdów, w celu zapobiegania lub redukcji zanieczyszczeń powietrza, wynikających z udziału LZO w tworzeniu ozonu troposferycznego. W myśl dyrektywy 2004/42/WE, lotny związek organiczny LZO to każdy związek organiczny o początkowej temperaturze wrzenia mniejszej lub równej 250°C, mierzonej przy ciśnieniu normalnym 101 325 Pa. Dyrektywa określa maksymalne dopuszczalne wartości LZO dla farb i lakierów (tabl. 1 i 2). Była ona wprowadzana dwuetapowo: etap I obowiązywał od 1.01.2007 r., etap II – od 1.01.2010 r.

Tablica 1

Maksymalne zawartości LZO w g/l w farbach i lakierach według załącznika II Dyrektywy 2004/42/WE [1]

Produkt	Typ	Zawartość LZO w g/l	
		Etap I (od 1.01.2007)	Etap II (od 1.01.2010)
Farby podkładowe na drewno, ściany i sufit	wodny	50	30
	rozpuszczalnikowy	450	350
Farby podkładowe i do pokryć pośrednich elementów wykończeniowych i okładzin z metalu, drewna lub tworzyw sztucznych	wodny	150	130
	rozpuszczalnikowy	400	300
Farby na stal, cynk i aluminium na drewno i beton odporne na graffiti	wodny	140	140
	rozpuszczalnikowy	600	500
Farby nawierzchniowe	wodny	300	200
	rozpuszczalnikowy	500	200

Tablica 2

Wartości dopuszczalne maksymalnej zawartości LZO dla produktów do prac wykończeniowych przy pojazdach według załącznika II Dyrektywy 2004/42/WE [1]

Produkt	Rodzaje	Zawartość LZO w g/l (od 1.01.2007)
Przygotowawcze i czyszczące	Materiały przygotowawcze czyszczące wstępnie	850
Podkład	Szpachlówka, farba podkładowa na metal	540
Pokrycia nawierzchniowe	zewewnętrzne wszystkie typy	420

Zawartość LZO jest oznaczana zgodnie z ISO 11890-2: 2002. Plan obniżenia emisji LZO zmusza użytkownika do podjęcia działań, które nie pozwolą na uzyskanie ilości emitowanych par lotnych związków organicznych przekraczających wymagania dyrektywy. Może to być:

- stosowanie farb:
 - o zwiększonej zawartości części stałych,
 - wodorozcieńczalnych,
 - proszkowych,
 - utwardzanych UV,
- zbieranie i odzyskiwanie rozpuszczalnika,
- spalanie rozpuszczalnika.

2. FARBY WODOROZCIEŃCZALNE

Konieczność redukcji emisji LZO do atmosfery spowodowała, że coraz większe znaczenie uzyskują powłoki otrzymywane z wodorozcieńczalnych materiałów polimerowych. Wodorozcieńczalne substancje powłokowe są kompozycjami zawierającymi znaczny udział wody w lotnych produktach odparowujących podczas formowania powłoki.

Wodorozcieńczalne farby i lakiery można podzielić na dwie grupy:

- rozpuszczalne w wodzie,
- dyspergowane w wodzie.

Nierozpuszczalne w wodzie układy są dyspersjami (zawiesinami) stałych cząstek polimeru w wodzie, tworząc wodne dyspersje stałych cząsteczek lub ciekłych cząsteczek żywic w wodzie oraz wodne dyspersje ciekłych żywic. W praktyce wszystkie układy polimerowych substancji wodorozcieńczalnych mieszczą się pomiędzy tymi skrajnymi przypadkami. Niektóre żywice rozpuszczają się tylko w mieszaninach rozpuszczalnikowych typu rozpuszczalnik organiczny – woda, niektóre rozpuszczają się tylko w wodzie. Inne materiały powłokowe otrzymuje się z mieszaniny polimerów rozpuszczalnikowych i dyspergowanych w wodzie. Wymienione układy są pośrednim ogniwem między układami rozpuszczalnikowymi a nierozpuszczalnymi w wodzie i nazywają się dyspersją koloidalną.

Z technicznego punktu widzenia, najważniejszym wyróżnikiem klasyfikacji obejmującej wszystkie rodzaje farb wodorozcieńczalnych, jest typ dyspersji macierzystej. Spoiwo wraz z zawieszonymi w nim pozostałymi składnikami powłoki może być rozproszone w środowisku rozcieńczalnika (wody) trzema sposobami. Są to:

- roztwory spoiw wodorozpuszczalnych i wodorozcieńczalnych,
- dyspersje spoiw tworzących fazę koloidalną w wodzie,
- emulsje spoiw zawieszonych w wodzie.

Farby wodorozpuszczalne wytwarza się ze spoiwa, których cząsteczki tworzą z wodą roztwory rzeczywiste. Takie spoiwa są produkowane w procesach polimeryzacji lub

polikondensacji. Otrzymane spoiwa zawierają zwykle rozpuszczalniki organiczne w rodzaju alkoholi, eterów glikolowych i innych rozpuszczalników mających w cząsteczce tlen. Takie rozpuszczalniki są rozpuszczalne w wodzie całkowicie lub częściowo (w ilości od 10 do 15%). Udział suchej masy w farbach o spoiwach wodorozpuszczalnych wynosi zwykle od 30 do 40%. W skład takich produktów wchodzi żywice alkidowe, poliestrowe, poliakrylowe, epoksydy. Tworzą one powłoki względnie wrażliwe na wilgoć, ale również cechujące się dobrym połyskiem, łatwą pigmentacją oraz stabilnością w magazynowaniu. Ponadto dobrze zwilżają podłoże i mają dobrą odporność antykorozyjną.

2.1. Ekologiczna klasyfikacja farb wodorozcieńczalnych

Decyzja o wprowadzeniu farb wodorozcieńczalnych w miejsce rozpuszczalnikowych nie kończy problemów z ochroną środowiska. Pozwala tylko pozbyć się kłopotów stwarzanych przez ksylen, toluen i tym podobne. W miejsce znanych i precyzyjnie unormowanych problemów, pojawiają się problemy zupełnie nowe lub mało znane. Jak wynika z tablicy 3, farby wodorozcieńczalne też zawierają rozpuszczalniki organiczne – wprawdzie w znacznie mniejszej ilości. Przegląd typów i podtypów wyrobów zaliczanych do farb wodorozcieńczalnych wskazuje na duże zróżnicowanie ich składu. Należy więc spodziewać się poważnych różnic w składzie oparów pochodzących z suszarni oraz zmian wielkości emisji, wynikających z większego zużycia energii cieplnej.

Tablica 3

Różnice charakterystyk fizycznych i użytkowych układów wodorozcieńczalnych polimer / woda [7]

Właściwości	Dyspersja wodna (emulsja)	Dyspersja koloidalna	Wodorozpuszczalny
Wygląd	nieprzezroczysta (mleczna) rozprasza światło	mętnoprzezroczysta (opalescencyjna), rozprasza światło	przezroczysty, nie rozprasza światła
Wielkość cząstek	$\geq 0,1 \mu\text{m} \div 5,0 \mu\text{m}$	$\sim 0,02 \div 1,0 \mu\text{m}$	$< 0,005 \mu\text{m}$ (ok. $0,001 \mu\text{m}$)
Typowa zawartość rozpuszczalnika organicznego,	0%	3÷6%	10÷20%
Ciężar cząsteczkowy	$\sim 10^3 \times 10^3$	$20 \times 10^3 \div 200 \times 10^3$	$< 5 \times 10^3 \div 50 \times 10^3$
Lepkość	mała, niezależna od M polimeru	większa, w pewnym stopniu uzależniona od M polimeru	duża, bardzo silnie uzależniona od M polimeru
Kontrola lepkości	wymagają dodatków zagęszczających	zagęszczane przez dodatki współrozpuszczalników	zależy od M polimeru
Zawartość części stałych przy lepkości użytkowej	duża	średnia	mała
Twardość powłoki	znakomita	znakomita	bardzo dobra
Odporność chemiczna	znakomita	dobra – znakomita	dostateczna – dobra
Odporność mechaniczna	znakomita	znakomita	dobra
Przygotowanie	skomplikowane	pośrednie	proste
Dyspersgowalność (zwilżalność pigmentów)	zła	dobra	znakomita
Połysk powłoki	nieznaczny	dobry / wysoki	wysoki

Podejmując decyzje o rodzaju farby dla nowej linii malarskiej, powinniśmy uzyskać od dostawcy informacje o zawartości specjalnych rozpuszczalników organicznych i koalescentów. Jest to niezbędne w celu zaprojektowania odpowiedniego systemu przechwytywania oparów z suszarni. Również będzie to ważne do oceny zagrożenia pożarowego instalacji, a ponadto może zaważyć na zaklasyfikowaniu odpadów płynnych i stałych. Nie da się jednak ukryć, że problemy z wyborem spośród licznych typów oraz asortymentów farb wodorozcieńczalnych należą do zupełnie innej kategorii niż wcześniejsze kłopoty związane z farbami rozpuszczalnikowymi. Praca w lakierni odbywa się na nieporównywalnie wyższym poziomie bezpieczeństwa przeciwpożarowego, higieny pracy i ochrony środowiska.

2.2. Przegląd farb wodorozcieńczalnych stosowanych do zabezpieczania pojazdów szynowych

Farby wodorozcieńczalne akrylowe

W przemyśle farb i lakierów coraz większą rolę odgrywają termoplastyczne i termoutwardzalne polimery akrylowe. Kopolimery i żywice akrylowe rozpuszczają się w wodzie dzięki obecności grup: $-OH$, $-COOH$, eterowych $-O-$, aminowych $-CONHCH_2OH$, ich rozpuszczalność zwiększa się wraz ze zmniejszającym się stopniem polimeryzacji. Głównymi zaletami powłok wodorozcieńczalnych akrylowych są: dobra przyczepność i odporność na działanie czynników atmosferycznych (tabl. 4).

Tablica 4

Właściwości powłokotwórcze wodorozcieńczalnych i rozpuszczalnikowych układów polimerów akrylowych [7]

Właściwości	Roztwór		Dyspersja	
	W rozpuszczalniku organicznym	Wodny	Wodna (lateks)	W rozpuszczalniku organicznym
Ciężar cząsteczkowy	średni	mały	bardzo duży	duży
Wytrzymałość mechaniczna powłoki	dobra	dobra	mniejsza niż roztworowych	
Połysk powłoki	wysoki	wysoki	gorszy niż roztworowych	
Łatwość otrzymywania powłoki	na ogół łatwa		z reguły skomplikowana	
Grubość powłoki	odpowiednia do cienkich powłok		odpowiednia do grubszych powłok	
Odporność powłoki na wodę	dobra	dość wrażliwa	dobra	
Szybkość schnięcia powłoki	łatwa do regulacji (duża lub mała)	mała	mała	łatwa do regulacji (duża lub mała)

Farby wodorozcieńczalne alkidowe

Żywice alkilowe są produktami kondensacji kwasów dikarboksylowych i alkoholi wielowodorotlenowych, modyfikowanych olejami lub kwasami tłuszczowymi. Powłoka

tworzy się w wyniku oksypolimeryzacji, która zwykle jest katalizowana obecnością sykatyw. W efekcie uzyskuje się dłuższy czas schnięcia, wydłużony dodatkowo przez obecność wody i środków pomocniczych w powłoce. Po wyschnięciu otrzymuje się powłokę w pełni usieciowaną, nieporowatą, o małej przepuszczalności dla gazów i cieczy.

Farby wodorozcieńczalne epoksydowe

Wyjątkowo dobre właściwości powłokotwórcze i adhezyjne żywic epoksydowych wynikają z obecności w ich cząsteczkach grup eterowych nadających łańcuchom giętkość, grup wodorotlenowych zwiększających adhezję do różnorodnych podłoży, a także reaktywnych grup epoksydowych umożliwiających sieciowanie. Większość produkowanych żywic wykorzystuje się w przemyśle farb i lakierów, a w tej grupie coraz większe znaczenie mają powłokotwórcze układy wodorozcieńczalne. Układy epoksydowe rozcieńczalne wodą stanowią bazę błonotwórczą dwuskładnikowych wyrobów lakierowych, które ze względu na połączenie wysokich właściwości ochronnych z komfortem pracy, wywołują coraz większe zainteresowanie.

Wodne systemy epoksydowe należą do najbardziej ekologicznych, gdyż nie zawierają rozpuszczalników organicznych, podczas utwardzania nie wydzielają się lotne produkty. Właściwości odpornościowe i antykorozyjne powłok wyrobów epoksydowych wodorozcieńczalnych nie ustępują powłokom epoksydowym rozpuszczalnikowym. Schnięcie (utwardzanie) powłok wodorozcieńczalnych wyrobów epoksydowych polega na jednoczesnym odparowywaniu wody oraz reakcji żywicy z utwardzaczem. Czas schnięcia jest zależny od warunków odparowania wody z powłoki, czyli od temperatury i wilgotności powietrza.

Farby wodorozcieńczalne poliuretanowe

Dyspersje poliuretanowe są najnowocześniejszymi typami wodnych wyrobów lakierowych. Mogą to być układy jednoskładnikowe – wtórne dyspersje termoplastyczne lub układy dwuskładnikowe. Dwuskładnikowe wodne układy poliuretanowe mogą być stosowane jako układy schnące na powietrzu, w podwyższonej temperaturze lub jako piecowe.

Powłoki poliuretanowe wodorozcieńczalne cechują się wysoką odpornością na działanie czynników chemicznych i atmosferycznych oraz dobrą wytrzymałością mechaniczną (ścieralność) i elastycznością. Są to jednak wyroby mające wysoką cenę, dlatego są stosowane tylko tam, gdzie jest niezbędne stosowanie powłoki bardzo wysokiej jakości.

2.3. Zalety i wady farb wodorozcieńczalnych

Zalety farb wodorozcieńczalnych:

- mała emisja lotnych związków organicznych, a w szczególności węglowodorów aromatycznych,
- można posłużyć się klasycznym procesem nakładania powłoki,

- powodują mniej uciążliwe i trujące opary, co polepsza bezpieczeństwo i komfort pracy,
- czas trwałości farby podczas przechowywania jest dłuższy,
- proces oczyszczania sprzętu jest łatwiejszy,
- zmniejszają lub wykluczają odpady klasyfikowane jako niebezpieczne,
- powierzchnia wymalowania ma dobrą i bardzo dobrą jakość pod względem równomierności koloru i grubości, odporności mechanicznej,
- większość farb nadaje się do recyklingu lub do powtórnego użycia, co poprawia wydajność ogólną malarni,
- niektóre odpady mogą po wysuszeniu być przyjęte jako odpady ogólnoprzemysłowe.

Wady farb wodorozcieńczalnych:

- mają tendencję do pienienia się w czasie mieszania i po nałożeniu powłoki,
- wymalowania kwalifikowane wymagają bardzo dobrego oczyszczenia podłoża (szczególnie odtłuszczenia),
- wymagają dłuższego czasu suszenia lub większej temperatury czynnika grzejącego,
- trudniej uzyskać wysoki połysk wymalowań,
- trudniej usunąć powłoki już wyschnięte,
- większa cena w przeliczeniu na masę suchego składnika w porównywaniu do farb rozpuszczalnikowych,
- ograniczona liczba spojów może posłużyć do budowy zestawów wodorozcieńczalnych,
- przestawienie linii do farb rozpuszczalnikowych na farby wodorozcieńczalne wymaga wielu udoskonaleń, np. rurociągi, zawory, filtry i inne urządzenia ze stali nierdzewnej i tworzyw sztucznych,
- rozpylanie wymaga dobrej kontroli i może być przyczyną obniżenia sprawności nakładania farby,
- aplikacja i suszenie wymagają dobrej regulacji temperatury i wilgotności,
- przechowywanie farby wymaga zamkniętych i ogrzewanych magazynów, gdyż powtarzający się cykl zamrażania i topnienia wody powoduje degradację farby,
- instalacja do produkcji powłok musi zawierać jednostkę demineralizacji wody – zalecenie stosowania wody zdemineralizowanej o przewodnictwie w zakresie 1–50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.4. Wymalowania taboru szynowego farbami wodorozcieńczalnymi

Wieloletnia praktyka malowania taboru szynowego farbami wodorozcieńczalnymi stosowana w Szwajcarii i Niemczech, zainspirowała do podjęcia prac badawczych w Polsce.

Zestawy ekologicznych wyrobów lakierowych przeznaczonych do malowania taboru szynowego opracowano w Instytucie Przemysłu Tworzyw i Farb w Gliwicach i wdrożono do produkcji w fabryce Polifarb Cieszyn S.A. [4]. W skład zestawu wchodziły:

- farba dyspersyjna do gruntowania przeciwrzeczna Hydrogrunt CP,

- emalia akrylowa dyspersyjna Hydronal CP w szerokiej gamie kolorystycznej według karty kolorów RAL.

Wodorozcieńczalny dyspersyjny zestaw lakierowy zastosowano do doświadczalnego malowania wagonów tramwajowych i kolejowych u następujących użytkowników: MZNT w Krakowie, ZNTK w Opolu i MPK we Wrocławiu. Pierwsze eksperymentalne wymalowanie wykonano w Zakładach Naprawczych Taboru Kolejowego w listopadzie 1994 roku.

Malowanie wykonano podczas naprawy głównej. Ze względu na trudności we właściwym przygotowaniu podłoża stalowego, wymalowanie powłoką gruntującą przeprowadzono według technologii stosowanej w kolejnictwie. Do antykorozyjnego zabezpieczenia podłoża zastosowano epoksydową farbę do gruntowania. Powłokę dekoracyjną wykonano wodorozcieńczalną emalią w kolorach: kość słoniowa RAL 1014, zielony RAL 6013, popielaty RAL 7042 z przeznaczeniem na dach. Wagon, oddany w grudniu 1994 r. do eksploatacji do Wagonowni PKP Rejon Katowice, jeździł w składzie pociągów dalekobieżnych.

Po półtorarocznym okresie eksploatacji, stan powłok oceniono jako porównywalny do wyglądu powłok poliuretanowych na innych wagonach po takim samym czasie eksploatacji. Stwierdzono dobrą wytrzymałość mechaniczną oraz łatwość w myciu i utrzymaniu w czystości. Następną ocenę stanu powłoki wodorozcieńczalnej wykonano po trzyipółletnim okresie użytkowania wagonu i stwierdzono bardzo dobrze zachowaną barwę oraz lekki spadek połysku w porównaniu do stanu początkowego. Ogólnie stan powłok na wagonie doświadczalnym nie odbiegał od stanu powłok poliuretanowych po tym samym czasie użytkowania.

Doświadczalne malowanie pojazdów szynowych systemem farb wodorozcieńczalnych, zostało również wykonane w sierpniu 1994 r. MZNT w Krakowie, gdzie pomalowano dwa wagony tramwajowe oraz w 1995 r. w MPK we Wrocławiu, gdzie użyto je do renowacyjnych wymalowań czterech wagonów tramwajowych. Ocena stanu powłok została określona jako zadawalająca, a po upływie 3,5 lat użytkowania, wagony tramwajowe malowane w Krakowie zachowały połysk i barwę.

3. BADANIA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNYCH POWŁOK LAKIEROWYCH

Powłoki lakierowe stosowane do malowania pojazdów szynowych poza względami ekologicznymi, muszą mieć wiele właściwości, wymuszanych przez wymagania jakim muszą sprostać (tablice 5–8).

Tablica 5

**Badania zdolności powłok lakierowych do zabezpieczania przed korozją według
DN nr 001/08/A1/10 [9] i Procedury U-120 BK 0145-1 [6]**

Rodzaj badania		Metodyka	Wartość wymagana
Odporność powłoki na działanie symulowanych zmiennych warunków atmosferycznych	Spęcherzenie	Procedura badawcza PB-LK-A14	0
	Zardzewienie		Ri0
	Spękanie		0
	Złuszczenie		0
	Skredowanie		0
	Korozja podłoża w nacięciu		≤2,0 mm
Odporność powłoki na działanie NaCl	Spęcherzenie	PN-EN ISO 9227:2007	0
	Zardzewienie		Ri0
	Spękanie		0
	Złuszczenie		0
	Korozja podłoża w nacięciu		<2,0 mm
Odporność powłoki na działanie naturalnych zmiennych warunków atmosferycznych	Spęcherzenie	PN-EN ISO 2810:2005	0
	Zardzewienie		Ri0
	Spękanie		0
	Złuszczenie		0
	Korozja podłoża w nacięciu		≤2,0 mm

Tablica 6

**Badania odporności fizyko-mechanicznej powłok lakierowych według
DN nr 001/08/A1/10 [9] i Procedury U-120 BK 0145-1 [6]**

Rodzaj badania		Metodyka	Wartość wymagana
Przyczepność	powłoki lakierowej	PN-EN ISO 2409:2007 PN-EN ISO 16276-2: 2008	≤1
	po badaniu w komorze NaCl		≤2
	po badaniu w komorze klimatycznej		
Odporność powłoki na uderzenie [cm]		PN-EN ISO 6272-1:2005	≥40
Wytrzymałość powłoki na tłoczenie [mm]		PN-EN ISO 1520:2007	≥4,0
Elastyczność powłoki [mm]		PN-EN ISO 1519:2011	≤10
Odporność powłoki na zarysowanie		PN-ISO15184:2001	H – 2H
Twardość		PN-EN ISO 1522: 2001	≥120 dla wahadła Kóniga ≥100 dla wahadła Persoza

Tablica 7

**Badania odporności powłok lakierowych na czynniki fizyko-chemiczne według
DN nr 001/08/A1/10 [9] i Procedury U-120 BK 0145-1 [6]**

Rodzaj badania	Metodyka	Wartość wymagana	
Odporność na wodę	Karta UIC 842-2	bez zmian lub niewielka zmiana zabarwienia	
Wytrzymałość na oziębienie zmienne	Karta UIC 842-2	bez zmian	
Odporność powłoki na działanie mediów agresywnych:	3% H ₂ SO ₄	PN-EN ISO 2812-3:2007	bez zmian (0) lub lekkie zmatowienie powierzchni
	5% CH ₃ COOH		
	2% NaOH		
	1% NaOH		
	woda wodociągowa		
Skuteczność zabezpieczenia powłoką antygraffiti	ASTM D6578-08	dobrze usuwa graffiti, powłoka po usunięciu graffiti bez zmian	

Tablica 8

**Badania właściwości palnościowych powłok lakierowych według
DN nr 001/08/A1/10 [9] i Procedury U-120 BK 0145-1 [6]**

Rodzaj badania	Metodyka	Wartość wymagana
Wskaźnik rozprzestrzeniania się płomienia	PN-K-02512: 2000	≤75
Odpadanie palących się części, kropel		brak
Właściwości dymowe:	wartość średnia naświetlania [lx]	>9000
	wartość średnia natężenia oświetlenia po 4 min. [lx]	PN-K-2501: 2000 i Karta UIC 564-2 załącznik 15
Stężenie CO i CO ₂ [ppm]	PN-93/K-02505	<6000

4. PODSUMOWANIE

Przepisy UE dotyczące ochrony środowiska stają coraz bardziej restrykcyjne. Dyrektywa 2004/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady (Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the Council) z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie ograniczeń emisji lotnych związków organicznych w wyniku stosowania rozpuszczalników organicznych w niektórych farbach i lakierach oraz produktach do odnawiania pojazdów, zmusza do stosowania wyrobów lakierowych o zmniejszonej zawartości LZO. Konieczne

jest więc opracowanie i wprowadzenie do stosowania systemów powłok wyrobów wodorozcieńczalnych, które pozwalałyby spełnić wymagania ochrony środowiska, stosowania wyrobów o zmniejszonej emisji lotnych związków organicznych, a jednocześnie charakteryzowałyby się właściwościami fizyko-chemicznymi wymaganymi od wyrobów lakierowych, stosowanych przy zabezpieczaniu pojazdów szynowych, celem spełnienia wymagań ochronno-dekoracyjnych w warunkach eksploatacji taboru kolejowego.

BIBLIOGRAFIA

1. Dyrektywa 2004/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 kwietnia 2004 w sprawie ograniczeń emisji lotnych związków organicznych w wyniku stosowania rozpuszczalników organicznych w niektórych farbach i lakierach oraz produktach do odnawiania pojazdów, a także zmieniająca dyrektywę 1999/13/WE. Dz.U. L143 z 30.4.2004.
2. Dyrektywa Rady 1999/13/WE z dnia 11 marca 1999 r. w sprawie ograniczenia emisji lotnych związków organicznych spowodowanej użyciem organicznych rozpuszczalników podczas niektórych czynności i w niektórych urządzeniach. Dz.U. L85 z 29.3.1999, s. 1–22. Polskie Wydanie Specjalne: Rozdział 15 Tom 04 P. 118–119.
3. Gerliz M.: *Wodorozcieńczalne dwuskładnikowe farby epoksydowe do ciężkiej ochrony antykorozyjnej*. „Ochrona przed korozją”. 2004, z. 9, s. 234–238.
4. Kuczyńska H.: *Ekologiczne malowanie wagonów w świetle wyników eksploatacyjnych*. „Ochrona przed korozją”, 1998, z. 11, s. 309–310.
5. Morris P.: *Uregulowania prawne dotyczące emisji rozpuszczalników w Unii Europejskiej – co oznaczają i jak się do nich dostosować*. „Ochrona przed korozją”. 2005, z. 5, s. 144–149.
6. Procedura dopuszczenia systemów powłokowych (pokryć) stosowanych na pojazdach kolejowych U-120 BK 0145-1. PKP CARGO S.A.
7. Spychaj T., Spychaj S.: *Farby i kleje wodorozcieńczalne*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1996.
8. Spychaj T., Spychaj S., Kowalczyk K.: *Powłoki z wodorozcieńczalnych kompozycji epoksydowych na podłoża stalowe. Ochrona przed korozją* 2006, z. 4, s. 124–127,
9. *Wyroby lakierowe stosowane w pasażerskim taborze szynowym w lokomotywach, wagonach i zespołach trakcyjnych*. Dokument Normatywny DN001/08/A1/10. Warszawa, Instytut Kolejnictwa, 2010.