

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Siraka

pt.: **Badania i ocena trwałości połączenia adhezyjnego powłoki lakierniczej z powierzchnią nadwozia samochodowego**

wykonana na zlecenie Prorektora ds. Rozwoju Kadry i Współpracy z Zagranicą,
prof. dr hab. Sławomira Bukowskiego z dnia 15 kwietnia 2019 r.,
na podstawie uchwały Rady Wydziału Mechanicznego UTH z dnia 14.03.2019 r.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedmiotem badań, w przedłożonej do recenzji rozprawie, były powłoki lakiernicze stosowane do pokrywania nadwozi samochodowych, jako szczególnego przypadku obiektów technicznych. Zagadnienia ochrony obiektów technicznych przed korozją należą do najważniejszych problemów w dziedzinie eksploatacji. Nadwozia samochodowe podczas eksploatacji narażone są na oddziaływania zarówno czynników klimatycznych, jak i środowiskowych w postaci m.in.: kwaśnego deszczu, solanki, nawozów sztucznych i naturalnych, środków ochrony roślin, cząstek erozyjnych, mikro- i makroorganizmów, a także obciążeń mechanicznych. Pod ich wpływem stan powierzchni powłoki lakierniczej obiektu technicznego (nadwozia samochodu) zmienia się. Jednoczesne oddziaływanie czynników klimatycznych i środowiskowych przyczynia się do utraty właściwości ochronnych i dekoracyjnych powłok. W ich strukturze powstają nieodwracalne zmiany natury chemicznej i fizycznej. W dalszych okresach eksploatacji zachodzi pękanie, tworzenie się pęcherzy, a także rozwój porów w strukturze materiału powłokowego.

Kinetyka destrukcji powłok polimerowych pod wpływem czynników klimatycznych i środowiskowych nie jest wystarczająco poznana, co wynika ze znacznej złożoności tych procesów. Racjonalne prognozowanie trwałości eksploatacyjnej powłok ochronno-dekoracyjnych wymaga poznania procesów destrukcji, jakim podlegają w rzeczywistych warunkach eksploatacji oraz kinetyki tych procesów.

Spośród czynników eksploatacyjnych największy wpływ na intensywność starzenia (utleniania) powłok polimerowych ma promieniowanie ultrafioletowe, wywołujące kolejne etapy degradacji polimeru.

W niechronionych powłoką polimerową obszarach metalowego podłoża rozwijają się obszary anodowe, w których, na skutek przebiegu reakcji korozyjnych, tworzą się produkty korozji. Natomiast na obrzeżach defektów, pod powłoką polimerową, powstają obszary katodowe, będące ogniskami inicjacji procesów generowania pęcherzy w powłoce i jej delaminacji.

W celu zwiększenia właściwości ochronnych powłok polimerowych stosuje się wielowarstwowe systemy powłok, ponieważ szybkość dyfuzji mediów agresywnych w powłokach polimerowych maleje w miarę zwiększania liczby ich warstw. Zwiększenie skuteczności ochronnej powłok polimerowych można osiągnąć wprowadzając do ich struktury nanonapełniacze, z których najczęściej używana jest nanokrzemionka, poprawiająca przede wszystkim odporność powłok polimerowych na wpływ promieniowania UV, a także na zarysowanie.

W literaturze przedmiotu znajdujemy wiele informacji o materiałach powłokowych, stosowanych do pokrywania nadwozi samochodowych i innych obiektów technicznych. Brak jest jednak rzetelnych informacji o badaniach trwałości takich powłok i mechanizmach zużycia w nich występujących.

Celem pracy była ocena trwałości połączenia adhezyjnego akrylowej powłoki podkładowej z powierzchnią stalowego podłoża. W tym celu wyznaczono kryteria oceny trwałości połączenia adhezyjnego powłoki podkładowej z powierzchnią stalowego podłoża, opracowano metodykę badań: właściwości fizykochemicznych systemów powłokowych, badań systemów powłokowych w naturalnych warunkach klimatycznych oraz podczas badań przyspieszonych (pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, solanki lub wodnego roztworu kwasu siarkowego. Przeprowadzono badania starzeniowe powłok akrylowych (z międzywarstwą poliesterową lub poliuretanową) pod wpływem naturalnych czynników klimatycznych (na stacji klimatycznej) lub warunkach laboratoryjnych. Wykonano badania właściwości fizykochemicznych systemów powłok akrylowych, dokonano oceny wpływu rodzaju starzenia na kinetykę destrukcji systemów powłok akrylowych i ocenę trwałości połączenia adhezyjnego akrylowej powłoki podkładowej z powierzchnią stalowego podłoża w zależności od rodzaju i długości okresu starzenia.

Motywnym przewodnim dla Autora pracy było uzyskanie informacji, jakie mechanizmy zużycia powłok ujawniają się podczas eksploatacji nadwozi samochodowych pokrytych powłokami polimerowymi, jakie są skutki zużycia i jak można ocenić w sposób przyspieszony ich trwałość. Wiedza taka może przyczynić się do uzyskania powłok bardziej odpornych na występujące podczas eksploatacji mechanizmy zużycia.

Zgodnie z powyższym należy uznać, że Doktorant podjął interesujący temat zarówno pod względem poznawczym, jak i utylitarnym.

Przygotowując swoje analizy i badania eksperymentalne Autor korzystał z bogatego zestawu materiałów źródłowych. Literatura zawiera 87 pozycji. Wśród zbioru bibliografii wymieniono 8 artykułów współautorstwa Autora dysertacji. Wszystkie pozycje odnoszą się bezpośrednio do zasadniczego tematu rozprawy. Większość (ściśle: 54) cytowanych pozycji literaturowych zostało wydanych po roku 2000, z nich 37 w ostatnich 10 latach. W pracy zamieszczono 228 rysunków oraz 48 tabel.

Rozprawa podzielona jest na 8 rozdziałów uzupełnionych o wprowadzenie, cel i program pracy oraz spisy tabel i ilustracji. Jest zapisana na 237 stronach.

We wprowadzeniu (4 str.) Autor opisał pokrótce podstawowe procesy, zachodzące podczas eksploatacji samochodowych powłok lakierniczych.

W kolejnym krótkim rozdziale (2 str.) przedstawiono cel i program pracy.

Rozdział 1 (50 str.) zawiera studium literaturowe dotyczące charakterystyki adhezji powłok polimerowych do podłoża, metod badania adhezji powłok polimerowych do podłoża, rodzajów destrukcji powłok polimerowych pod wpływem czynników klimatycznych i charakterystykę czynników klimatycznych, występujących podczas badań powłok w warunkach naturalnych. Przegląd literatury pozwolił na wyciągnięcie stosownych wniosków przed przystąpieniem do właściwych badań i oceny trwałości połączeń adhezyjnych powłoki lakierniczej z powierzchnią nadwozia samochodu. Część rozdziału (38 str.) zajmują dane klimatyczne dotyczące starzenia naturalnego badanych próbek. Wydaje się, że informacje te można było umieścić w załączniku do pracy. Obejmują one 6 etapów 6-cio miesięcznych, czyli łącznie 36 miesięcy starzenia naturalnego powłok.

W rozdziale 2 (6 str.) przedstawiono metodykę badań powłok akrylowych, w tym: materiały i sposób przygotowania próbek powłok akrylowych, badania starzeniowe powłok akrylowych, metody starzenia powłok akrylowych pod wpływem czynników klimatycznych w warunkach naturalnych, metody przyspieszonego starzenia powłok akrylowych pod wpływem: promieniowania ultrafioletowego, wodnego roztworu chlorku sodu, wodnego roztworu kwasu siarkowego i metodykę badań właściwości fizykochemicznych powłok akrylowych. Można uznać, że przyjęta metodyka badań powłok jest prawidłowa i wszechstronna.

W obszernym rozdziale 3 (80 str.) opisano sposób prowadzenia badań i oceny kinetyki destrukcji starzonych powłok akrylowych, w tym powłok starzonych pod wpływem: czynników klimatycznych, promieniowania ultrafioletowego, wodnego roztworu chlorku sodu oraz wodnego

roztworu kwasu siarkowego. Dokonano także oceny wpływu rodzaju starzenia na destrukcję oraz właściwości fizykochemiczne tych powłok. Każdy z 5 podrozdziałów kończy się podsumowaniem uzyskanych wyników badań.

W rozdziale 4 (13 str.) opisano badania i oceniono wpływ destrukcji starzonych powłok akrylowych na wytrzymałość połączenia adhezyjnego. Wzięto pod uwagę powłoki akrylowe starzone: klimatycznie, promieniowaniem ultrafioletowym, wodnym roztworem chlorku sodu, wodnym roztworem kwasu siarkowego. Oceniono wpływ starzenia na wytrzymałość połączenia adhezyjnego powłoki akrylowej ze stalowym podłożem. Rozdział 4 zawiera także opisy (wraz z dokumentacją fotograficzną) rodzaju zniszczenia połączenia powłoki z podłożem, wraz z wyznaczeniem wytrzymałości połączenia powłoki z podłożem. Ponadto zdefiniowano oraz zdeterminowano stan graniczny starzonych powłok akrylowych, w zależności od rodzaju zastosowanego starzenia.

W rozdziale 5 (10 str.) Autor przeprowadził ocenę trwałości połączenia adhezyjnego powłoki akrylowej z podłożem stalowym. Dokonał oceny wpływu oddziaływania czynników eksploatacyjnych na twardość powłok akrylowych na nadwoziach przykładowych pojazdów samochodowych, m.in. Suzuki Vitara, Volkswagen Tiguan, Passat, Opel Astra, Citroen C3, użytkowanych w różnych okresach.

W rozdziale 6 (6 str.) przeprowadzono ocenę wpływu oddziaływania czynników eksploatacyjnych na twardość powłok akrylowych nadwozi samochodów.

Ostatni rozdział (Zakończenie i wnioski) zawiera podsumowanie przeprowadzonych badań i analiz.

Wyniki wykonanych przez Autora badań wielokryterialnych pozwoliły na zrealizowanie głównego celu pracy, którym była ocena wpływu destrukcji starzonych powłok akrylowych na ich adhezję do powierzchni stalowego podłoża (nadwozia samochodu).

Jako kryteria trwałości eksploatacyjnej badanych powłok przyjęto: grubość powłok, połysk, chropowatość i topografię powierzchni, wytrzymałość połączenia adhezyjnego powłok ze stalowym podłożem, a także rodzaj destrukcji powłok (w postaci: pęknięć, pęcherzy, wytrawień i kraterów) i jej rozmiary, rosnące w miarę upływu okresu starzenia. Badania trwałości połączenia adhezyjnego powłoki akrylowej ze stalowym podłożem (nadwoziem) przeprowadzono tzw. metodą odrywową (wg PN-EN ISO 4624:2016-05).

Z dokonanego omówienia wynika, że przedstawiona do oceny rozprawa spełnia pod względem układu i podziału treści oraz kompletności materiału wymagania stawiane tego typu pracom.

Powyższe uwagi nie oznaczają jednak, że nie można mieć pewnych krytycznych uwag do poszczególnych zagadnień prezentowanych przez Doktoranta. Ich omówienie zamieszczono w punkcie „krytyczna ocena rozprawy”.

2. Nowości naukowe stanowiące oryginalny dorobek Doktoranta

Z przedstawionej charakterystyki rozprawy wynika, że podjęty temat ma zarówno znaczenia poznawcze, jak i użytkowe. Przyjęty w pracy sposób postępowania można uznać za właściwy, a zastosowane narzędzia i metody, jako adekwatne dla jej zakresu.

Jako podstawowe osiągnięcie Doktoranta w przedstawionej rozprawie można uznać opracowanie nowatorskiej, w zakresie projektowania i aplikacji zabezpieczeń lakierniczych, metodyki skracania badań, przez zastąpienie badań klimatycznych (długookresowych) badaniami przyspieszonymi, wykonywanymi pod wpływem czynników (w analizowanym przypadku promieniowania ultrafioletowego lub mediów agresywnych), dominujących w rozważanym środowisku eksploatacji powłok polimerowych, co nie było oczywiste do tej pory.

Godna podkreślenia jest naukowa dociekliwość Doktoranta przejawiająca się w bardzo szczegółowych analizach obserwowanych zjawisk.

W części eksperymentalnej praca zasługuje na wysoką ocenę ze względu na dużą staranność w zaplanowaniu, przygotowaniu i przeprowadzeniu badań.

3. Krytyczna ocena rozprawy

Recenzent ma szereg krytycznych uwag do tekstu pracy, ale w większości mają one charakter porządkowy (niepodważający strony merytorycznej rozprawy). Zostały one sformułowane z intencją, aby mogły być pomocne Doktorantowi w przygotowaniu ewentualnych przyszłych publikacji związanych z wynikami pracy.

Najważniejsze uwagi krytyczne.

- Str. 19, nie wyjaśniono wcześniej określenia „twardość ołówkowa”.
- Str. 66, dlaczego w badaniach użyto stali S235JRG2?
- Dlaczego wybrano wymienione wcześniej metody badań, a nie przeprowadzono np. badań zużycia ściernego powłok?
- Część wniosków zamieszczonych w rozprawie ma charakter bardzo szczegółowy, odnoszący się wyłącznie do warunków przeprowadzonego eksperymentu. Sądzę zatem, że celowym byłoby ich uogólnienie w nawiązaniu do postawionego celu pracy.

- We wprowadzeniu i rozdziałach pracy dotyczących opisów literaturowych występują powtórzenia, m.in. str. 9 – dwukrotnie o roli czynników klimatycznych, str. 10 i 24 o promieniowaniu UV.

4. Wnioski końcowe

W zakończeniu stwierdzam, że wniesione uwagi i zastrzeżenia nie mają zasadniczo negatywnego wpływu na moją wysoką ocenę rozprawy jako całości. Wyrażam nadzieję, że pomogą one Autorowi w przygotowaniu publikacji z zakresu tej tematyki badawczej oraz w jej kontynuacji.

Uważam, że rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, dotyczącego badań przyspieszonych powłok lakierniczych.

Przedstawiona dysertacja wskazuje jednoznacznie na dobre opanowanie przez Autora teoretycznych podstaw prowadzenia badań teoretycznych i doświadczalnych w zakresie trwałości obiektów technicznych. Tym samym spełnia wymagania ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) oraz ustawy Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1669).

Wnoszę więc o dopuszczenie mgr inż. Michała Siraka do publicznej obrony przedłożonej rozprawy doktorskiej.

Radom, 7.05.2019 r.

dr hab. inż. Wojciech Żurowski
prof. nadzw. UTH Radom

