



Prof. dr hab. inż. Gabriel Wróbel
Katedra Mechaniki Technicznej i Stosowanej
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice
Politechnika Śląska



Gliwice, 23.05.2019

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana mgra inż. Michała Siraka

pt. „Badania i ocena trwałości połączenia adhezyjnego
powłoki lakierniczej z powierzchnią
nadwozia samochodu”

w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna,
sporządzona na zlecenie Pana Profesora dra hab. Sławomira Bukowskiego,
Prorektora ds. Rozwoju i współpracy z zagranicą
Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego
w Radomiu, z dnia 2019.04.15.

Przedmiot pracy

Recenzowana praca, w zasadniczej, badawczej części obejmuje, zgodnie z tytułem pracy, zespół badań powłok lakierniczych, dedykowanych do powlekania blach karoseryjnych pojazdów samochodowych oraz ocenę ich trwałości, za miarę której przyjętych zostało szereg charakterystyk fizycznych, z których za ostateczną uznano trwałość połączenia adhezyjnego powłoki z blachą karoseryjną.

Część wstępna zawiera przegląd literatury w aspekcie stosowanych użytkowo charakterystyk adhezji powłok polimerowych do podłoża, ich miar oraz metod badania adhezji powłok do podłoża. Wskazano na czynniki klimatyczne, jako główną przyczynę postępującej degradacji powłok prowadzącej do spadku adhezji do podłoża.

Uzasadniając przyjęty program badań, wskazano na główne czynniki klimatyczne degradacji powłok:

- promieniowanie UV,
- oddziaływanie środowiska zawierającego NaCl,
- oddziaływanie środowiska zawierającego H₂SO₄.

Badaniom poddano powłoki lakiernicze na podłożu z blachy stalowej o grubości 2 mm. Uwzględniono dwa rodzaje nawierzchniowych powłok akrylowych: z międzywarstwą wodnorozpuszczalną oraz rozpuszczalnikową.

Mając na uwadze wymienione główne czynniki klimatycznej degradacji powłok przeprowadzone zostały przyspieszone badania w komorze UV oraz w kąpielach 5% NaCl i H₂SO₄. Jako referencyjne, przeprowadzono również badania starzenia systemów powłokowych w naturalnych warunkach klimatycznych. Wyznaczone zostały, zgodnie z przywołanymi normami, badania:

- wpływu starzenia klimatycznego w okresie 36 miesięcy na grubość powłok akrylowych,
- wpływu starzenia klimatycznego w okresie 36 miesięcy na twardość ołówkową powłok,
- połysku powłok akrylowych, starzonych klimatycznie w okresie 36 miesięcy,
- topografii powierzchni powłok akrylowych niestarzonej,
- topografii powierzchni powłok akrylowych starzonej klimatycznie w okresie 12 miesięcy,
- topografii powierzchni powłok akrylowych starzonej klimatycznie w okresie 24 miesięcy
- topografii powierzchni powłok akrylowych starzonej klimatycznie w okresie 30 miesięcy,
- topografii powierzchni powłok akrylowych starzonej klimatycznie w okresie 36 miesięcy,
- chropowatości powierzchni powłok starzonych klimatycznie w okresie 36 miesięcy,
- morfologii powierzchni powłok akrylowych starzonych klimatycznie.

Ocenie poddano zmianę tych charakterystyk po okresie prób oraz przebiegu zmian charakterystyk w warunkach badań. Przeprowadzone zostały badania wytrzymałości adhezyjnej powłok dla każdego z systemów powłok lakierniczych po umownych okresach starzenia.

Zaproponowano wprowadzenie umownych wskaźników czasu zniszczenia, wywołanego poszczególnymi czynnikami degradacji, w odniesieniu do efektu degradacji w warunkach naturalnych. Wskaźniki te wykorzystane zostały w sformułowanej hipotezie, stwierdzającej możliwość wnioskowania o skutkach procesu degradacji w warunkach klimatycznych na podstawie tychże, zaistniałych w warunkach przyspieszonych.

W końcowym rozdziale pracy zestawiono fotografie wyników badań twardości ołówkowej powłok lakierniczych blach karoseryjnych różnych egzemplarzy pojazdów samochodowych.

Treść pracy uzasadnia jej zakwalifikowanie do dyscypliny inżynieria mechaniczna w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych (2).

Uwagi ogólne

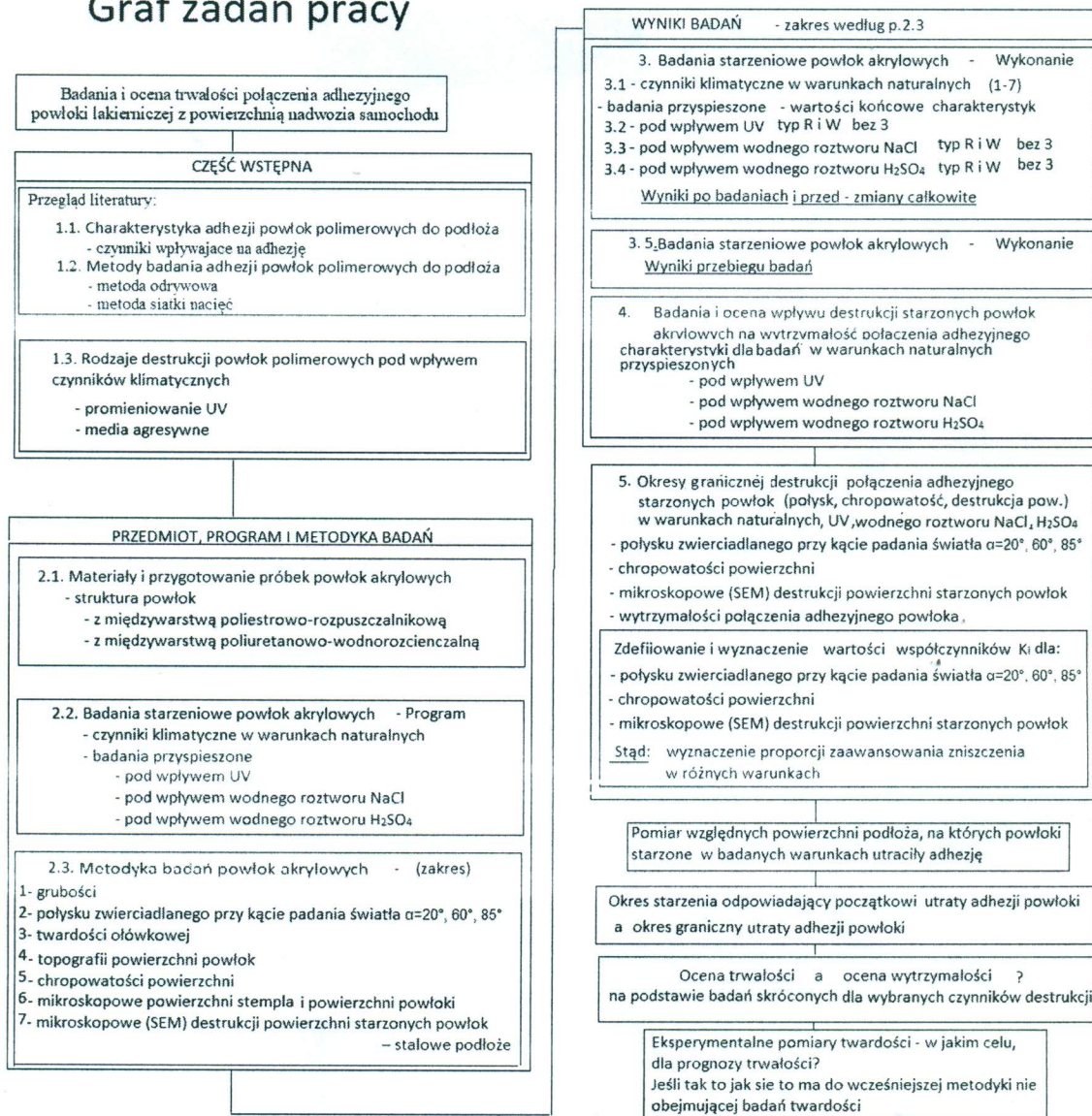
Pierwszą uwagą, jaka nasuwa się podczas lektury pracy, to brak, na wstępie, jasno wskazanego celu i innowacyjności podjętego programu pracy. Zapowiedź wykonania planu badań oraz oceny trwałości wybranych powłok nie wyjaśnia związku pomiędzy tymi grupami planowanych zadań badawczych powłok lakierniczych z zadaniem oceny ich trwałości, któremu specjalnemu związkowi, jest w dalszym ciągu poświęcona praca. To utrudnia ogarnięcie ogromnej ilości danych, opisów badań oraz ich wyników. Jasność pracy zyskałaby poprzez przeniesienie większości wynikowych danych, choćby klimatycznych oraz rozszerzonych, powtarzalnych fragmentów części badawczej do Dodatku, do którego można by się odwoływać podczas formułowania cząstkowych podsumowań i wniosków. Dla potrzeb recenzji sporządziłem zamieszczony w jej dalszej części graf pracy, który, moim zdaniem, ułatwia orientację w złożonym programie badań objętych pracą.

Część badawcza również nie została poprzedzona porządkującym program badawczy sformułowaniem ich celu. Czy ma nim być oryginalność badanych powłok, warunki badań, a może metodyka?

Zasadniczy cel pracy zaczyna się jaśniej rysować w rozdziale 4.5, w którym podjęte zostało zadanie porównania wpływu warunków starzenia na poszczególne charakterystyki fizykochemiczne, przekładające się na użytkową jakość i wartość powłok. Przedstawiono zależności wytrzymałości połączeń adhezyjnych stalowego podłoża z badanymi powłokami akrylowymi od warunków i historii procesów ich starzenia. Podobnym ocenom porównawczym poddane zostały wyniki badań morfologii powierzchni powłok na powierzchni oderwania adhezyjno-kohezyjnego stempla pomiarowego, odpowiadające poszczególnym sposobom starzenia powłok.

Kluczowy dla całej pracy rozdział to rozdział 5., poświęcony ocenie trwałości połączeń adhezyjnych powłok akrylowych z podłożem stalowym. Autor w tym celu dokonuje zestawienia wartości miar charakterystyk fizyko-chemicznych powłok dla, w pewnym sensie, umownego stopnia utraty ich wartości początkowej, według kryteriów: połysku, chropowatości, obrazu destrukcji powierzchni i granicznej wytrzymałości połączenia. Umowny charakter wynika z wyjaśnienia: *„Do wyznaczenia stanu granicznego starzonych powłok akrylowych przyjęto następujące charakterystyki fizykochemiczne: połysk, parametry chropowatości powierzchni, stopień destrukcji, wytrzymałość połączenia adhezyjnego powłoki ze stalowym podłożem. Jako kryterium oceny ich stanu granicznego przyjęto gwałtowną zmianę przebiegu charakterystyk fizykochemicznych powłok - po danym okresie ich starzenia.”* Korzystne byłoby zdefiniowanie obiektywnego kryterium takiego stanu granicznego, tym bardziej, że w pracy miary charakterystyk granicznych zostały podane z dokładnością do ułamków procenta.

Graf zadań pracy



Uwagi metodologiczne

Wskaźnik K_i (wzór (2)) oparty jest na okresach starzenia granicznego powłok T_{gi} . Okresy te jednak zostały przyjęte arbitralnie. Przykładowo dla promieniowanie UV i roztworu NaCl charakterystyki fizyczne starzenia nie wskazują jednoznacznie okresu granicznego (gwałtownego ich spadku), natomiast w przypadku wytrzymałości, pozostają one w szerokim przedziale niezmiennie.

Z wniosku: „Jeżeli dominującym czynnikiem eksploatacyjnym jest promieniowanie ultrafioletowe lub solanka (w przypadku powłoki z międzywarstwą poliuretanową), wtedy wystarczy badać powłoki w warunkach laboratoryjnych (przyspieszonych) w okresie 1008 h, okres badań ulega wówczas skróceniu 21 razy. W przypadku powłoki z międzywarstwą poliestrową, starzonej solanką, badania laboratoryjne prowadzi się w okresie 1068 h, wówczas okres badań ulega

skróceniu 13 razy.” można by go rozszerzyć o stwierdzenie ogólne np. : „W przypadku powłoki i, starzonej w ośrodku j, badania laboratoryjne można prowadzić w okresie T_{ij}/T_{kl} , krótszym, jeśli $T_{ij} > T_{kl}$ ”. W tym miejscu właściwy byłby komentarz, że wobec czasochłonności badań w warunkach naturalnych, przekreślających z zasady ich użyteczność, na szczególną uwagę zasługują wyniki dotyczące relacji efektów różnych badań skróconych.

Co do próby odrywania, to na jej wyniki w znacznym stopniu wpływa jakość połączenia klejowego i sztywność giętne podłoża. W przypadku cienkich blach należy zatem dla określenia bezwzględnych wartości próby zastosować specjalne wybiegi, jak zastosowanie „przeciwstempli”. W badaniach prowadzonych w niniejszej pracy można jednak uznać ich wyniki jako użyteczne, choć mają raczej charakter porównawczy.

Uwagi redakcyjno-językowe i merytoryczne uwagi szczegółowe

Utrudniona jest weryfikacja stwierdzeń wspartych danymi z tabel 5.2 – 5.5 wobec błędnych odwołań do stosownych wykresów.

Jaki jest cel zestawienia w Tabeli 5.11? Wydaje się, w założonych przedziałach czasowych starzenia, okresy odpowiadające początkowi utraty adhezji powłok podkładowych są granicznymi dla tych przedziałów. Jak to się ma do danych z Tablicy 5.5. Z opisu Tablicy 5.11 wynika, że zawiera ona „wskaźniki trwałości połączenia adhezyjnego powłoki podkładowej do stalowego podłoża...” – to chyba nie jest prawdą.

Wnioski 3. i 5. wskazują jako najsilniejsze przyczyny destrukcji różne warunki środowiskowe alternatywnie: oddziaływanie promieniowania ultrafioletowego oraz oddziaływanie wodnego roztworu kwasu siarkowego. Jest to warte precyzującego komentarza.

Rozdział 6, zawierający przykłady oceny wpływu oddziaływania czynników eksploatacyjnych na twardość powłok akrylowych nadwozi samochodów, ma prawdopodobnie w zamyśle Autora być potwierdzeniem użyteczności skróconych metod badań powłok lakierniczych. Weryfikacja ta jest jednak znacznie uproszczona. Jako wskaźnik wyniku starzenia powłok przyjęto wyłącznie wynik próby ołówkowej, której w pracy poświęcono najmniej miejsca. Pokazano przybliżoną zgodność wyników pomiarów z referencyjnymi próbkami starzonymi klimatycznie. Ta weryfikacja nie objęła jednak metodyki badań skróconych, stanowiących zasadniczy przedmiot pracy, podobnie jak innych charakterystyk poza twardością.

Uwagi ogólne i ocena końcowa

Pomimo sformułowanych powyżej uwag krytycznych należy docenić, przede wszystkim, znaczny wkład Autora pracy na zebranie i uporządkowanie bardzo obszernego materiału badawczego. Zastosowane metody badawcze, jak też umiejętność opracowania i interpretacji uzyskanych wyników są dowodem dojrzałości naukowej doktoranta. Wartościowe są ilościowe oraz jakościowe charakterystyki zbadanych powłok, stanowiące przedmiot analiz dokonanych w pracy, ale również cennym źródłem danych, mogących stanowić podstawę przyszłych prac doktoranta lub zainteresowanych tą dziedziną badań bądź wynikających z nich wartości poznawczych i użytkowych.

4. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę dotychczasowe osiągnięcia zawodowe Pana mgra inż. Michała Siraka, a w szczególności:

- wysoko pozytywną, pomimo wcześniej sformułowanych uwag, ocenę osiągnięcia naukowego, jakim jest opracowana dysertacja pt. „Badania i ocena trwałości połączenia adhezyjnego powłoki lakierniczej z powierzchnią nadwozia samochodu”,
- pozytywną ocenę osiągnięć poznawczych i elementów nowości naukowej zawartych w ocenianym dziele,
- pozytywną ocenę dorobku publikacyjnego Kandydata, obejmującego między innymi 8 artykułów współautorstwa Autora dysertacji, przywołanych w pracy,
- znajomość stanu wiedzy z dziedziny pracy, udokumentowaną 87 pozycjami zawartymi w Spisie Literatury wykorzystanej w przygotowaniu, opracowaniu i wykonaniu programu pracy,
- doświadczenie w prowadzeniu badań eksperymentalnych oraz znajomość ich metod i posługiwania się aparaturą badawczą,
- dorobek dydaktyczny i organizacyjny,

stwierdzam, że w mojej ocenie, Pana mgr inż. Michał Sirak spełnia w stopniu bardzo dobrym wymagania konieczne dla uzyskania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie naukowej (8) inżynieria mechaniczna w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych (2), określone w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki (Dz. U. nr 65 z dnia 16.04.2003 poz. 595 z późniejszymi zmianami) i Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora (Dz.U. Nr 196, poz. 1165), wobec czego wniosek do Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów o nadanie Kandydatowi stopnia naukowego doktora w dziedzinie „Nauk inżynieryjno-technicznych” w dyscyplinie naukowej „Inżynieria mechaniczna” uważam za w pełni uzasadniony.

Zakład Mechaniki Kompozytów
Półimerowych

prof. dr hab. inż. Gabriel Wróbel