

Prof. dr hab. inż. Danuta Kotnarowska  
Profesor zwyczajny UTH

Radom. 7.01.2019

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny  
w Radomiu  
Wydział Mechaniczny  
26-600 RADOM  
ul. Chrobrego 45

## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

Pana mgr inż. Łukasza Pasieczyńskiego

### **1. Podstawa formalna**

Recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Pasieczyńskiego pt.: „Właściwości eksploatacyjne systemów powłokowych antygraffiti z przeznaczeniem dla taboru kolejowego”.

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowiło pismo Dziekana Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn prof. dr hab. inż. Tomasza L. Stańczyka.

### **2. Charakterystyka rozprawy**

Przedmiotem badań niniejszej rozprawy były wielowarstwowe powłoki polimerowe. Badaniom poddano cztery systemy powłok polimerowych, różniące się warstwą nawierzchniową, o własnościach zapobiegających trwałem osadzaniu się na ich powierzchni farb do graffiti.

Badania o charakterze wielokryterialnym miały na celu ocenę jakości systemów powłokowych w różnych warunkach eksploatacji, modelowanych w warunkach laboratoryjnych. W związku z tym jako kryteria jakości systemów powłokowych przyjęto:

chropowatość powierzchni powłok, wytrzymałość połączenia adhezyjnego powłoki ze stalowym podłożem, a także twardość powłoki, odporność erozyjną, odporność korozyjną, odporność cieplną (w tym odporność na ogień i odporność na dymienie), odporność chemiczną (odporność na zmywacze powłok graffiti), trwałość połysku oraz barwy.

Tematyka rozprawy odnosi się do fundamentalnych zagadnień inżynierii powierzchni, dotyczących stanu energetycznego powierzchni powłok antygraffiti. W trakcie jej realizacji badana była swobodna energia powierzchniowa powłok, determinująca ich własności antyadhezyjne, ograniczające trwałe osadzanie się na ich powierzchni farb do graffiti. Farby te, nakładane na powłoki o niskiej energii powierzchniowej, nie zwilżają ich, tworząc jedynie nierozlewające się krople, które można łatwo i proekologicznie usuwać za pomocą strumienia wody pod wysokim ciśnieniem.

Z uwagi na nieustannie zmieniające się (zwłaszcza w ostatnim dziesięcioleciu) receptury farb i lakierów, problematyka badawcza rozprawy jest bardzo aktualna. Do modyfikacji składu materiałów lakierniczych stosowane są obecnie osiągnięcia nanotechnologii w postaci nanonapełniaczy oraz nanopigmentów. Ponadto rosną wymagania proekologiczne wobec materiałów lakierniczych, jak również wymagania związane z bezpieczeństwem przeciwpożarowym.

Zaproponowana wielokryterialna metodyka badań jakości nowo wytworzonych powłok polimerowych (kompozytowych) umożliwi ich efektywny dobór na powłoki ochronne obiektów technicznych (taboru kolejowego, budynków, mostów).

Problematyka badawcza, związana z poszukiwaniem receptury powłok nawierzchniowych o własnościach antygraffiti, jest wciąż aktualna, również z uwagi na fakt permanentnego unowocześniania receptur farb do graffiti, stosowanych do tworzenia trwałych i wielobarwnych obrazów na obiektach technicznych. Dobór tematyki przedłożonej rozprawy jest zatem bardzo trafny.

Wielokryterialne badania systemów powłok polimerowych z nawierzchniową warstwą antygraffiti, przedstawione w dysertacji, umożliwiły efektywny wybór powłoki antygraffiti, w postaci powłoki typu BO 100-AGR.

Ponadto, wprowadzając pod powłokę antygraffiti (typu BO 100-AGR) warstwę pęczniejącą pod wpływem ciepła, Autor dysertacji zwiększył również odporność systemu powłokowego na oddziaływanie ognia. Ma to ogromne znaczenie w przypadku taboru kolejowego, rozważanego w niniejszej pracy.

W skład rozprawy doktorskiej (zgodnie z przedstawionym spisem treści) wchodzi: wstęp, analiza stanu wiedzy, cel pracy, wyniki badań, dyskusja wyników badań, wnioski poznawcze oraz utylitarne, a także wnioski dotyczące problematyki dalszych badań naukowych Autora. Praca byłaby bardziej przejrzysta, gdyby wyodrębniono osobny rozdział dotyczący metodyki badań jakości powłok.

Doktorant, realizując niniejszą pracę, wykazał się dojrzałością w projektowaniu eksperymentów, celem uzyskania założonych celów poznawczych i aplikacyjnych.

W pracy przedstawiono wartościowe wyniki, których analiza skłania ku stwierdzeniu, że stanowią istotną część bazy danych, wzbogacających wiedzę o jakości materiałów powłokowych o własnościach antygraffiti. Stosowanie ich jako powłok nawierzchniowych systemów powłok polimerowych, w zabezpieczeniu powierzchni jednostek taboru kolejowego, zwiększy trwałość eksploatacyjną tych systemów. Ponadto zmniejszone zostaną koszty eksploatacji taboru kolejowego, poprzez eliminację renowacji powłok, po usunięciu z ich powierzchni graffiti, jak również na skutek skrócenia okresów przestojów naprawczych.

### 3. Ocena merytoryczna rozprawy

Dysertacja składa się z podrozdziałów (o numeracji od 1 do 10, z których wyodrębniono cztery rozdziały, ponumerowane liczbami rzymskimi. Ten nietypowy sposób numeracji rozdziałów i podrozdziałów pogarsza transparentność pracy.

**Rozdział I** (pt.: "Wstęp") obejmuje: wprowadzenie do problematyki badawczej, charakterystykę powłok ochronnych, analizę i ocenę stanu wiedzy z obszaru powłok ochronnych, w tym z zakresu nawierzchniowych powłok polimerowych typu antygraffiti.

**Rozdział II** (pt.: "Cel i zakres pracy") prezentuje cel i zakres pracy oraz zarys metodyki badawczej, wraz z: planem badań, charakterystyką materiałów zastosowanych w badaniach i opisem systemów powłokowych z powłoką nawierzchniową o własnościach antygraffiti.

Według Autora głównym celem rozprawy "jest zbadanie i porównanie wybranych właściwości eksploatacyjnych ochronnych systemów powłokowych antygraffiti...". Ważnym celem naukowym tej dysertacji jest poznanie czynników otoczenia, determinujących trwałość eksploatacyjną powłok antygraffiti.

Sformułowano także cel użyteczny pracy, który polega na opracowaniu procesu technologii nakładania na powierzchnię jednostek taboru kolejowego systemów powłok polimerowych z warstwą nawierzchniową o własnościach antygraffiti.

Badaniom poddano 4 rodzaje systemów powłokowych, różniące się rodzajem powłoki nawierzchniowej, o właściwościach zapobiegających trwałemu osadzeniu na jej powierzchni farb do graffiti. Na powierzchnię próbek stalowych (wykonanych ze stali S355) nałożono natryskiem pneumatycznym kolejno następujące powłoki (warstwy): powłokę

podkładową (antykorozyjną), warstwę szpachlową, powłokę wypełniającą (uszczelniającą i poprawiającą własności mechaniczne systemu powłokowego), powłokę bazową (nadającą kolor powłoce) oraz powłokę nawierzchniową antygraffiti. Średnia grubość systemu powłokowego wynosiła  $2404,9 \pm 0,1 \mu\text{m}$ .

Autor wyodrębnił trzy etapy realizacji dysertacji. W pierwszym etapie pracy przeprowadzono badania powłok antygraffiti, służące ocenie skuteczności usuwania powłok graffiti z zastosowaniem strumienia wody pod wysokim ciśnieniem. Ponadto badano: stopień kroplenia lakierów graffiti na powierzchni powłoki nawierzchniowej typu antygraffiti, jej odporność chemiczną na oddziaływanie środków chemicznych (stosowanych do usuwania powłok graffiti) oraz odporność na zanieczyszczenia środowiskowe (pyły, kwaśne deszcze, solankę), a także podatność obsługowo-naprawczą. W drugim etapie pracy dokonano badań właściwości czterech systemów powłokowych antygraffiti, w tym zbadano właściwości fizykochemiczne powłok, takie jak: grubość, chropowatość powierzchni, twardość, swobodną energię powierzchniową, wytrzymałość połączenia adhezyjnego powłok z podłożem stalowym, a także odporność powłok na erozyjne oddziaływanie cząstek korundu. W trzecim etapie pracy dokonano oceny wpływu techniki nanoszenia powłok na ich własności: fizykochemiczne, odporność korozyjną i szczególne własności powierzchni powłok nawierzchniowych, zapobiegające trwałem osadzaniu się powłok graffiti.

**Rozdział III** (pt.: "Wyniki badań i ich omówienie") obejmuje opis metod badań oraz analizę i ocenę rezultatów przeprowadzonych eksperymentów. Istotny wpływ na jakość powłok miał stan ich powierzchni, zarówno topografia, jak i parametry chropowatości, co zbadano za pomocą mikroskopu optycznego Talysurf CCI. Badania te udowodniły, że wybrana w efekcie realizacji pracy doktorskiej powłoka antygraffiti BO100-AGR ma najmniejszą chropowatość powierzchni, spośród wszystkich rozważanych powłok. W szczególności osiągnięto najmniejsze wartości parametrów chropowatości powierzchni, takich jak: Ra, Rz, Rt, Rp.

Do oceny budowy warstwowej badanych powłok zastosowano mikroskop skaningowy firmy JEOL (typ JSM-7100F) oraz mikroskop optyczny Hirox KH-8700. Nowoczesna metoda badań z zastosowaniem mikrotomografu Xradia XCT-400 posłużyła natomiast do oceny porowatości powłoki szpachlowej. Niniejszego aparatu użyto również do oceny grubości warstw systemów powłokowych.

Własności ochronne powłok polimerowych w znaczącym stopniu determinuje wytrzymałość połączenia adhezyjnego powłoki podkładowej z podłożem. W wyniku badań wykonanych metodą odrywową, stwierdzono zerwanie kohezyjne w powłoce szpachlowej (prawdopodobnie spowodowane jej wysoką porowatością). Odnotowano również obniżenie adhezji powłok, po ich ekspozycji w 5% wodnym roztworze chlorku sodu. Podwyższoną wytrzymałość połączenia adhezyjnego uzyskano natomiast po ekspozycji

powłok w komorze wilgotnościowej (przy wilgotności względnej 100% i temperaturze 40°C). Prawdopodobnie wzrost ten nastąpił na skutek zmian w strukturze chemicznej powłok pod wpływem ciepła.

Przeprowadzono także badania odporności na zarysowanie systemów powłokowych z zastosowaniem aparatu The Revest Xpress Scratch Tester.

Jedną z ważniejszych właściwości fizycznych powłok polimerowych jest twardość, warunkująca odporność powłok na ścieranie (zarysowanie). Właściwość tę badano metodami: tłumienia wahadła Koeniga, wciskania według Buchholza oraz ołówkową. Przeprowadzono również badania twardości powłok oraz modułu Younga z zastosowaniem nanotestera firmy NANOVEA. Ocenę właściwości adhezyjnych powłoki nawierzchniowej antygraffiti przeprowadzono metodą pomiaru kąta zwilżania powierzchni powłok nawierzchniowych farbami do graffiti.

Ważną cechą powłok antygraffiti jest ich odporność na substancje chemiczne, służące do zmywania powłok graffiti. Do wytwarzania powłok graffiti zastosowano 6 rodzajów farb, o różnym składzie chemicznym. O odporności powłok na zastosowane zmywacze, celem usunięcia z ich powierzchni powłok graffiti świadczy, między innymi, ich późniejszy połysk, który również był przedmiotem badań, wykonanych w ramach niniejszej dysertacji.

Powłoki polimerowe stosowane w ochronie powierzchni jednostek taboru kolejowego powinny być także odporne na oddziaływanie cząstek erozyjnych. Tę własność powłok badano metodą normową, z zastosowaniem elektrokorundu granulowanego, którego cząstki spadały swobodnie z wysokości 1 m i uderzały w powłokę, nachyloną pod kątem 45° (do wektora prędkości cząstek erozyjnych).

Najgroźniejszym czynnikiem klimatycznym niszczącym większość powłok polimerowych jest promieniowanie ultrafioletowe, którego źródłem jest Słońce. Do Ziemi dociera promieniowanie UV-A i niewielka ilość promieniowania UV-B. Oddziaływanie promieniowania UV powoduje destrukcję powierzchni powłok, skutkującą utratą połysku oraz blaknięciem warstw nawierzchniowych powłok, co także było przedmiotem badań w niniejszej dysertacji.

Do oceny odporności na wilgoć systemów powłokowych z powłoką antygraffiti, (stosowanych do zabezpieczania taboru kolejowego) posłużyły badania przyspieszone, przeprowadzone w komorze wilgotnościowej HK 310 firmy Köhler.

Systemy powłok polimerowych (nałożone na powierzchnię próbek stalowych) z różnymi nawierzchniowymi powłokami antygraffiti poddano również badaniom korozyjnym w komorze solnej WKD SC 450 firmy Weiss Umwelttechnik GmbH. Do oceny odporności korozyjnej układu stalowe podłoże - powłoka zastosowano również badania impedancyjne, którymi objęto systemy powłok, uprzednio poddanych oddziaływaniu solanki w komorze solnej. Podczas badań impedancyjnych oceniono: opór polaryzacji,

potencjał korozyjny oraz gęstość prądu korozyjnego systemów powłokowych, po różnym okresie ich ekspozycji w solance.

Przeprowadzone badania udowodniły wysoką odporność systemu powłok z powłoką antygraffiti BO 100-AGR na oddziaływanie czynników korozyjnych oraz erozyjnych. Ponadto powłoka antygraffiti typu BO 100-AGR wykazała najmniejszą energię powierzchniową, co zapewnia jej własności antyadhezyjne, uniemożliwiające trwałe osadzanie na jej powierzchni powłok graffiti.

Jednak powłoka tego typu wykazała najmniejszą odporność na ogień, co udokumentowały badania szybkości wydzielania ciepła (przeprowadzone w kalorymtrze stożkowym) przez systemy powłokowe, poddane oddziaływaniu ognia.

Celem poprawy odporności systemu powłokowego BO 100-AGR na ogień wprowadzono do niego (bezpośrednio pod powłokę antygraffiti) specjalistyczną warstwę, pęczniejącą pod wpływem oddziaływania ciepła, ograniczającą eskalację ognia. Systemy powłokowe z warstwą antygraffiti typu BO-100 AGR oraz z warstwą pęczniejącą poddano badaniom, oceniającym odporność na ogień (wg EN 45545-2). Badano również wpływ grubości warstwy pęczniejącej na tłumienie palenia powłok i ograniczenie toksyczności powstającego dymu.

Ciągłe doskonalenie receptur farb i lakierów, w wyniku rozwoju technik wytwarzania ich składników, uniemożliwia prowadzenie długotrwałych (wieloletnich) badań eksploatacyjnych i wymaga opracowania metod prognozowania trwałości eksploatacyjnej powłok, w założonych warunkach ich użytkowania. W tym celu Autor dysertacji opracował model matematyczny, służący ocenie właściwości powłok, determinujących ich trwałość eksploatacyjną.

**Rozdział IV** (punkt 9. pt.: „Proces doboru materiałów w produkcji taboru kolejowego” zawiera analizę badanych systemów powłokowych, przy uwzględnieniu kryteriów ocenowych, takich jak: adhezja, swobodna energia powierzchniowa, gęstość prądu korozyjnego, odporność na zarysowanie, twardość, a także koszty wytwarzania. Najefektywniejszym systemem powłokowym, według tej wielokryterialnej analizy, okazał się system powłokowy z powłoką antygraffiti typu BO 100-AGR.

**Rozdział IV** (punkt 10.1. pt.: „Przykłady praktycznego zastosowania ochronnych systemów powłok antygraffiti”) obejmuje charakterystykę procesu nakładania systemu powłokowego z powłoką antygraffiti typu BO 100-AGR na powierzchnię jednostek taboru kolejowego oraz badania eksploatacyjne tego systemu powłokowego w okresie jednego roku; opisano również proces usuwania warstw graffiti z powierzchni systemu powłokowego z powłoką antygraffiti typu BO 100-AGR.

**Rozdział IV** (punkt 10.2. pt.: „Podsumowanie i wnioski końcowe”) składa się z 17 wniosków, dotyczących poszczególnych rozdziałów (1÷10) oraz podrozdziałów.

**Rozdział IV** (punkt 10.3. pt.: „Możliwe kierunki dalszych prac badawczych”) uwzględnia 6 wniosków, ukierunkowanych na: poszukiwanie nowych powłok antygraffiti, nieulegających zniszczeniu pod wpływem graffiti, jak również zmywaczy (stosowanych do usuwania powłok graffiti), badanie systemów powłokowych taboru kolejowego w różnych warunkach eksploatacji, badania destrukcji powłok, modelowanie niszczenia powłok pod wpływem ognia (w tym powłok pęczniejących).

#### **4. Uwagi krytyczne**

##### **4.1. Uwagi krytyczne do merytorycznej strony pracy:**

- 1) przedstawione w pracy cele powinny być jednoznacznie podzielone na cele główne oraz pomocnicze (poznawcze i użyteczne);
- 2) brak jest uzasadnienia, dlaczego w badaniach wytrzymałości połączenia adhezyjnego systemu powłokowego z podłożem stalowym zastosowano próbki stalowe o grubości mniejszej, niż zaleca norma PN-EN ISO 4624: 2016-05;
- 3) uzupełnienia wymagają również kryteria doboru mediów agresywnych (str. 141), zastosowanych w badaniach odporności korozyjnej systemów powłokowych;
- 4) wnioski podsumowujące dysertację dotyczą poszczególnych rodzajów badań, zawartych w odpowiednich podrozdziałach; brak jest natomiast wniosków przedstawiających relacje między uzyskanymi wartościami wskaźników trwałości eksploatacyjnej badanych systemów powłokowych; ponadto, nie ma dobitnego stwierdzenia, że założone cele pracy zostały osiągnięte.

*W odpowiedzi na uwagi recenzenta proszę, zatem, przedstawić podsumowanie dysertacji, poparte zbiorczymi tabelami i rysunkami, dokumentującymi oraz wyjaśniającymi relacje między uzyskanymi wynikami badań.*

#### 4.2. Uwagi krytyczne do zastosowanego w pracy nazewnictwa:

- 1) w pracy naprzemiennie stosowane są synonimy (*pojazdy szynowe, tabor szynowy*), dotyczące nazwy "*tabor kolejowy*", która to nazwa figuruje w tytule, powinna być zatem konsekwentnie stosowana w całej dysertacji;
- 2) nieodpowiednie zastosowanie (w całej pracy) nazwy "*lakier*" w przypadku farb, z uwagi na fakt, że lakier jest materiałem malarskim przezroczystym, zaś farba jest nieprzezroczysta;
- 3) zamiast "*badania wykonano dla próbek o różnych wymiarach*" (str. 118, uwaga dotyczy również całej pracy), powinno być "*badano próbki o różnych wymiarach*";
- 4) zamiast "*z przeznaczeniem dla taboru kolejowego*" powinno być "*z przeznaczeniem do zabezpieczania taboru kolejowego*" (uwaga dotyczy całej pracy);
- 5) zamiast "*poddano działaniu promieniowania UV-B*" powinno być "*poddano oddziaływaniu promieniowania UV-B*", bowiem działają mechanizmy, zaś czynniki eksploatacyjne oddziałują na powłoki;
- 6) zamiast "*destrukcja pod wpływem temperatury*" (str. 76, uwaga dotyczy również całej pracy) powinno być "*destrukcja pod wpływem ciepła*";
- 7) kilka razy napisano "*wiele pozycji literaturowych*", a cytowane są dwie lub trzy pozycje (str. 27, uwaga dotyczy również całej pracy).
- 8) zamiast "*okres czasu*" Autor często w całej pracy używa wyrażenia "*czas*";
- 9) zamiast "*długiej ekspozycji*" powinno być "*długookresowej ekspozycji*" (str. 75, uwaga dotyczy również całej pracy);
- 10) w miejsce wyrażenia "*pojawienie się korozji wyływowej z nacięcia*" (str. 133 - tabela 7.42) powinno być "*rozwój korozji wzdłuż nacięcia*"; ponadto nie przedstawiono definicji „*korozji wyływowej*” (str. 133 - tabela 7.42);
- 11) zamiast "*nóż Buchholza*" (str. 86) powinno być "*podwójny stożek ścięty*";
- 12) w całej pracy stosowane jest wyrażenie "*przedstawia tabela (rysunek)*" (np. na str.: 45, 83), a należy pisać "*przedstawiono w tabeli (na rysunku)*";
- 13) zamiast "*dostępność znacznej ilości składników chemicznych*" (str. 40) powinno być "*dostępność znacznej liczby składników chemicznych*";
- 14) w miejsce nazwy "*przeciwko graffiti*" (str.41) powinna być nazwa "*antygraffiti*" (jak w tytule pracy);



- 15) zdanie "Wynika to z ogromnych nakładów energetycznych, jakie należy dostarczyć pod postacią temperatury" (str. 26) powinno mieć formę "Wynika to z znacznej ilości energii, jakiej należy dostarczyć w postaci ciepła";
- 16) w opisie osi x (rys. 7.47 i 7.48, str. 115 i 116) znajduje się wyrażenie „suma ilości materiału ściernego”, a powinno być „masa elektrokorundu”;
- 17) podpis pod rysunkiem 7.62 jest niedokładny; zamiast „Szybkość korozji materiału podłoża ....” powinno być „Szybkość korozji podłoża stalowego....”;
- 18) w pracy używana jest nazwa „czas trwałości” zamiast „okres trwałości eksploatacyjnej”.

#### 4.3. Uwagi krytyczne do strony edytorskiej pracy:

- 1) wykaz ważniejszych skrótów powinien być uporządkowany alfabetycznie;
- 2) kolejność pozycji bibliograficznych powinna być alfabetyczna (wg nazwisk autorów);
- 3) w całej pracy brakuje kropek po numerach: rysunku, tabeli, rozdziału (podrozdziału);
- 4) w całej pracy przed wyliczaniem nie ma dwukropka;
- 5) opisy na osiach rysunku 7.77 są nieczytelne;
- 6) stosowane jest niepoprawne wyrażenie "pracuje w oparciu o wiodące technologie" (str. 45), w tym przypadku poprawne jest wyrażenie "opiera się na wiodących technologiach";
- 7) wyrażenie "w oparciu o" stosowane jest w całej pracy (str. 42), a powinno być „na podstawie”
- 8) w całej pracy zamiast pojęcia "liczba" stosowane jest niepoprawne pojęcie "ilość" (np. na str. 50);
- 9) na stronie 182 tytuł rozdziału 8. jest sformułowany niejednoznacznie, nie wiadomo bowiem czego jest to model;
- 10) numery norm, cytowane w całej pracy, nie zawierają roku wydania (odpowiadającego ostatniej aktualizacji).

## **5. Forma rozprawy**

Rozprawa została napisana pod kierunkiem dr hab. inż. Norberta Radka. Tekst rozprawy zawarto na 254 stronach. Bibliografia zawiera 170 pozycji literaturowych, w tym 20% stanowią pozycje wydane w okresie ostatnich 5 lat. Ponadto cytowane są strony internetowe (4 pozycje) oraz normy (25 pozycji).

Praca została napisana w sposób logicznie uporządkowany. Tytuł pracy odpowiada zawartej w niej treści. Do zobrazowania wyników zrealizowanych badań przedstawiono w pracy liczne tabele (74) i rysunki (143).

W niniejszej dysertacji zastosowano wielokryterialną ocenę czterech systemów powłokowych z warstwą nawierzchniową, o własnościach zapobiegających wytwarzaniu na ich powierzchni powłok graffiti.

Własności fizykochemiczne systemów powłokowych badano z zastosowaniem aparatury najnowszej generacji.

## **6. Wnioski końcowe**

Niniejszym stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Łukasza Pasiecznińskiego, przygotowana pod kierunkiem dr hab. inż. Norberta Radka, stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe. Tematyka pracy jest aktualna, trafnie wybrana i stanowi zarówno osiągnięcie naukowe, jak i aplikacyjne. Nowo opracowana powłoka antygraffiti wykazuje wyższą odporność na oddziaływanie czynników środowiskowych, niż dotychczas znane na rynku farb i lakierów tego typu powłoki. Zachowuje również walory dekoracyjne (połysk, barwę) po zmywaniu z ich powierzchni powłok graffiti.

Zaproponowana wielokryterialna metoda oceny jakości systemów powłokowych pozwala na efektywny dobór systemów powłokowych, zabezpieczających powierzchnię jednostek taboru kolejowego przed destrukcyjnym oddziaływaniem czynników otoczenia. Ponadto powłoka nawierzchniowa antygraffiti, zastosowana w systemach powłokowych, chroni ich powierzchnię przed trwałym osadzaniem powłok graffiti.

Autor wykazał dużą umiejętność w doborze technik badawczych, jak również w interpretacji wyników badań. Poza tym bardzo dobrze została opracowana metodyka badań właściwości systemów powłokowych z nawierzchniową warstwą antygraffiti.

Biorąc pod uwagę zakres i poziom recenzowanej pracy doktorskiej oraz bezpośredni związek z praktyką inżynierską stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595.

**Wnioskuje zatem o dopuszczenie mgr inż. Łukasza Pasieczynskiego do publicznej obrony Jego rozprawy doktorskiej.**

Ponadto dysertacja zasługuje na wyróżnienie, o co niniejszym wnioskuje.

