



Politechnika
Śląska



Politechniki
Śląskiej

Wydział Inżynierii Materiałowej
Katedra Technologii Materiałowych

prof. dr hab. inż.
Maria Sozańska

Katowice, dnia 2.02.2025 r.

Recenzja pracy doktorskiej

Pani mgr. inż. Katarzyny Kur

pod tytułem „**Selektywne nanoszenie powłok metalicznych
metodą galwaniczną na tworzywa sztuczne**”

przygotowanej pod kierunkiem:

**promotora: prof. dr hab. inż. Roberta Sobieckiego
oraz promotora pomocniczego: dr inż. Beaty Kucharskiej**

wykonanej na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej

Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej na zlecenie Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej Pani prof. dr hab. inż. Małgorzaty Lewandowskiej z dnia 6 grudnia 2024 r. oraz rozprawy doktorskiej pt. „**Selektywne nanoszenie powłok metalicznych metodą galwaniczną na tworzywa sztuczne**”.

Podstawa prawna art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.)

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej
Katedra Technologii Materiałowych
ul. Krasińskiego 8, pok. 1074, 40-019 Katowice
tel. +48 32 603 44 30 / fax +48 603 44 00
maria.sozanska@polsl.pl



RESEARCH IN RESEARCH



1. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Problem doboru materiałów i technologii w celu uzyskania określonych ściśle właściwości powierzchni materiału, mimo ogromnego postępu wiedzy i rozwoju nowoczesnych technologii w XX i XXI wieku, stanowi wciąż wyzwanie badawcze dla współczesnej inżynierii materiałowej, w szczególności inżynierii powierzchni. Wynika to z faktu, że właściwości fizyczne i chemiczne charakteryzujące materiały eksploatowane w różnorodnych warunkach zależą od wielu czynników i umiejętne ich wykorzystanie w praktyce stanowi ogromne wyzwanie. Wyzwanie to jest tym większe, jeśli dotyczy selektywnej zmiany określonej grupy właściwości materiałów, np. odpowiedniej odporności korozyjnej, przewodnictwa cieplnego lub elektrycznego albo aspektów dekoracyjnych na powierzchni materiału. Jedną z możliwości rozwiązania tego problemu jest możliwa poprzez wybór odpowiedniego materiału powłokowego w różnego typu zabiegach technologicznych. W szczególności, w praktyce inżynierskiej powłoki umożliwiają skokową zmianę właściwości fizykochemicznych powierzchni materiału, w szczególności jest to wyzwaniem, jeśli podłoże stanowi tworzywo sztuczne a materiałem powłokowym są tworzywa metaliczne. Na pozytywny wybór odpowiedniego materiału powłokowego, który pozwoliłby na ograniczenie niekorzystnego wpływu środowiska w warunkach eksploatacji, składają się dwa podstawowe aspekty. Z jednej strony jest to gruntowna znajomość zagadnień teoretycznych, a z drugiej - opracowanie i wdrożenie technologii. I takie postawienie problemu stanowi wciąż wyzwanie badawcze dla współczesnej inżynierii materiałowej.

Temat pracy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Kur wpisuje się w główny nurt badań nad modyfikacjami warstwy wierzchniej materiałów, dotyczącymi kształtowania jej w zabiegach technologicznych oraz oceny struktury i właściwości fizykochemicznych. W szczególności uwaga Autorki została skierowana na technologie nakładania powłok metalicznych na podłoża z tworzywa sztucznego. Badania te znakomicie wpisują się jednocześnie w krąg problematyki zaawansowanych technologii nakładania powłok, badań struktury, składu chemicznego i fazowego oraz kształtowania właściwości fizykochemicznych w zakresie warstwy wierzchniej materiałów, rozwijanej od wielu lat z powodzeniem w Politechnice Warszawskiej. Rozprawę doktorską Pani Katarzyny Kur charakteryzuje walor aktualności i oryginalności nie tylko w zakresie wybranej tematyki badań, zaprojektowania i otrzymania materiału do badań, technologii nakładania powłok na tworzywa sztuczne o określonych właściwościach fizykochemicznych z punktu widzenia ich wdrożenia w przemyśle, ale także w aspekcie zastosowania szerokiej gamy metod badawczych – makro- i mikrostruktury powłok, składu chemicznego i właściwości fizykochemicznych, w szczególności mikrotwardości, kąta zwilżania, adhezji, topografii powierzchni, przewodności elektrycznej.



2. Charakterystyka szczegółowa rozprawy doktorskiej

Praca napisana jest jasno i wyraźnie rozdzielona na dwie części. przegląd piśmiennictwa (rozdziały 1 -5, strony od 9 do 51), w którym jednoznacznie przedstawiono podstawowe dane literaturowe w zakresie tematyki rozprawy doktorskiej. Całość rozprawy rozpoczyna Wstęp (*rozdział 1 – Wstęp*), następnie w rozdziale 2 dokonano charakterystyki przykładowych konstrukcyjnych tworzyw sztucznych (*rozdział 2 – Przykłady konstrukcyjnych tworzyw sztucznych*), opisu metod metalizacji tworzyw sztucznych oraz także innych materiałów, np. ceramicznych, szkła, włókien, itp. (*rozdział 3 – Metody metalizacji tworzyw sztucznych*) oraz charakterystyki procesów zachodzących w warunkach pracy wytwarzania powłok galwanicznych (*rozdział 4 - Wytwarzanie powłok galwanicznych*). Całość części piśmiennictwa kończy się podsumowaniem (*rozdział 5 - Podsumowanie*), w którym Autorka dokonuje podsumowania danych literaturowych wskazując jednocześnie możliwość realizacji oryginalnych rozwiązań technologiczno materiałowych w zakresie metalizacji tworzyw sztucznych wykorzystanych w niniejszej rozprawie, w szczególności o metodach selektywnego nanoszenia powłoki przewodzącej na określone powierzchnie elementów konstrukcyjnych.

W rozdziale 6 rozprawy doktorskiej (*rozdział 6 - Cel, teza i zakres pracy*) Pani Katarzyna Kur sformułowała tezę rozprawy doktorskiej, wyznaczyła cele do realizacji i określiła zakres badań.

W rozprawie doktorskiej postawiono następującą tezę:

„Rodzaj podłoża tworzywa sztucznego oraz sposób jego aktywacji determinuje jakość trwałość i właściwości użytkowe wytworzonych na nim powłok”

- **prace koncepcyjne** (wytypowanie tworzyw sztucznych do badań (7 rodzajów), opracowanie technologii wytwarzania powłok metalicznych (4 technologie)),
- **badania powłok** (badania składu chemicznego, struktury, mikrotrwałości, kąta zwilżania, adhezji, topografii powierzchni, przewodności elektrycznej),
- **badania właściwości użytkowych** (weryfikacja jakości powłok na podstawie wyników badań, odrzucenie nierokujących układów powłoka – tworzywo, kwalifikacja do kolejnych badań tylko najkorzystniejszych wariantów technologicznych),



- Wybór układu powłoka-tworzywa do wdrożenia (uzyskanie 2-3 najbardziej rokujących układów powłoka tworzywo (o najlepszych parametrach adhezyjnych i przewodności elektrycznej).
- Wdrożenie (1 technologia do produkcji seryjnej).

Drugą część rozprawy doktorskiej stanowią wyniki badań eksperymentalnych (*rozdział 7 - 11, strony 55-126*) rozpoczynająca się opisem metodyki badań materiału do badań (*rozdział 7 – Metodyka badań*), zawierająca opis materiału do badań, technologii wytwarzania powłok metalicznych oraz charakterystyki metod badania powłok. Następny rozdział rozprawy doktorskiej zawiera wyniki badań własnych eksperymentalnych (*rozdział 8 – Wyniki*) wraz z krótkimi komentarzami i dyskusją. Po przedstawieniu wyników badań w rozdziale 9 (*rozdział 9 - Analiza wyników po modyfikacji technologii*) Autorka dokonuje analizy otrzymanych wyników, w szczególności pod kątem zastosowanej modyfikacji technologii i jej wdrożenia do procesu technologicznego. Następny rozdział pracy jest poświęcony wdrożeniu (*rozdział 10 – Wdrożenie*), zawiera on oprócz opisu wdrożenia technologii, również sformułowane wnioski dotyczące charakterystyki materiałowej nowo opracowanej i wdrożonej powłoki przewodzącej nałożonej na tworzywo sztuczne. Rozprawa doktorska kończy się Bibliografią (strony 127 - 134). Rozprawa doktorska zawiera również streszczenia w języku polskim i angielskim

Ogólnie praca liczy 134 strony. Autorka powołuje się na 104 pozycje literaturowe. Wskazuje to na bardzo dobre rozeznanie w literaturze przedmiotu, w tym co jest godne również uwagi, w pracach autorów polskich. Klasyczny układ pracy pozwala jednoznacznie wyodrębnić osiągnięcia własne Pani mgr. inż. Katarzyny Kur

Część studialna pracy jest integralnie związana z jej tematem i została oparta na szerokim przeglądzie najnowszych pozycji literaturowych i monograficznych, dotyczących we wprowadzeniu do tematyki badawczej charakterystyki materiałowej konstrukcyjnych tworzyw sztucznych oraz metod ich metalizacji, w szczególności metodami galwanicznymi. Część literaturowa pracy jest dobrym wskazaniem możliwości realizacji celu pracy oraz jego umiejscowieniem na tle danych literaturowych.

W tej części pracy, na uwagę zasługuje dobra, chociaż czasami zbyt ogólnikowa, charakterystyka procesów wytwarzania powłok galwanicznych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zjawiska fizykochemiczne zachodzące podczas powstawania. Interesujące i wartościowe jest zestawienie właściwości powłok w tabelach, szczególnie ze względu na szeroki i właściwy dobór źródeł literaturowych.

Wynikiem krytycznej analizy literatury i jej podsumowania było sformułowanie przez Panią mgr. inż. Katarzynę Kur tezy rozprawy doktorskiej, wyznaczenie celów pracy i zakresu badań.

Tezę pracy uważam za poprawną pod względem naukowym, jasno sformułowaną i jednocześnie na tyle ogólną, że można oczekiwać różnych dróg jej realizacji. Zaproponowane cele badawcze jasno wyznaczają kierunki badań do realizacji w tej rozprawie doktorskiej. Program badań i zastosowane metody badań są całkowicie adekwatne do postawionych zadań.



Realizacja szerokiego zakresu badań wynikająca z postawionego celu badawczego pracy była możliwa dzięki odpowiedniemu zastosowaniu zaawansowanego spektrum metod badawczych struktury, składu chemicznego i fazowego oraz szeregu właściwości fizykochemicznych.

Trzeba przyznać, że analiza postawionych zadań, jak również dobór materiału i wybór metod badawczych, pozwala na stwierdzenie, że Pani mgr inż. Katarzyna Kur zdecydowała się postawione zadania rozwiązać w sposób kompleksowy, od przeglądu literaturowego poprzez opracowanie technologii aż po wdrożenie, wykazując tym samym dobre przygotowanie do samodzielnego rozwiązywania zagadnień zarówno teoretycznych, jak też związanych z praktyczną realizacją eksperymentu.

Z punktu widzenia realizacji celu pracy ważną część rozprawy doktorskiej stanowią rozdziały dotyczące wytworzenia materiału do badań, charakterystyki jego właściwości fizykochemicznych, w szczególności struktury, składu chemicznego i fazowego, adhezji, chropowatości powłoki i przewodności elektrycznej. Wyniki te bowiem przyczyniły się do wyznaczenia podstawowych niezbędnych parametrów procesu technologicznego będącego podstawą wdrożenia.

Interesującą częścią rozprawy doktorskiej są 2 rozdziały końcowe (9 i 10, w których Autorka dokonuje podsumowania efektów modyfikacji technologii i opisuje wdrożenie formułując jednocześnie wnioski końcowe, dowodząc w całej pełni realizacji postawionej tezy i celów badań. Autorka w pełni wykazała umiejętność syntetycznego i zarazem pogłębionego w stosunku do wcześniejszych opracowań, ujęcia teoretycznych i praktycznych aspektów badań własnych. Widać tu wyraźne starania Autora o uogólnienia i usystematyzowanie współzależności oddziaływania i interakcji różnorodnych czynników w procesie utleniania w złożonym układzie powłoka/tworzywo sztuczne.

Podsumowanie oraz wnioski sformułowane na podstawie otrzymanych wyników badań są przedstawione w sposób jasny i wskazują jednoznacznie, że postawiona teza rozprawy doktorskiej oraz cele zostały w pełni zrealizowane przez Panią mgr inż. Katarzynę Kur.

3. Ocena rozprawy doktorskiej

Analizy rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Kur wskazuje wyraźnie, że efektem zrealizowanych prac jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego związane z doborem technologii metalizacji tworzywa sztucznego

Za największe zalety pracy uważam:

1. Zaprojektowanie, wytworzenie oraz wdrożenie technologii złożonego układu materiałowego powłoka/tworzywo sztuczne o odpowiednim zestawie właściwościach fizykochemicznych.
2. Co stanowiło najtrudniejszy element procesu podczas wdrażania technologii?



3. Opis mikrostruktury, składu chemicznego i fazowego oraz całego spektrum parametrów charakteryzujących właściwości fizykochemiczne wytworzonego układu powłoka/tworzywo sztuczne.
4. Dobre wykorzystanie szerokiego spektrum metod badawczych w zakresie badań mikrostruktury, składu chemicznego i fazowego oraz właściwości fizykochemicznych.

Oceniając pozytywnie rozprawę doktorską, pozwolę sobie na kilka uwag do dyskusji, a w szczególności:

1. Uważam za mało wyczerpujący opis wytworzenia materiału do badań w zakresie doboru i warunków procesu wytworzenia materiału. Proszę o wyjaśnienie, czym kierowano się w doborze zaproponowanych warunków procesu.
2. Jak należy rozumieć analizy składu chemicznego powłok otrzymanych przy użyciu spektrometru z dyspersją energii (EDS – analiza w punkcie, np. tabele w rozdziale 8.3) dla pierwiastków tzw. lekkich (C i O) w zakresie błędów pomiarów? Jaki był błąd pomiaru dla tych pierwiastków?
3. Przedstawiony zestaw badań mikrostruktury i właściwości fizykochemicznych układu powłoka/tworzywo sztuczne został w pracy doktorskiej właściwie dobrany i znakomicie wykorzystany do oceny właściwości i ostatecznie do wdrożenia technologii. Czy można by go rozszerzyć o jeszcze inne badania - jakie i dlaczego?

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że pod względem edytorskim praca jest wykonana poprawnie, napisana jest prostym i jasnym językiem. Widać staranność i dokładność w edycyjnej stronie rysunków i tabel. Zauważone nieścisłości (np. brak jednostek przy opisie niektórych wielkości fizykochemicznych, drobne błędy stylistyczne) nie są warte szczegółowego opisu w recenzji.

4. Ocena końcowa rozprawy doktorskiej

W ogólnej ocenie stwierdzam, że Pani mgr inż. Katarzyna Kur zrealizowała zadanie badawcze będące przedmiotem rozprawy doktorskiej. Zawarte w rozprawie wnioski są dobrze udokumentowane. Postawiona na początku rozprawy doktorskiej teza oraz wskazane cele rozprawy zostały w pełni zrealizowane w oparciu o przeprowadzone studium literaturowe oraz wykonane i prawidłowo zinterpretowane wyniki badań własnych. Sposób przedstawienia i opracowania wyników badań wskazuje, że Autorka rozprawy opanowała na dobrym poziomie warsztat badawczy niezbędny do realizacji pracy i wykazała niezbędną wiedzę z zakresu inżynierii materiałowej, planowania badań i metod opracowywania wyników. Sformułowała szereg wniosków o znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym. Został także zrealizowany najważniejszym element tej rozprawy doktorskiej jakim jest wdrożenie technologii.



Politechnik
śląskie



Biorąc pod uwagę poznawcze i aplikacyjne znaczenie pracy, sposób realizacji programu badawczego, formę opracowania i przedstawienia wyników wykonanych badań, jak również zaprezentowane wnioski, mogę z przekonaniem stwierdzić, że rozprawa doktorska Pan mgr. inż. Katarzyny Kur pt. **„Selektywne nanoszenie powłok metalicznych metodą galwaniczną na tworzywa sztuczne”** spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przewidziane odpowiednimi ustawami

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (z późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria materiałowa

Katowice, 2 lutego 2025 r.

prof. dr hab. inż.
Maria Sozańska