

Dr hab. inż. Zenon Tartakowski  
em. prof. ZUT Szczecin

Szczecin, 7 września 2023 r.

RECENZJA  
ROZPRAWY DOKTORSKIEJ  
mgr inż. Katarzyny Suchoń  
„KOMPOZYTY EPOKSYDOWE O OGRANICZONEJ WYMYWALNOŚCI METALI  
NAPEŁNIONE SZKŁEM ODPADOWYM ”  
napisanej pod kierunkiem dr hab. inż. Józefa Stabika prof. Politechniki Śląskiej

### 1. Podstawa wykonania recenzji

Podstawą do wykonania recenzji jest pismo Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 11.07.2023 w sprawie wykonania recenzji rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Katarzyny Suchoń , promotor : dr hab. inż. Józef Stabik prof. Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska .

### 2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt: „ *Kompozyty epoksydowe o ograniczonej wymywalności metali napełnione szkłem odpadowym* „ opracowana przez mgr inż. Katarzynę Suchoń ( doktorat wszczęty wg przepisów tzw. ”starej „ ustawy z dnia 14.03.2003 z późn. zm. Rozprawa wydana w standardowym formacie przez Politechnikę Śląską. Przy opracowaniu recenzji kierowano się opisem wymogów jakie spełniać winna rozprawa doktorska, zawartymi w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym.

### 3. Ocena tematyki pracy

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy kompozytów epoksydowych o ograniczonej wymywalności metali napełnionych szkłem odpadowym pochodzącym z kineskopów telewizorów. Odpady stanowią poważne zagrożenie dla ludzkości, a ich dynamiczny wzrost w dużym stopniu powodowany jest szybkim rozwojem cywilizacyjnym. Taka sytuacja prowadzi do postępującej degradacji środowiska, zmian klimatycznych, zmniejszania się zasobów surowców kopalnych jak również sprzyja nie zrównoważonemu rozwojowi gospodarczemu świata.

Wielkim wyzwaniem dla ludzkości jest ograniczenie niekorzystnych zjawisk jak również uświadomienie społeczeństwu do czego takie postępowanie może doprowadzić. Od wielu lat prowadzone są na świecie intensywne wielokierunkowe działania zmierzające do odwrócenia tych zmian i nadanie nowych trendów w myśl zasady , że nie jesteśmy ostatnimi użytkownikami planety. Zmierzają one do ograniczenia ilości powstających odpadów, ich zagospodarowania i nadania im nowego życia, maksymalnego wykorzystania jako nowych przyszłościowych surowców oraz zminimalizowania szkodliwego oddziaływania na środowisko. Stąd też synonimem obecnych czasów jest recykling. Pomimo szeregu działań usankcjonowanych dyrektywami, ustawami i przepisami ogólnie nie więcej niż 10% wszystkich odpadów jest poddawana recyklingowi. Dominującym sposobem walki z odpadami jest ich składowanie legalne lub nie a także spalanie. Każde z tych działań stanowi poważne zagrożenie dla środowiska zwłaszcza, gdy odpad dodatkowo zawiera związki niebezpieczne. Migracja tych związków do środowiska w efekcie dodatkowych działań klimatycznych

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 15.09.2023  
RDJMa/RMT/125151/2023  
nr ..... zał. ....

potęguje degradację środowiska jak i otoczenia. Odpady zawsze były tematem zainteresowania nauki, i przemysłu w aspekcie możliwości ich wykorzystania jako surowców do wytwarzania nowych wyrobów lub też jako dodatków do surowców pierwotnych. Zarówno efekt ekonomiczny i ekologiczny znajdował tu potwierdzenie. Istnieje bardzo bogata literatura zagraniczna i krajowa dokumentująca wykorzystanie odpadów jako surowców jak również działań związanych z recyklingiem odpadów. Spośród różnych odpadów użytkowych na uwagę zasługują odpady szkła, które po odpowiednich procesach mogą być wykorzystywane w postaci mączki, kulek, włókna długiego i krótkiego. Stosowane są jako wypełniacze, modyfikatory dla tworzyw polimerowych termoplastycznych i termoutwardzalnych. Wytwarzane kompozyty z powodzeniem aplikuje się na wyroby użytkowe, techniczne i konstrukcyjne eksploatowane w różnych warunkach środowiskowych (temperatura, wilgotność, związki chemiczne). Zasadniczo znane są sposoby wytwarzania takich kompozytów jak również ich właściwości fizyczne, mechaniczne, chemiczne czy elektryczne. **Niewystarczająca natomiast jest wiedza lub nawet jej brak w zakresie oddziaływania tych kompozytów na środowisko zwłaszcza gdy składnikami ich są materiały zawierające niebezpieczne pierwiastki jak np. ołów, kadm, stront. Również niewiele jest informacji literaturowych na możliwości ograniczenia niekorzystnego oddziaływania pierwiastków niebezpiecznych w wytworzonych kompozytach na środowisko.** Dla przemysłu zajmującego się wykorzystaniem recyklatu szklanego zawierającego niebezpieczne związki chemiczne koniecznym jest posiadanie wiedzy w tym zakresie. **Idealnym uzupełnieniem tej wiedzy oraz uzmysłowieniem problematyki wypełniaczy zawierających związki niebezpieczne jest dysertacja doktorska pani mgr. inż. Katarzyny Suchoń.**

Uważam, że tematyka dysertacji bardzo dobrze wpisuje się w aktualną problematykę zagospodarowania i ponownego wykorzystania odpadów szkła w tym pochodzącego z kineskopów telewizorów w charakterze perspektywicznych surowców do wytwarzania kompozytów polimerowo – szklanych. Pozwala również poznać możliwości ograniczenia wymywalności niektórych, zagrażających środowisku metali ze stłuczki szklanej kineskopowej poprzez powiązanie ich w kompozytach epoksydowo - szklanych.

Stąd też wybór tematyki rozprawy doktorskiej oraz materiałów do badań należy uznać za trafny i uzasadniony w kontekście aktualnej wiedzy na temat kompozytów epoksydowo- szklanych.

#### 4. Charakterystyka pracy

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska ma postać klasycznej dysertacji, liczącej wraz ze streszczeniami w języku polskim i angielskim, 190 strony. Składają się na nią następujące rozdziały: wstęp, cel pracy i teza naukowa, praca własna, podsumowanie, wnioski końcowe oraz literatura. Łącznie 6 rozdziałów w tym 22 podrozdziały. Praca zawiera 184 pozycje literaturowe krajowe i zagraniczne, wśród których jedna jest współautorstwa Doktorantki. Wszystkie pozycje literaturowe są zgodne z tematyką pracy. Większość opublikowana w ostatniej dekadzie co świadczy o ich aktualności i dobrym rozpoznaniu stanu wiedzy przez Doktorantkę. Tytuł pracy w pełni odpowiada treściom w niej zawartym jak również potencjalnemu czytelnikowi daje wskazówkę, jakiego obszaru wiedzy naukowej dotyczy dysertacja.

Rozdział pierwszy pracy zawiera pięć podrozdziałów i jest przeglądem literaturowym tematyki, którą zajmuje się Doktorantka. Wstęp do pracy idealnie wprowadza w problematykę zagadnienia oraz konieczność podjęcia tej tematyki. W dalszej części rozdziału pierwszego Doktorantka przedstawia problematykę kompozytów polimerowych, ceramicznych z udziałem różnych wypełniaczy oraz problemy związane z oddziaływaniem wypełniaczy na środowisko

w tym wymywalności substancji niebezpiecznych i ich negatywnego oddziaływania na środowisko. Następnie przedstawiona jest problematyka recyklingu szkła kineskopowego jak również dotychczasowe działania w aplikacji stłuczki tego szkła. Jest to doskonale opisane i udokumentowane literaturowo. Jednocześnie można zauważyć, że prowadzone dotychczas badania w większości dotyczyły właściwości otrzymywanych nowych materiałów a nie określano problemów oddziaływania składników niebezpiecznych stłuczki szklanej na środowisko. Stwarza to pewną „lukę”, w wiedzy i wymaga uzupełnienia co zostało stwierdzone przez Doktorantkę. Stało się inspiracją do prac nad tą problematyką. Oprócz szkła kineskopowego Doktorantka opisuje również szkło bezpieczne oraz szkło płaskie, które również w znacznej ilości są spotykane jako odpady użytkowe i zostały użyte jako materiał badawczy w pracy.

Rozdział drugi pracy przedstawia cel poznawczy pracy to jest możliwość zastosowania stłuczki szklanej a w szczególności wytworzonej z kineskopów telewizorów w charakterze napełniacza do kompozytów polimerowo – szklanych. Natomiast cel badawczy pracy doktorskiej sprowadzał się do ;

1. zbadania kompozytów epoksydowo – szklanych o różnej zawartości napełniacza szklanego modyfikowanego i niemodyfikowanego ,
2. doboru odpowiedniego składu i metody wytwarzania kompozytów polimerowych napełnionych pyłem szklanym pochodzącym z odpadowej stłuczki szklanej, co pozwoli na ograniczenie wymywalności wybranych metali ciężkich do środowiska.

Celem użytkowym pracy było wytworzenie kompozytów polimerowo-szklanych z napełniaczem szklanym pochodzącym z odpadów szkła kineskopowego o ograniczonej tendencji do degradacji w warunkach środowiska oraz wymywalności poszczególnych metali zawartych w odpadach szklanych. Jest on ważny dla praktycznego wykorzystania odpadów i wytworzenia nowej grupy materiałów kompozytowych bezpiecznych dla środowiska.

**Można stwierdzić, że cel naukowy, badawczy i użytkowy pracy doktorskiej został sformułowany poprawnie i jednoznacznie.**

Rozdział trzeci pracy zatytułowany „Praca własna”, zawiera sześć podrozdziałów i stanowi dorobek badawczy Doktorantki. Przedstawia on program badań, materiał badawczy, sposób przygotowania próbek do badań, metody badań szkła, metody badań właściwości wytrzymałościowych kompozytu po usieciowaniu, wyniki badań i ich omówienie. Przyjęty program badawczy jest dobrze przemyślany i opracowany zaś kolejność poszczególnych działań pozwala na jego realizację oraz dowiedzenie przyjętej tezy naukowej. Przedstawiony w postaci graficznej schemat blokowy badań eksperymentalnych (rys.3) znakomicie pokazuje tok prac badawczych i poszczególne jego etapy. W opisie materiału badawczego (rozdz. 3.2) Doktorantka podaje właściwości zastosowanych materiałów tj. osnowy polimerowej oraz zastosowanych do badań napełniaczy szklanych. W kolejnym podrozdziale przedstawia sposób przygotowania próbek badawczych. Podrozdział 4 i 5 dotyczy metod badań i według mnie powinny być połączone w jeden podrozdział. Dobór metod badawczych jest prawidłowy dla realizacji przyjętego celu badawczego. W rozdziale 3.6 znajdują się najistotniejsze informacje dla tematyki rozprawy gdzie Doktorantka przedstawia wyniki badań i ich omówienie. Jest to 116 stron ujęte w 4 podrozdziałach, które dotyczą właściwości napełniaczy, właściwości usieciowanych kompozytów, rodzaju osnowy polimerowej a zdolności do immobilizacji metali ciężkich w kompozytach polimerowych oraz wpływu zastosowanej metodyki badawczej na ocenę stopnia immobilizacji. Wyniki badań przedstawione są w postaci opisowej i graficznej. Sposób przedstawienia jest bardzo dobry i pozwala na doskonałą ich analizę. Pomimo dużej ilości wyników ich dobre uporządkowanie nie stwarza efektu chaosu informatycznego. Wszystkie wyniki badań potwierdziły przyjęte założenia.

W rozdziale czwartym będącym podsumowaniem Doktorantka raz jeszcze wykazała konieczność podjętej tematyki badawczej oraz jej oryginalność. Dotychczas było brak badań kompozytów epoksydowych modyfikowanych stłuczką szklaną odpadową z kineskopów telewizorów jak również niewystarczająca była wiedza o oddziaływaniu niebezpiecznych składników szkła kineskopów na środowisko. Analiza zawartej treści rozdziału pozwala stwierdzić, że Doktorantka posiada odpowiednią wiedzę i umiejętności do realizacji prac badawczo- naukowych. W zakończeniu podsumowania Doktorantka stwierdziła, że przy każdorazowej próbie zastosowania materiałów odpadowych jako napełniaczy do tworzyw polimerowych konieczne są badania pozwalające określić ich wpływ na środowisko. Obecnie tworząc nowe kompozyty polimerowe modyfikowane napełniaczami różnego pochodzenia bardziej zwracamy uwagę na właściwości eksploatacyjne a nie problemy ekologiczne.

Rozdział piąty zawiera wnioski końcowe. Doktorantka przedstawiła je w zależności od problemu. Układ wniosków jest starannie opracowany przejrzysty i według mnie daje odpowiedź na zagadnienia podejmowane w pracy. Uważam, że są one poparte wykonanymi przez panią mgr inż. Katarzyny Suchoń badaniami i opowiadają rzeczywistości. W rozdziale szóstym przedstawiono spis literatury według kolejności jej cytowania w pracy. Jest czytelny i poprawny.

## 5. Uwagi

W trakcie czytania rozprawy zauważyłem pewne braki oraz niedociągnięcia. Są to przede wszystkim błędy edycyjne. Poniżej przedstawiam niektóre z nich:

- przed wstępem powinien być wykaz stosowanych oznaczeń i skrótów,
- na str.12 „wiersz 12 od góry rozpoczyna się od.. „Poniżej omówione zostaną pokrótce sposoby ... , sformułowanie niezbyt naukowe,
- na str.40 Doktorantka pisze o badaniach prowadzonych w ramach projektu badawczego dla firmy P.W Ekotop. W wykazie literaturowym powinna być umieszczona informacja np. jako badania własne, niepublikowane,
- na str. 54 , tab.5 – brak jednostki gęstości nasypowej,
- w opisie zmian właściwości kompozytów ( str.121,122,123, 124 itd. ) pojawia się stwierdzenie , że dana właściwość „ spada „, „Jest to często stosowane określenie potoczne , które nie powinno być używane w pracach naukowych dla określenia obniżenia danej wartości lub pogorszenia jakiejś właściwości.

Jednocześnie w pracy stwierdziłem brak informacji o wyjaśnienie których chciałbym prosić Doktorantkę:

- jaka jest skala problemu recyklingu kineskopów z telewizorów, którym zajęła się Doktorantka skoro produkcja ich zakończyła się 12-15 lat temu,
- w jakich warunkach środowiskowych był gromadzony materiał badawczy skoro Doktorantka stwierdza wielokrotnie w pracy, że warunki środowiskowe wpływają na wymywalność niebezpiecznych związków ze stłuczki szklanej,
- dlaczego nie przeprowadzono badań wytrzymałości przy statycznym ściskaniu skoro wytworzone elementy nie nadają się do pracy przy obciążeniach dynamicznych,
- dlaczego nie przedstawiono badań morfologicznych struktury kompozytów z napełniaczem szklanym po procesie badań wytrzymałościowych,
- Jakie są możliwości aplikacyjne kompozytów epoksydowo - szklanych z użyciem konkretnej stłuczki szklanej.

## 6. Ocena końcowe

Przedstawiona recenzji rozprawa doktorska pani mgr inż. Katarzyny Suchoń jest pracą oryginalną, w której Doktorantka rozwiązuje postawiony problem w sposób, który potwierdza jej umiejętności do prowadzenia pracy naukowej.

Tematyka pracy jest interdyscyplinarna obejmująca zagadnienia technologiczne, mechaniczne, chemiczne oraz ekologiczne. Praca została napisana w sposób zrozumiały i przejrzysty. Zamieszczony w pracy materiał ilustracyjny w postaci rysunków, tablic oraz wykresów jest odpowiedni dla wyjaśnienia omawianych zagadnień. Uzyskane przez Doktorantkę wyniki badań są na bieżąco analizowane. Wnioski podane w pracy są odzwierciedleniem wykonanych prac badawczych. Całość rozprawy potwierdza, że Doktorantka posiada dużą wiedzę w dyscyplinie inżynieria materiałowa pozwalającą na szczegółową analizę uzyskanych wyników. Praca doktorska ma duży potencjał badawczy, aplikacyjny oraz edukacyjny.

Dostrzeżone w pracy usterki, które zostały przedstawione w pkt . 5 recenzji w niczym nie podważają wartości merytorycznej pracy, prawidłowości i celowości prowadzonych badań oraz uzyskanych wyników i ich interpretacji jak również nie mają wpływu na moją bardzo pozytywną opinię o poziomie naukowym ocenianej rozprawy.

**Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji dysertacja Pani mgr inż. Katarzyny Suchoń w pełni spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, zgodnie z Ustawa o stopniach i naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14.03.2003 r. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 i wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

