

Białystok, 16.02.2025 r.

prof. dr hab. inż. Michał Kuciej  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Białostocka

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Roberta Cieślaka

pt. Opracowanie technologii wytwarzania kompozytu polimerowego umocnionego zmodyfikowanymi poprodukcyjnymi proszkami żeliwa do zastosowań w armaturze wodnej

promotor: prof. dr hab. inż. Anna Biedunkiewicz

promotor pomocniczy: dr inż. Paweł Figiel

wykonana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, prof. dr hab. inż. Mirosławy El Fray z dnia 6 grudnia 2024 r.

### 1. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska została przedstawiona na 107 stronach maszynopisu formatu A4 w języku polskim. Praca składa się z 5 rozdziałów (w tym 3 roboczych), streszczenia, spisu treści, wykazu literatury oraz załącznika. Zamieszczono w niej 56 rysunków, 12 tabel i 87 cytowanych w pracy pozycji bibliograficznych.

Głównym celem pracy doktorskiej mgr inż. Roberta Cieślaka było opracowanie nowatorskiej technologii wytwarzania kompozytu polimerowego, wzmocnionego produkcyjnymi proszkami żeliwa, dedykowanego zastosowaniom w armaturze wodnej.

W pierwszym rozdziale, zatytułowanym „Część wprowadzająca do badań”, autor szczegółowo przedstawił podstawowe metody recyklingu poprodukcyjnych wiórów żeliwa szarego, ilustrując problem, z którym zmaga się firma Wodrol Wałcz, specjalizująca się w produkcji armatury wodnej. Następnie doktorant odniósł się do najnowszych badań dotyczących recyklingu wiórów metalowych, opublikowanych w literaturze naukowej. Płynnie przechodząc do propozycji zastosowania odpadów poprodukcyjnych żeliwa szarego jako wypełniacza w osnowach polimerowych, dalsza część rozdziału skupia się na omówieniu dotychczasowych osiągnięć badawczych w tym zakresie, podkreślonych w licznych publikacjach naukowych.

Na końcu rozdziału zdefiniowano cel pracy oraz jej tezę.

W rozdziale zatytułowanym „*Część badawcza*” autor przedstawił założenia oraz wyniki wstępnych badań mających na celu dobór odpowiedniej żywicy termoutwardzalnej. W ramach badań przetestowano trzy rodzaje żywic: epoksydową, poliestrową oraz poliuretanową. Jako wypełniacz zastosowano proszki uzyskane w procesie mielenia oczyszczonych wiórów żeliwa szarego, przy czym do produkcji kompozytów wykorzystano frakcję o najdrobniejszej ziarnistości (poniżej 0,075 mm). Na podstawie testowych kompozytów, wykonanych z użyciem różnych osnow, przeprowadzono badania wstępne, które pozwoliły wytypować najbardziej obiecującą konfigurację – żywicę epoksydową z 65% udziałem masowym proszku żeliwa. Przyjęte proporcje materiałowe zostały następnie wykorzystane do wykonania próbek, poddanych różnym procesom wygrzewania.

W drugiej części rozdziału przeprowadzono szeroko zakrojone badania materiałowe próbek, obejmujące:

- badania wytrzymałościowe, w tym statyczną próbę rozciągania (zgodną z normami PN-EN ISO 537-1 i 2), ściskania (PN-EN ISO 604:2006) oraz zginania (PN-EN ISO 178);
- badania korozyjne;
- badania odporności termicznej;
- badania zużycia ślizgowego.

Dodatkowo, wykonano kompleksową charakterystykę materiału kompozytowego, która obejmowała analizę żywicy epoksydowej i utwardzacza, badanie mechanizmów utwardzania i sieciowania, ocenę właściwości proszku żeliwa szarego oraz szczegółowe badanie mikrostruktury.

W rozdziale trzecim, zatytułowanym „*Demonstratory*”, na podstawie wcześniejszych badań, wytworzono z opracowanego materiału kompozytowego trzy różne demonstratory produktów produkowanych przez firmę Wodrol Wałcz z wykorzystaniem żeliwa szarego, mianowicie:

- pokrywę skrzynki małej PEHD do nawiertki,
- kołnierz zaślepny DN 50,
- króciec dwukołnierzowy FF 50x100.

Demonstratory odlane zostały w specjalnie przygotowanych formach silikonowych, natomiast króciec wykonano w formie zbudowanej z połączonych płyt poliamidowych. Rozdział zawiera również bogatą dokumentację fotograficzną prezentującą zarówno zastosowane formy odlewnicze, jak i gotowe produkty.

W rozdziale czwartym, zatytułowanym „*Badania technologiczne demonstratorów*”, zaprezentowano schemat stanowiska do prób ciśnieniowych, z którego korzysta firma Wordol

Walcz, oraz szczegółowo opisano jego zasadę działania. Kolejna część rozdziału zawiera omówienie badań przeprowadzonych na wytworzonych elementach – testy wykonano zgodnie z obowiązującymi normami. Wyniki tych badań jednoznacznie potwierdziły sukces wdrożenia przez autora nowego materiału kompozytowego, który stanowi efektywną alternatywę dla żeliwa szarego.

## 2. Ocena pracy

Podjęcie przez doktoranta tej tematyki stanowi niezwykle trafne wyzwanie w kontekście współczesnych realiów. Polityka gospodarcza i naukowa Unii Europejskiej, a także coraz częściej globalnych mocarstw, koncentruje się na zrównoważonym rozwoju, wymuszając działania badawcze przyczyniające się do jego realizacji.

Opracowanie nowych materiałów o lepszych parametrach, które mogą zastąpić dotychczas stosowane rozwiązania, doskonale wpisuje się w ten trend. Pełnym sukcesem przedstawionych w pracy doktorskiej rozwiązań byłoby ich wdrożenie przez firmę Wodrol Walcz i zastosowanie na szeroką skalę w produkcji.

## 3. Uwagi i pytania

Po wnikliwej analizie manuskryptu nasunęły się następujące spostrzeżenia i pytania, których omówienie lub doprecyzowanie pozwoli lepiej docenić prezentowane wyniki badań:

### 1. Dokładniejsze omówienie badań wstępnych i weryfikacji materiałów kompozytowych z różnymi osnowami:

- a) Na jakiej podstawie ustalono, że optymalny udział masowy proszku żeliwa wynosi 65%? Dlaczego nie 70%? Z jakim krokiem udziału masowego proszku żeliwa przeprowadzono próby odlewnicze?
- b) Dlaczego w osnowach poliestrowej i poliuretanowej od razu przyjęto udział masowy proszku na poziomie 50%, natomiast w epoksydowej na 75%?
- c) We wnioskach stwierdzono, że „niezbędna jest modyfikacja sposobu wytwarzania kompozytu...”. Na jakiej podstawie sformułowano ten wniosek?

### 2. Cel i metodyka wytworzenia materiału pr65 2/0:

- a) Jaki był cel wytworzenia tej wersji materiału?
- b) Czy proces jego produkcji był zgodny z zaleceniami producenta?
- c) Dlaczego dla próbek pr65 2/1 i 2/1,5 przyjęto różne czasy wygrzewania? Na jakiej podstawie zdecydowano o zastosowaniu czasu 90 minut?

### 3. Kompozyt wykorzystany do produkcji demonstratorów:

- a) Który z opracowanych kompozytów został zastosowany do wytworzenia demonstratorów?
- b) Można domniemywać, że był to materiał pr65 2/1,5, jednak w odpowiednim rozdziale nie został on wymieniony. Czy to prawidłowa dedukcja?

### 4. Obróbka wykończeniowa demonstratorów:

Czy wyprodukowane demonstratory zostały poddane obróbce wykończeniowej? Analizując rysunek 12 (str. 28), można przypuszczać, że tak – warto to jednoznacznie wyjaśnić.

### 5. Analiza optymalizacji nowych materiałów i aspekty ekonomiczne:

- a) Czy przeprowadzenie analizy optymalizacji opracowanych materiałów jest zasadne?
- b) Jakie będą przewidywane problemy i koszty produkcji seryjnej zaproponowanych demonstratorów?

### 6. Brak szczegółowego opisu technologii wytwarzania kompozytu na potrzeby produkcji seryjnej:

W pracy zabrakło szczegółowego opisu procesu technologicznego dla produkcji seryjnej. Można uznać, że opis ten został przedstawiony w odniesieniu do wytwarzanych próbek, jednak warto uwzględnić również ujęcie w kontekście pełnowymiarowej produkcji.

Powyższe uwagi i pytania mają charakter informacyjny oraz dyskusyjny i nie wpływają na ogólnie **wysoką ocenę** przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej.

## 4. Podsumowanie

Rozprawa doktorska pt. *Opracowanie technologii wytwarzania kompozytu polimerowego umocnionego zmodyfikowanymi poprodukcyjnymi proszkami żeliwa do zastosowań w armaturze wodnej*, autorstwa mgr. inż. Roberta Cieślaka, spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2021 poz. 478 z późn. zm.). Praca ta wnosi istotny wkład w rozwój inżynierii materiałowej, a jej wyniki mogą znaleźć praktyczne zastosowanie w przemyśle.

W związku z powyższym **wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony** jako podstawy do ubiegania się przez autora o **nadanie stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa**.

*M. Kuc*