

dr hab. inż. Jacek Katzer, prof. UWM
Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Michała Oczapowskiego 2
10-719 Olsztyn

Recenzja rozprawy doktorskiej

autor:

mgr inż. Piotr Górak

tytuł:

Metoda wytwarzania oraz właściwości fizyczne i użytkowe lekkiego kruszywa kompozytowego

Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej nr 52/2022/2023 z dnia 28 września 2023 i podpisana umowa.

Przedmiot oceny

Przedmiotem oceny jest rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Góranka. Rozprawa jest procedowana na Politechnice Częstochowskiej. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Przemysław Postawa, prof. PCz. Promotorem pomocniczym rozprawy jest dr inż. Bogdan Langier. Praca składa się z 10 rozdziałów, spisu literatury, spisu tabel i spisu rysunków. Łączna objętość pracy to 212 stron formatu A4. Na treść pracy, oprócz tekstu składa się 148 rysunków i 59 tabel.

Treść rozprawy

W pracy podjęto bardzo ciekawy i bieżący temat produkcji oraz zastosowania sztucznych kruszyw lekkich wytworzonych na bazie odpadów z butelek PET oraz popiołu lotnego. W ramach pracy kompleksowo przeprowadzono bogaty program badawczy. W pierwszym etapie realizowanego projektu badawczego opracowano dwie technologie produkcji innowacyjnego i oryginalnego kruszywa lekkiego. Opracowane kruszywa są dwuskładnikowe (rdzeń PET oraz otoczka z popiołu lotnego). Zaproponowana technologia produkcji jest oryginalna i pozwala myśleć o skutecznym recyklingu dużych ilości odpadów PET. W drugim etapie opracowane kruszywa poddano szczegółowym badaniom. Testom poddano cechy granulometryczne, mechaniczne i trwałościowe. Uzyskane wyniki pozwoliły na dokonanie wielokryterialnego porównania charakterystyk kruszyw produkowanych dwoma metodami. Wyniki porównania pozwoliły na jednoznaczny wybór jednego typu kruszywa. Technologia produkcji wybranego kruszywa lekkiego została zoptymalizowana przed przystąpieniem do dalszych prac badawczych. W trzecim etapie programu badawczego wytworzono mieszanki betonowe na bazie omawianego kruszywa i poddano je kompleksowym badaniom. Jako przykładowe zastosowanie opracowanego kruszywa lekkiego zaproponowano między innymi samopoziomujące mieszanki gładzi podłogowych. Zaplanowano i przeprowadzono badania mieszanek betonowych o różnym składzie, dla których postawiono konkretne wymagania tak w zakresie konsystencji świeżej mieszanki, jak i właściwości stwardniałego kompozytu. Na podstawie uzyskanych wyników



dokonano oceny ich przydatności i wytypowano mieszanki, które spełniają wszystkie wstępnie przyjęte kryteria. Przedstawiony ciąg prac badawczych stanowi logiczną sekwencję wiodącą do osiągnięcia wszystkich celów pracy. Badania prowadzono zgodnie z zasadami sztuki wykorzystując opisane normowo lub naukowo uzasadnione metodyki badawcze. Na uwagę zasługuje fakt, że uzyskane wyniki badań mają bezpośrednie zastosowanie praktyczne i są stosunkowo łatwe do komercjalizacji.

W pracy przedstawiono dwie dobrze sformułowane tezy naukowe (patrz strona 45 rozprawy). Obie tezy zostały w przekonujący sposób udowodnione w wyniku przeprowadzonego programu badawczego.

Ogólne uwagi i komentarze merytoryczne

Przedstawione wprowadzenie w tematykę i bardzo dogłębny przegląd literatury są jasne i rzeczowe. Kontekst prowadzonych przez Doktoranta prac badawczych jest dobrze usytuowany na tle aktualnego światowego stanu wiedzy (state-of-the-art). Źródła literaturowe (spis literatury obejmuje 245 pozycji) są dobrane prawidłowo tak pod względem tematyki, jakości czasopism w których opublikowano dany artykuł, jak i sposobu ich wykorzystania do odwołań w treści pracy. Cel i zakres pracy zostały opisane w zadowalający sposób w rozdziale 3 pracy. Przeprowadzone prace badawcze zostały rzeczowo usystematyzowane i przedstawione w kontekście realizacji programu badawczego. Całość wizji badawczej doktoranta jest przekonująca i uzasadniona merytorycznie. Praca ma bardzo konkretny i rzetelny charakter. Rozprawa jest napisana poprawnym językiem technicznym. Jednym z niewielu mankamentów pracy jest brak informacji na temat ilości próbek wykorzystanych do przeprowadzenia danego badania. Doktorant odwołuje się wielokrotnie do adekwatnych norm opisujących daną procedurę badawczą i można wnioskować, że wszystkie zawarte tam wymogi co do liczebności próbek zostały dochowane. Niemniej jednak, pełna i konkretna informacja na ten temat powinna być przedstawiona w pracy. Pozwoliłaby ona na prowadzenie prac replikacyjnych przez inne zespoły badawcze oraz ocenę otrzymywanego przez doktoranta rozrzutu wyników. Na podkreślenie zasługuje duża innowacyjność pracy, która oparta jest o całkowicie oryginalną i autorską technologię wytwarzania lekkich kruszyw z materiałów odpadowych. Omawiana technologia jest w trakcie procesu patentowania co wpływa na brak pełnego opisu jej kluczowych elementów. Taki stan rzeczy nie wpływa na odbiór pracy ale w przypadku prowadzenia prac replikacyjnych przez inne zespoły badawcze zmusza do lektury pracy w kontekście uzyskanych patentów. Ogólnie praca jest na wysokim poziomie merytorycznym. Przedstawione poniżej uwagi merytoryczne oraz edytorskie nie mają wpływu na jej dużą wartość naukową oraz potencjał komercjalizacyjny. Ustosunkowanie się doktoranta do poniższych kwestii pozwoliłoby tylko uściślić kilka kwestii i podwyższyć poziom edytorski pracy.

Szczegółowe uwagi i komentarze merytoryczne

Rys. 30: Jaka jest skala osi poziomej (oczko sita)?

Rys. 38: Jaka jest skala osi poziomej (oczko sita)? Na rysunku tym powinna się też znaleźć krzywa uziarnienia piasku normowego, który w badaniach stanowił punkt odniesienia.

Tabela 10: Przedstawiony plan eksperymentu wymaga uzasadnienia. Dlaczego wybrano akurat takie dozowanie kruszyw lekkich? Czemu nie planowano badań przy zmiennej zawartości danego kruszywa lekkiego (np. od 5% do 25%)?

Zastosowanie próbek w formie beleczek 4*4*16cm wymaga komentarza. Kruszywa lekkie, którymi zastępowano piasek normowy (do 2mm) charakteryzują się od niego grubszym uziarnieniem (do 8mm). Czy wielkość próbek nie miała wpływu na uzyskane wyniki?

Rys. 70: Jaka jest skala osi poziomej (oczko sita)?

Rys. 83: Przedstawiono tutaj ciekawe zależności wytrzymałość/gęstość badanych kompozytów. Dlaczego nie przedstawiono bardziej popularnego parametru jakim jest kruchość (wszystkie dane do obliczenia kruchości zostały pozyskane)?

Rys. 111: Jaka jest skala osi poziomej (oczko sita)?

Ogólne uwagi edytorskie

W technologii fibrobetonów stosuje się domyślnie procenty objętościowe na określenie zawartości włókien w mieszance betonowej. Nie trzeba powtarzać tej informacji za każdym razem przy podawaniu zawartości włókien.

Na wykresach zaczerpniętych z literatury anglojęzycznej należy pamiętać o zmianie kropki na przecinki w celu oznaczenia miejsc ułamków dziesiętnych (np. Rys. 16, 17, 19).

Pojęcie „self leveling screed” zostało przetłumaczone jako mieszanka samorozlewalna, a powinno być przetłumaczone jako mieszanka samopoziomująca (patrz również szczegółowe uwagi edytorskie).

Wszystkie symbole literowe zmiennych powinny być pisane kursywą w całym tekście pracy.

W pracy znajdują się Tabele, które w tekście pracy są wielokrotnie nazywane Tablicami. Należy ujednorodnić nazewnictwo w tym zakresie.

Pojęcie „cyrkularność” nie jest najszcześniejsze (kalka językowa z angielskiego). Pojęcie „obieg zamknięty” brzmi znacznie lepiej.

Szczegółowe uwagi edytorskie

Przedstawione poniżej uwagi nie mają wpływu na merytoryczną wartość pracy. Wyliczenie ich ma na celu poprawę ogólnej wysokiej jakości maszynopisu oraz zwrócenie uwagi doktoranta na pewne niuanse edytorskie w przypadku przygotowywania kolejnych publikacji naukowych.

Strona 11, wers 7 od góry: jest „Mgm” – powinno być „Mg”

Strona 11, wers 8 od góry: brak odnośnika do spisu literatury

Rys. 1. Powinien być powiększony. W aktualnej formie jest bardzo trudny do czytania.

Rys. 2, 3, 4. Powinny być powiększone. W aktualnej formie są trudne do czytania.

Strona 18, drugi akapit od góry: Brak wyjustowania tekstu.

Strona 20, wers 21 od góry: Jest „częściowej” – powinno być „częściowego”.

Strona 22, wers 20 od góry: Jest „poddano” – powinno być „poddany”.

Strona 22, wers 6 od dołu: Zdanie wymaga przeredagowania (nie wiadomo co tracimy).

Rys. 8. Powinien być powiększony. W aktualnej formie trudno jest bardzo trudny do czytania.

Strona 24, wers 1 od dołu: Zdanie wymaga przeredagowania (nie wiadomo co oznacza „z PET różnych”).

Rys. 11. Powinien być powiększony. W aktualnej formie jest trudny do czytania.

Strona 29, wers 4 od góry: Zdanie wymaga przeredagowania (jest „...ilości kruszywa takiego sztucznego kruszywa...”).

Strona 29, wers 7 od góry: Brak nawiasów przy odnośniku literaturowym.

Strona 30, wers 8 od góry: Zdanie trzeba podzielić. Nowe zdanie powinno się zaczynać od „Przyjęli zastosowanie...”.

Strona 30, wers 15 od góry: Jest „próbowali” – powinno być „próbował”; jest „niektórym” – powinno być „niektórymi”. Zdanie to powinno się kończyć w wersie 16 na sformułowaniu „...z odpadowego PET.”. Resztę wyrazów należy usunąć.

Rys. 17. Na opisie osi pionowej jest „Mpa” – powinno być „MPa”.

Strona 31, wers 3 od góry: Jest „autorów” – powinno być „badaczy”.

Strona 33, wers 14 od góry: Jest „dozowania” – powinno być „dozowaniami”.

Strona 35, wers 20 od góry: Jest przecinek na końcu zdania.

Rys. 22. Brak odniesienia w tekście do tego rysunku.

Strona 39, wers 12 od dołu: Jest „W niniejszym artykule opisali ...” – powinno być „Opisali...”.

Strona 40, wers 3 od góry: Jest „...100% m kruszywa” – powinno być „...100% masy kruszywa”.

Strona 40, wers 4 od góry: Jest „...w porównaniu w porównaniu...” - powinno być „w porównaniu”.

Stron 40, wers 16 od góry: Jest „...przecież, perspektywie...” – powinno być „...przecież, w perspektywie...”.

Stron 40, wers 4 od dołu: Jest „...poruszali w swoich pracach poruszali m.in. ...” – powinno być „...poruszali w swoich pracach m.in. ...”.

Strona 42, wers 5 od góry: Jest „...pochodzące odpadów...” – powinno być „...pochodzące z odpadów...”.

Strona 42, wers 15 od góry: Jest „obniżenie” – powinno być „obniżenia”.

Strona 43, wers 12 od góry: Jest „...powstałe w nich...” – powinno być „...powstałe z nich...”.

Rys. 27. Konieczna zamiana kropki na przecinek w celu oznaczenia miejsc ułamków dziesiętnych (0,063mm).

Rys. 28. Konieczna zamiana kropki na przecinek w celu oznaczenia miejsc ułamków dziesiętnych (0,063mm).

Rys. 38: Informacja zawarta na tym rysunku jest powtórzona na Rys. 38. Rysunek ten jest niepotrzebny.

Strona 50, wers 10 od góry: Jest „napełniacza” – powinno być „wypełniacza”.

Tabela 5: Tytuł tabeli powinien brzmieć następująco: „Skład chemiczny popiołów użytych do badań”.

Rys. 33: Podpis pod rysunkiem powinien brzmieć następująco: „Uziarnienie popiołów...”.

Tabela 7: Gęstość nasypowa jest wyrażona w „Mg/m³”, a powinno być „Mg/m³”.

Strona 59, wers 3 od góry: Odwołanie do Tablicy 5 jest błędne. Tablica 5 podaje skład chemiczny popiołów, a nie receptury mieszanek. Chodzi chyba o Tablicę 10.

Rys. 39: Nie wnosi żadnej wartościowej informacji. Do usunięcia.

Rys. 41: Nie wnosi żadnej wartościowej informacji. Do usunięcia.

Rys. 42b: Opis osi pionowej jest w języku angielskim.

Tabela 11: Zawartość Tabeli powtarza informacje przedstawione wcześniej na Rys. 42 i 43. Tabela powinna być usunięta lub przeniesiona do załącznika.

Rys. 44: Brakuje legendy opisującej co obrazują słupki, a co przerywana linia.

Rys. 46a: Dwa razy występuje „a”.

Tabela 12: Zawartość Tabeli powtarza informacje przedstawione wcześniej na Rys. 45 i 46. Tabela powinna być usunięta lub przeniesiona do załącznika.

Rys. 56: Brak odnośnika do rysunku w tekście (powinien znajdować się na końcu strony 80).

Rys. 57: Brak odnośnika do rysunku w tekście (powinien znajdować się w wersie 3 na stronie 81).

Strona 83, wers 1 od dołu: Jest „... przed po procesie ...” – powinno być „... przed i po procesie ...”.

Tablica 21: Wers z gęstością nasypową: Jest „Mg/m³” – powinno być „Mg/m³”.

Strona 97, wers 6 od góry: Jest „... na rys. 66.” – powinno być „... na rys. 67.”.

Strona 98, wers 3 od dołu: Powtórzenie sformułowania „zostały wykorzystane”.

Tabela 22: Jest „Popiół lotny za spalania...” – powinno być „Popiół lotny ze spalania ...”.

Rys. 69: Posiada opisy osi w języku angielskim. Opis osi powinien być przynajmniej przetłumaczony w opisie rysunku.

Tabela 24: Brak odnośnika do tabeli w tekście (powinien znajdować się np. w wersie 9 na stronie 105).

Rys. 74: Nieczytelny opis zamieszczonej krzywej (zbyt mała czcionka).

Rys. 75: Nieczytelny opis zamieszczonej krzywej (zbyt mała czcionka).

Strona 108, wers 5 od dołu: Jest „Rys. 75 przedstawiono ...” – powinno być „Na rys. 75 przedstawiono ...”.

Rys. 76: Nieczytelny opis zamieszczonej krzywej (zbyt mała czcionka).

Rys. 77: Nieczytelny opis zamieszczonej krzywej (zbyt mała czcionka).

Rys. 78: Nieczytelny opis zamieszczonej krzywej (zbyt mała czcionka).

Rys. 79: Nieczytelny opis zamieszczonej krzywej (zbyt mała czcionka).

Rys. 80: Wyniki zawartości powietrza nie powinny być połączone linią – badane mieszanki nie stanowią ciągu wyników dla jednego betonu zróżnicowanego jedną zmienną (np. wielkością dodatku, domieszki, ilości dozowanych włókien, itp.).

Strona 113, wers 1 od dołu: Jest odwołanie do rysunku 80, a powinno być do 81.

Rys. 81. Wyniki gęstości nie powinny być połączone linią – badane mieszanki nie stanowią ciągu wyników dla jednego betonu zróżnicowanego jedną zmienną (np. wielkością dodatku, domieszki, ilości dozowanych włókien itp.).

Tabela 31: Zawarte tutaj informacje są powtórzeniem informacji wcześniej przedstawionych na Rys. 81 i Rys. 82. Tabela jest do usunięcia.

Strona 117, wers 4 od dołu: Jest „... takiej stanu próbek ...” – powinno być „... takiego stanu próbek ...”.

Stron 118, wers 2 od góry: Jest „... samorozlewanych kompozytach cementowych (SLS – self leveling screed)..” – powinno być „... samopoziomujących kompozytach”.

Strona 118, wers 5 i 7 od góry: Patrz uwaga powyżej.

Strona 118, wers 5 -7 od dołu: Jest odwołanie do Rys. 84 a powinno być do Rys. 85.

Rys. 87: Wartości opisujące skalę osi pionowej powinny być podane bez części dziesiętnej. Opis osi pionowej zasłania wartości opisujące skalę osi pionowej.

Strona 126, wers 6 od góry: Jest „... przewyższał referencję o 14%.” – powinno być „ ... charakteryzował się wytrzymałością wyższą o 14% od kompozytu referencyjnego.”

Strona 126, wers 6 od góry: Jest „Różnica w stosunku do referencyjnego uzyskana...” – powinno być „Różnica w stosunku do kompozytu referencyjnego...”.

Strona 126, wers 10 od góry: Patrz dwie uwagi powyżej.

Tabela 38: Brak odnośnika do tabeli w tekście.

Rys. 91: Informacje zawarte na tym rysunku są powtórzeniem informacji przedstawionych w innej formie graficznej na Rys. 90. Rysunek jest do usunięcia.

Stron 130, wers 5 od dołu: Jest „... ma ...” – powinno być „... na ...”.

Strona 135, wers 1 i 2 od dołu: Odwołanie do Rys. 10 jest błędne. Rys. 10 dotyczy badania konsystencji świeżej mieszanki betonowej.

Strona 137, wers 3 od góry: Źle wstawiony nawias.

Strona 138, wers 10 od góry: Odwołanie do Rys. 87b jest błędne. Taki rysunek nie istnieje. Rys. 87 dotyczy wytrzymałości na ściskanie.

Strona 139, wers 5 od góry: Odwołanie do Rys. 88 jest błędne. Rysunek 88 dotyczy wytrzymałości na zginanie.

Rys. 99: Brak odwołania w tekście do tego rysunku.

Strona 142, wers 1 od dołu: Odwołanie do Rys. 106b jest błędne.

Rys. 111: Nieczytelny opis osi wykresu (zbyt mała czcionka).

Rys. 112: Brak odwołania w tekście do tego rysunku.

Rys. 113: Brak odwołania w tekście do tego rysunku.

Strona 151, wers 1 od dołu: Odwołanie do Rys. 104 jest błędne.

Rys. 114: Brak odwołania w tekście do tego rysunku.

Rys. 115: Brak odwołania w tekście do tego rysunku.

Strona 153, wers 5 od góry: Błędne odniesienie do Tabeli 40. Prawdopodobnie chodzi o Tabelę 44.

Tabela 44: Brak odwołania w tekście do tej Tabeli.

Strona 161, wers 2 od dołu: Błędne odniesienie do Tabeli 44. Prawdopodobnie chodzi o Tabelę 49.

Tabela 49: Brak odwołania w tekście do tej Tabeli.

Tabela 52: Brak odwołania w tekście do tej Tabeli.

Tabela 54 zawiera informacje przedstawione już wcześniej (bezpośrednio) na Rys. 136 oraz (pośrednio) na Rys. 132 – 135. Tabela jest do usunięcia.

Strona 178, wers 5 od dołu: Błędne odniesienie do Tabeli 1.

Strona 178, wers 2 od dołu: Błędne odniesienie do Tabeli 6.

Strona 178, wers 1 od dołu: Błędne odniesienie do Tabeli 54 (chodzi chyba o Tab. 58).

Tabela 58: Brak odwołania w tekście do tej Tabeli.

Strona 182: Zaprezentowana ilustracja powinna występować jako Rys. 149 z odpowiednim podpisem i odwołaniem w tekście.

Strona 184, wers 4 od dołu: Jest „... własności ...” – powinno być „... właściwości ...”.

Strona 184, wers 4 od dołu: Jest „... modelowane ...” – powinno być „... projektowane ...”.

Strona 186, wers 6 od dołu: Proszę przytoczyć numery zgłoszeń patentowych oraz numer uzyskanego patentu.

Wnioski końcowe

Praca ma charakter naukowy o specyfice badawczej. Przeprowadzony program badawczy był bardzo szeroki, kompleksowy i interesujący z merytorycznego punktu widzenia. Zarówno cele pracy, przeprowadzone badania, jak i analiza uzyskanych wyników zawierają elementy naukowe i twórcze. Warto podkreślić, że praca ma szerokie walory aplikacyjne, a zdobyte podczas badań doświadczenie i autorskie technologie produkcji kruszyw lekkich mogą zostać wykorzystane do pełnoskalowej produkcji tak samych kruszyw jak i betonów na ich bazie.

Doktorant wykazał się szeroką znajomością podjętej tematyki badawczej, efektywną pracą z dużymi zbiorami wyników oraz formułowaniem istotnych wniosków i uwag. Doktorant wykazał się też twórczym podejściem do aktualnego stanu wiedzy.

Na podstawie wymagań określonych w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2020 roku poz. 85, z późn. zm.) stwierdzam, że recenzowana praca doktorska pt.: „Metoda wytwarzania oraz właściwości fizyczne i użytkowe lekkiego kruszywa kompozytowego” autorstwa mgr inż. Piotra Górnika stanowi samodzielne i oryginalne dzieło naukowe potwierdzające wiedzę teoretyczną Autora, oraz jego umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Praca spełnia tym samym wszystkie wymogi ustawowe i wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony w ramach Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna.

Biorąc pod uwagę nowatorski charakter pracy (która jest oparta o całkowicie oryginalną metodę produkcji lekkich kruszyw na bazie materiałów odpadowych), szeroki i kompleksowy zakres prac przeprowadzonych prac badawczych oraz duży potencjał komercjalizacyjny wyników przedstawionych w pracy wnoszę o jej wyróżnienie.