



Bydgoszcz, 25. 11.2024 r.

Dr hab. inż. Jolanta Tomaszewska, prof. PBS
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
85-326 Bydgoszcz
ul. Seminaryjna 3

RECENZJA

PRACY DOKTORSKIEJ PANI MGR. INŻ. KAROLINY GŁOGOWSKIEJ ZATYTUŁOWANEJ „ODLEWANIE ROTACYJNE POLIETYLENU Z ZASTOSOWANIEM FORM Z RÓŻNYCH MATERIAŁÓW METALICZNYCH ”

Podstawa

Uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej z dnia 11 września 2024 r. i stosowne pismo Z-cy Przewodniczącego ds. stopni naukowych Pana dr. hab. inż. Jarosława Bieniasia z dnia 8 października 2024 roku.

Zagadnienia ogólne

Przedstawiona do recenzji praca doktorska „*Odlewanie rotacyjne polietylenu z zastosowaniem form z różnych materiałów metalicznych*” została zrealizowana w Katedrze Technologii Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Janusza Sikory.

Oceniana rozprawa została przygotowana w układzie klasycznym, liczy 207 stron i obejmuje wprowadzenie, omówienie na podstawie przeglądu literatury najważniejszych zagadnień związanych z odlewaniem rotacyjnym tworzyw polimerowych, przedstawienie celu i hipotez badawczych, planu, metodyki i techniki badań doświadczalnych, oraz omówienie wyników wraz z dyskusją, kolejno symulacji, badań doświadczalnych procesu odlewania rotacyjnego, badań odlewów i optymalizacji procesu odlewania a także podsumowanie i wnioski końcowe ze wskazaniem kierunków dalszych prac. Autorka cytuje 154 pozycje literaturowe, przy czym ponad 30 publikacji z ostatnich dziesięciu lat.

Wyniki bogatej części eksperymentalnej zostały przedstawione bardzo czytelnie w postaci rysunków, wszystkie znajdują odniesienie w tekście, dotyczy to również tabel. Rozprawę zamyka spis rysunków i tabel.

Znaczenie problematyki

Odlewanie rotacyjne jest jedną z najbardziej efektywnych i wszechstronnych technik przetwórstwa w przemyśle tworzyw polimerowych ze względu na możliwość produkcji elementów o dowolnym kształcie i wymiarach, w tym wyrobów wielkogabarytowych. Możliwość produkcji w jednoetapowym procesie odlewów o wysokich właściwościach

mechanicznych i dobrej jakości powierzchni oraz stosunkowo jednorodnej strukturze sprawia, że metoda odlewania rotacyjnego ma szerokie spektrum zastosowań. Należy do najbardziej dynamicznie rozwijających się technologii otrzymywania cienkościennych produktów z tworzyw termoplastycznych pomimo pewnych wad, do których należy niewątpliwie stosunkowo długi czas cyklu wpływający na wydajność i energochłonność procesu.

Dlatego badania nad optymalizacją czynników wpływających na przebieg procesu odlewania rotacyjnego i właściwości otrzymanych tą metodą produktów są zasadne i ważne dla sektora przetwórstwa tworzyw polimerowych, mogą się bowiem przyczynić do zwiększenia efektywności procesu pod względem energetycznym i czasowym, a w konsekwencji zmniejszenia kosztów produkcji i zwiększenia jej wydajności. Znajomość jednoczesnego wpływu wielu parametrów na strukturę i właściwości odlewu może wpłynąć również na zmniejszenie zużycia materiałów, redukcję wad produktowych, a w efekcie na zmniejszenie ilości odpadów produkcyjnych.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że problematyka badawcza podjęta przez Panią mgr inż. Karolinę Głogowską jest aktualna zarówno w aspekcie użytkowym jak i naukowym. Wieloczynnikowa analiza procesu odlewania rotacyjnego liniowego jest istotna w aspekcie rozwoju wiedzy dotyczącej innowacji technologicznych procesów przetwórstwa tworzyw polietylenowych.

Ocena merytoryczna

Część literaturowa

W pierwszym rozdziale części literaturowej rozprawy, Autorka przedstawiła charakterystykę procesu odlewania rotacyjnego tworzyw polimerowych omawiając szczegółowo poszczególne jego fazy. Dalsza część rozdziału zawiera opis specjalistycznego systemu modelowania komputerowego *RotoSim* wykorzystanego do modelowania procesu odlewania rotacyjnego w ramach niniejszej pracy, wraz z przykładami jego zastosowania. Obszerny fragment części literaturowej poświęcono przedstawieniu różnych konstrukcji maszyn do odlewania rotacyjnego, w tym urządzeń nowej generacji jak Leonardo czy *Smart Machine*. Szczegółowo omówiono formy odlewnicze z uwzględnieniem materiałów konstrukcyjnych, z których są wykonane oraz ich właściwości jako istotnego czynnika wpływającego na właściwości odlewu. Autorka przedstawiła również charakterystykę tworzyw polimerowych stosowanych do odlewania rotacyjnego szczegółowo omawiając właściwości różnych odmian polietylenu oraz sposoby wytwarzania materiałów kompozytowych tą techniką. Kolejny podrozdział pracy zawiera porównanie metod wyłaczania z rodmuchiwanym w formie i rozciągania folii i płyt z tworzyw polimerowych z odlewaniem rotacyjnym, którego celem było wykazanie jego zalet i wad. Tę część pracy Autorka kończy przedstawieniem głównych obszarów zastosowań odlewania rotacyjnego z prezentacją wybranych produktów i firm zajmujących się produkcją odlewów.

Drugi rozdział części literaturowej pracy zawiera obszerny przegląd aktualnego stanu wiedzy na temat podstawowych czynników procesu odlewania rotacyjnego tj. prędkości obrotowej formy odlewniczej, temperatury i czasu ogrzewania formy odlewniczej w komorze grzejnej, temperatury i czasu chłodzenia formy oraz ciśnienia

w gnieździe formującym wpływających na kształtowanie struktury i właściwości odlewów. Ta część przeglądu prac naukowo-badawczych jest szczególnie istotna ze względu na fakt, że w celu określenia zależności parametry przetwórstwa-struktura-właściwości gotowych odlewów konieczna jest wieloczynnikowa analiza uwzględniająca nie tylko wymienione czynniki procesowe ale również jednoczesny wpływ rodzaju materiału formy odlewniczej i grubości jej ścianek.

Z podsumowania przeglądu dostępnej literatury przedstawionego w rozdziale III jasno wynika element nowości przedstawionej do oceny pracy, jakim jest ocena jednoczesnego wpływu rodzaju materiału, z którego wykonana jest forma odlewnicza, grubości jej ścianek oraz temperatury w komorze grzejnej na przebieg procesu odlewania rotacyjnego i właściwości odlewu. Dodatkowo, w literaturze brakuje wyników badań modelowania procesu odlewania rotacyjnego z wymienionymi czynnikami zmiennymi.

Podsumowując tę część rozprawy uważam, że studia literaturowe zostały przeprowadzone wyczerpująco i stanowią dobre wprowadzenie do tematyki badań. Cennym uzupełnieniem są tabelaryczne zestawienia bibliografii dotyczącej poszczególnych zagadnień technologicznych odlewania rotacyjnego i stosowanych w badaniach eksperymentalnych tej technologii tworzyw polimerowych. Analiza dotychczasowego stanu wiedzy pozwoliła Kandydatce do stopnia doktora nie tylko na nabycie wiedzy teoretycznej z zakresu problematyki związanej z przedmiotem rozprawy, ale także na przeprowadzenie merytorycznej dyskusji uzyskanych w pracach eksperymentalnych wyników badań.

Część doświadczalna

Tę część pracy Autorka rozpoczyna przedstawieniem celu naukowego, którym jest określenie wpływu rodzaju materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej i grubości jej ścianki oraz temperatury w komorze grzejnej i czasu ogrzewania formy na proces odlewania rotacyjnego i właściwości otrzymanego tą metodą odlewu z liniowego polietylenu małej gęstości (PE-LLD). W części tej Autorka przedstawiła hipotezy, które zakładają, że wymienione czynniki wpływają na przebieg i czas cyklu odlewania rotacyjnego PE-LLD oraz na występowanie różnic we właściwościach odlewów wykonanych z tego polimeru. Należy podkreślić, że w dostępnej literaturze tematu nie opisano dotychczas wpływu wszystkich wymienionych czynników na właściwości odlewu wykonanego z PE-LLD.

W dalszej części IV rozdziału pracy Autorka przedstawiła zadania, których konsekwentna realizacja świadczy o przemyślanej koncepcji podjętych badań. Uważam jednak, że korzystnie byłoby wyodrębnić zadania, które zaliczyć by można do kamieni milowych jak np. przeprowadzenie badań symulacyjnych za pomocą oprogramowania RotoSim, natomiast inne są zbyt szczegółowe jak np. pomiar grubości ścianki odlewu, aby przedstawić je jako równocenne zadania badawcze.

Na podstawie literatury oraz badań wstępnych określono czynniki zmienne, do których należały trzy rodzaje materiałów konstrukcyjnych formy tj. aluminium, mosiądz i stal, trzy grubości ścianek form 3, 5 i 8 mm oraz temperatura zmienna w zakresie od 230°C do 270°C.

Zdefiniowano również katalog czynników wynikowych bezpośrednich w programie badań symulacyjnych, w tym rozkłady temperatury na powierzchni i w gnieździe formy, czas cyklu, stopień zestalenia i grubość ścianki odlewu oraz czynników pośrednich i bezpośrednich w programie badań doświadczalnych. Szczegółowo scharakteryzowano tworzywo polimerowe i materiały, z których wykonano formy. Do realizacji eksperymentu przyjęto plan statyczny trójpoziomowy kompletny, który pozwala na stworzenie nieliniowego modelu matematycznego.

W celu określenia wpływu czynników zmiennych na strukturę i właściwości mechaniczne, dynamiczne oraz cieplne odlewu przeprowadzono serię eksperymentów odlewania rotacyjnego dla każdej konfiguracji zmiennych przedstawionych w macierzy eksperymentu. Odlewanie realizowano wykorzystując maszynę laboratoryjną zaprojektowaną i wykonaną specjalnie do tego celu przez Sieć Badawczą Łukasiewicz w Toruniu. Przeprowadzono badania statyczne właściwości mechanicznych, twardości, odporności na obciążenia dynamiczne i struktury powierzchni. Oceniono także właściwości cieplne określając temperaturę topnienia i krystalizacji, ciepło topnienia i stopień krystaliczności oraz strukturę za pomocą tomografii komputerowej. Do statystycznego opracowania wyników zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji ANOVA. Dodatkowo zoptymalizowano proces odlewania rotacyjnego metodą Taguchiego, na potrzeby której zbudowano tablicę ortogonalną zawierającą 27 kombinacji czynników niezależnych podlegających optymalizacji, a obliczenia przeprowadzono w programie *Statistica 13.3*.

Rozdział V rozprawy *Modelowanie procesu odlewania rotacyjnego* Autorka rozpoczyna od przedstawienia podstaw i założeń wraz ze schematem modelowania procesu odlewania rotacyjnego w programie RotoSim. Schematyczne przedstawienie poszczególnych etapów symulacji ułatwia poruszanie się po prezentacji wyników badań symulacyjnych i ich omówienia.

Na podstawie wyników badań symulacyjnych stwierdzono, że zarówno materiał konstrukcyjny jak i grubość ścianki odlewniczej oraz temperatura w komorze grzejnej wpływają na rozkład temperatury formy oraz tworzywa, przebieg zmian stanów skupienia tworzywa i jego stopnia zestalenia oraz czasu cyklu odlewania. Obliczenia numeryczne pozwoliły na określenie czasowo-temperaturowych zależności pozwalających na określenie zależnej od grubości ścianki i rodzaju materiału temperatury w gnieździe formującym. Analiza wyników wykazała, że najlepszym materiałem konstrukcyjnym formy odlewniczej jest aluminium, w tym przypadku osiągnięto rozkład temperatury najbardziej zbliżony do temperatury w komorze grzejnej, najkrótszy czas cyklu oraz największą wartość stopnia zestalenia. Należy dodać, że zależność ta występuje przy wszystkich grubościach ścianek formy.

Przedstawione wyniki badań symulacyjnych pozwalają na weryfikację doboru temperatury w komorze grzejnej w zależności od rodzaju materiału, z którego wykonana jest forma oraz grubości jej ścianki a także długości fazy ogrzewania sprzyjającego otrzymaniu odlewu pozbawionego wad powierzchni i struktury.

Dzięki teoretycznemu rozkładowi temperatury, można również określić długość cyklu odlewania rotacyjnego przy określonych czynnikach zmiennych.

Przeprowadzone badania doświadczalne, których wyniki zaprezentowano w rozdziale VI rozprawy pozwoliły na weryfikację wyników symulacji numerycznych. W planowaniu eksperymentu przyjęto, że proces odlewania rotacyjnego charakteryzowały następujące wielkości: rozkład temperatury w gnieździe formującym formy odlewniczej, szybkość przyrostu temperatury w gnieździe formującym formy odlewniczej, czas cyklu odlewania rotacyjnego, zużycie energii elektrycznej podczas procesu oraz rozkład grubości ścianki odlewu.

Wyniki badań eksperymentalnych potwierdziły, że zastosowanie aluminium do wykonania formy jest najbardziej korzystne biorąc pod uwagę najmniejszą różnicę pomiędzy temperaturą w komorze grzejnej, a temperaturą w formie oraz najkrótszy czas cyklu. Forma aluminiowa może być grzana w niższej temperaturze w komorze grzejnej niż forma wykonana ze stali, aby przy tej samej grubości ścianki uzyskać podobny rozkład temperatury. Ponadto, stosując formy z tego metalu uzyskano najbardziej równomierny rozkład grubości ścianek odlewów i najmniejsze zużycie energii elektrycznej. W przypadku wszystkich form stwierdzono liniowe wydłużenie czasu cyklu ze wzrostem grubości ścianki formy odlewniczej, czas ten dodatkowo wydłużał się wraz ze wzrostem temperatury w komorze grzejnej. Jest to efekt niekorzystny biorąc pod uwagę fakt, że ze względu na właściwości mechaniczne aluminium formy z niego wykonane muszą mieć większą grubość ścianek.

Podsumowując tę część pracy uważam, że wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych w zakresie charakterystyki procesu odlewania są komplementarne i poszerzają znacząco wiedzę związaną z wpływem materiału konstrukcyjnego formy i grubości jej ścianki oraz temperatury w komorze grzejnej na przebieg odlewania rotacyjnego i rozkład grubości ścianek odlewów.

Właściwości mechaniczne, termiczne i strukturalne odlewów były przedmiotem szerokiej analizy przedstawionej w rozdziale VII pracy doktorskiej. Doktorantka opisała wybrane właściwości modelem, w którym zmienna zależna była funkcją współczynnika przewodzenia ciepła materiału konstrukcyjnego formy, grubości ścianki i temperatury w komorze grzejnej. Sprawdziła także istotność wpływu czynników niezależnych na zmienną zależną oraz efekt interakcji pomiędzy grubością ścianki odlewniczej, a temperaturą w komorze grzejnej. Wyniki badań modułu Younga, wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia względnego przy zerwaniu oraz siły maksymalnej wywieranej podczas próby przebicia udarowego przedstawione w formie wykresów „ramka-wąsy” wskazują ponownie na aluminium jako najbardziej korzystny materiał konstrukcyjny formy, w której otrzymane odlewy charakteryzują się największymi wartościami tych właściwości. Wzrost temperatury w komorze grzejnej do 270°C przy grubości ścianek formy 3 i 5 mm prowadzi jednak do zmniejszenia tych wartości, podobny efekt zaobserwowano dla próbek wykonanych w formie z mosiądzu. Przyczyną obniżenia właściwości mechanicznych próbek otrzymanych w komorze grzejnej o wysokiej temperaturze w formie o małej grubości ścianki może być termoutleniająca degradacja polietylenu, która skutkuje też pogorszeniem odporności na uderzenie i twardości oraz zmniejszeniem stopnia krystaliczności wyznaczonym na podstawie analizy kalorymetrycznej. Badania metodą DSC wykazały bowiem istotne różnice w wartościach

stopnia krystaliczności odlewów, przy zmieniających się jedynie w niewielkim zakresie temperaturach topnienia i krystalizacji.

Stwierdzono ponadto istotny wpływ przyjętych czynników zmiennych na wartość parametrów chropowatości powierzchni odlewów. Analizę tę uzupełniono cyfrowym odwzorowaniem 3D ich powierzchni. Obrazy topografii powierzchni potwierdziły, że największą chropowatością charakteryzują się próbki wykonane w formach stalowych, najmniejszą zaś w aluminiowych. Analiza topografii powierzchni w połączeniu z obrazami z tomografii komputerowej pozwoliły na stwierdzenie obecności mikronierówności oraz pęcherzyków powietrza, których przyczyną może być m.in. nieodpowiedni dobór konfiguracji czynników zmiennych, a które mogą być przyczyną pogorszenia właściwości użytkowych i walorów estetycznych.

Część eksperymentalną pracy zamyka omówienie wyników optymalizacji procesu odlewania metodą Taguchiego, którą wykonano dla wytrzymałości na rozciąganie i parametru chropowatości Ra . Stwierdzono, że na obie te właściwości wpływają najistotniej współczynnik przewodzenia ciepła materiału formy oraz grubość jej ścianki. Na podstawie analizy zależności wskaźnika S/N od czynników niezależnych oszacowano optymalne parametry nastawne w procesie odlewania, które skutkują najwyższą wytrzymałością i najniższą chropowatością odlewu z PE-LLD. Uwzględniając wniosek z wcześniej opisanych badań, że przy zastosowaniu formy o małej grubości ścianki i jednocześnie wysokiej temperatury komory następuje degradacja tworzywa, ustalono, że odlewy o najwyższej jakości można otrzymać stosując formę aluminiową o grubości ścianek 8 mm i temperaturę komory grzejnej 250°C lub skracając fazę ogrzewania formy z tworzywem.

Szczegółowa lektura przedstawionej do oceny rozprawy rodzi kilka pytań, na które prosiłabym Doktorantkę o odpowiedź i komentarz. Zadanie części z pytań wynika z zaciekawienia szczegółami metodyki i przygotowania próbek do badań:

- Wartości czynników zmiennych zostały ustalone na podstawie literatury i badań wstępnych (str. 76). Czy mogłabym prosić o uzupełnienie tej informacji, na podstawie jakich badań wytypowano temperaturę komory i czas ogrzewania formy oraz grubości ścianek formy?

- Na wykresach pokazanych na rys. 35-37 przedstawiono zależność rozkładu temperatury podczas odlewania rotacyjnego dla form różnego rodzaju, w tym na powierzchni zewnętrznej formy odlewniczej, w gnieździe formującym oraz tworzywa polimerowego. Czy mogę prosić o interpretację krzywej temperatury tworzywa w czasie, ponieważ niejasna jest dla mnie jej wartość, która praktycznie we wszystkich przypadkach wynosi poniżej 100°C.

- W badaniach stopnia krystaliczności uwzględniono wpływ rodzaju materiału i grubości ścianek formy, nie uwzględniono natomiast wpływu długości fazy chłodzenia, która zgodnie z informacją na str. 85 zależała również od obu tych czynników. Sądzę, że w badaniach stopnia krystaliczności, na podstawie których wnioskowano o zmianach degradacyjnych należałoby w przyszłości uwzględnić także ten czynnik, tym bardziej, że czas chłodzenia różnił się istotnie (od ok. 25 do 50 minut., co wynika z danych na rys. 35-37).

- Założono, że grubość próbki wynosiła 2.5 mm, ale badania pokazały, że największa grubość próbki wynosiła ponad 3 mm. Czy do badań DSC pobierano materiał od strony zewnętrznej czy wewnętrznej odlewu, czy może był to uśredniony przemiał? Można przypuszczać, że byłyby różnice pomiędzy stopniem krystaliczności materiału pobranego z różnych warstw, takie wyniki też byłyby ciekawe z punktu widzenia ewentualnych zmian degradacyjnych, nawet przy założeniu stałej grubości odlewu.

- O efektach degradacyjnych tworzywa wnioskowano także na podstawie badania metodą spektroskopii FTIR. Powszechnie wiadomo, że na skutek degradacji następuje zmniejszenie masy cząsteczkowej polimeru. Czy rozważała Pani również badania zmiany masy cząsteczkowej innymi metodami np. pośrednio z pomiarów MFR?

- Podczas odlewania nie mierzono rzeczywistej temperatury tworzywa. Taka informacja ułatwiłaby wnioskowanie na temat przyczyn ewentualnych procesów degradacyjnych. Prosiłabym o komentarz w sprawie możliwości pomiaru tej temperatury z uwzględnieniem uwarunkowań konstrukcyjnych.

Przedstawione w treści recenzji uwagi i sugestie mają w większości charakter dyskusyjny i nie obniżają wysokiej wartości merytorycznej pracy doktorskiej pani mgr inż. Karoliny Głogowskiej.

Podsumowując, na podkreślenie zasługuje bardzo szeroki zakres prezentowanych badań, które Doktorantka zrealizowała w sposób konsekwentny, zgodnie z zaplanowanym zakresem prac badawczych. Biorąc pod uwagę obszerną analizę otrzymanych wyników wartościowe jest zamieszczenie na końcu każdego rozdziału wniosków i ustaleń z przeprowadzonych analiz.

Strona edytorska rozprawy jest bardzo staranna, a nieliczne usterki i niedoskonałości wynikające prawdopodobnie z obszerności pracy, nie wpływają na ogólną pozytywną ocenę pracy.

Podsumowanie

Założone przez panią mgr inż. Karoliną Głogowską cele pracy zostały osiągnięte tzn. określono wpływ rodzaju materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości jej ścianki oraz temperatury na przebieg procesu odlewania rotacyjnego i właściwości odlewów wykonanych z polietylenu liniowego małej gęstości. W oparciu o szerokie badania mechaniczne, termiczne i strukturalne przeprowadzono analizę wieloczynnikową wyznaczając zależności matematyczne opisujące wpływ wymienionych czynników zmiennych na właściwości odlewu.

Na podstawie badań symulacyjnych i prac eksperymentalnych udowodniono, że możliwy jest taki dobór parametrów w procesie odlewania rotacyjnego, który prowadzi do zminimalizowania powstawania wad w odlewach wykonanych z PE-LLD wpływających niekorzystnie na ich właściwości użytkowe i walory estetyczne.

Wartościowe wyniki badań zrealizowanych przez mgr inż. Karolinę Głogowską stanowią istotny wkład w rozwój wiedzy z zakresu wiodącej dyscypliny inżynieria mechaniczna i jednocześnie poszerzają wiedzę z zakresu inżynierii materiałowej, również w aspekcie aplikacyjnym, co dodatkowo zwiększa merytoryczną wartość przedstawionej do recenzji rozprawy. Pani mgr inż. Karolina Głogowska wykazała się szeroką wiedzą związaną z przedmiotem rozprawy, a prawidłowe zaplanowanie i przeprowadzenie

eksperymentów, analiza ich wyników i spójne wnioskowanie wymagało wiedzy Doktorantki z zakresu zagadnień, które dotyczą obu tych dyscyplin.

Wykonane prace doświadczalne dowodzą biegłości w posługiwaniu się nowoczesną aparaturą badawczą i umiejętności wykorzystania uzyskanych wyników przeprowadzonych badań. Reasumując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska świadczy o bardzo dobrym opanowaniu warsztatu pracy.

Opracowane w ramach niniejszej rozprawy zależności mogą posłużyć do określania warunków przetwórstwa pozwalających na otrzymanie wysokiej jakości wyrobów o korzystnych właściwościach oraz na poprawę wydajności procesu. Podkreślić należy zatem dużą wartość aplikacyjną uzyskanych wyników z uwagi na możliwość zastosowania w technologii przetwórstwa metodą odlewania rotacyjnego.

Uwzględniając wartości poznawcze i aplikacyjne, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr inż. Karoliny Głogowskiej „*Odlewanie rotacyjne polietylenu z zastosowaniem form z różnych materiałów metalicznych*” spełnia wymagania określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 - z późniejszymi zmianami) i Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami) oraz mieści się w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.

Wnoszę zatem do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej o jej przyjęcie i przeprowadzenie dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Grzegorz