



POLITECHNIKA
RZESZOWSKA
im. Ignacego Jana Paderewskiego



WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA
POLITECHNIKA RZESZOWSKA



KATEDRA
ODLEWNICTWA
I SPAWALNICTWA
POLITECHNIKA RZESZOWSKA

Rzeszów, 16.12.2024 r.

Dr hab. inż. Marek Mróz, profesor uczelni
Politechnika Rzeszowska
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Katedra Odlewnictwa i Spawalnictwa
al. Powstańców Warszawy 12
35-959 Rzeszów

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karola Piaseckiego
pt. „Ocena wpływu wybranych modyfikatorów na proces krystalizacji i jakość
żeliwa sferoidalnego w odlewach grubościennych”

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa prof. dr. hab. inż. Adama Grajcara z dnia 22 października 2024 roku, znak pisma RDJMa.512.15.2024.

Praca doktorska reprezentuje dyscyplinę inżynieria materiałowa i została zrealizowana w ramach projektu Doktorat Wdrożeniowy, finansowanego przez MNiSW.

Recenzja została wykonana w aspekcie spełniania przez Doktoranta warunków wynikających z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Recenzja zawiera formalną ocenę układu i zawartości pracy oraz merytoryczną ocenę rozprawy doktorskiej wraz z uzasadnieniem. Dokonano również oceny czy Doktorant spełnia wymagania wynikające z zapisu cytowanej wyżej ustawy, a w szczególności czy rozprawa doktorska

- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria materiałowa,
- wskazuje na umiejętność Doktoranta do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej,
- stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej.

1. WPROWADZENIE

Opracowanie, w 1922 roku przez firmę Meehanite, nowego żeliwa wytwarzanego z zastosowaniem metody wprowadzania zarodków, znacznie rozszerzyło projektantom i konstruktorom możliwości doboru materiału na odpowiedzialne części maszyn. Ideą tej metody była zmiana stanu fizyko-chemicznego ciekłego metalu wywołana wprowadzeniem (na krótko przed odlaniem) do żeliwa, o małej zdolności do zarodkowania, niewielkiej ilości substancji zwanych modyfikatorami, które zwiększają liczbę aktywnych zarodków (podkładek do zarodkowania heterogenicznego).

Do bezpośrednich efektów zabiegu modyfikacji należą: korzystna zmiana mikrostruktury żeliwa poprzez zwiększenie liczby zarodków, zwiększenie liczby i stopnia rozgałęzienia dendrytów przedeutektycznych, czy zanik grafitu międzidendrytycznego na rzecz równorozłożonego. Do pośrednich efektów modyfikacji zalicza się zmniejszenie stopnia przechłodzenia podczas krystalizacji żeliwa, poprawę właściwości mechanicznych, przeciwdziałanie ferrytyzacji oraz zmniejszenie skłonności do zabielen. Te wszystkie korzyści spowodowały, że modyfikowane żeliwo szare zajmuje wysoką pozycję i uznanie wśród konstruktorów i projektantów części maszyn i urządzeń. Dotyczy to zarówno żeliwa szarego z grafitem płatkowym, jak i żeliwa szarego z grafitem kulkowym (sferoidalnym).

W przypadku żeliwa szarego z grafitem sferoidalnym, zabieg modyfikacji podzielony jest na dwa etapy, tzw. modyfikacja pierwotna i wtórna. O ile problematyka modyfikacji żeliwa jest dość dobrze opisana w literaturze technicznej, o tyle jej specyfika, za każdym razem gdy zabieg ten jest wprowadzany do produkcji żeliwa sferoidalnego, wymaga uwzględnienia warunków produkcyjnych odlewni. Stąd aby uzyskać odpowiedni poziom jakości odlewów z żeliwa sferoidalnego, konieczne jest wykonanie odpowiednich badań dotyczących przygotowania żeliwa wyjściowego o odpowiednim składzie chemicznym, przygotowania ciekłego metalu (proces topienia żeliwa, uzyskanie odpowiedniego stanu fizyko-chemicznego ciekłego metalu), a także badań dotyczących samego zabiegu modyfikowania (rodzaj modyfikatora, sposób modyfikacji) i wreszcie kontroli jakości, czyli skuteczności modyfikacji, zwłaszcza z uwagi na zanikanie jej efektu.

Na przestrzeni lat zabieg modyfikacji był ciągle ulepszany, opracowano nowe modyfikatory, wprowadzano nowe techniki modyfikacji, jednak zawsze najważniejszym elementem było indywidualne dla każdej odlewni podejście do prac wdrożeniowych. Pomimo, że tematyka modyfikacji żeliwa jest dość powszechna i wydawałoby się mało innowacyjna, uważam, że temat rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karola Piaseckiego jest aktualny, dobrze wpisuje się w trendy badawcze z zakresu odlewnictwa żeliwa sferoidalnego, a sama dysertacja cechuje się walorami charakterystycznymi do tego typu opracowań naukowych. Dodatkowo, mgr inż. Karol Piasecki swoje badania naukowe prowadził w ramach programu Doktorat Wdrożeniowy, finansowanego przez MNiSW. Wyniki tych badań zostały wdrożone w procesie produkcji żeliwa sferoidalnego przeznaczonego na wielkogabarytowe grubościennne odlewy w Odlewni RAFAMET Sp. z o.o.

2. FORMALNA OCENA UKŁADU I ZAWARTOŚCI PRACY

Recenzowana praca doktorska składa się ze 132 stron (jednostronny wydruk). Jej treść podzielona jest na dwie części: teoretyczną i badania własne. W części teoretycznej, na 43 stronach przedstawione zostały rozważania dotyczące żeliwa oraz zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji, a także zastosowanych w pracy metod i narzędzi badawczych. Część badawczą pracy, która zawiera cel pracy i jej tezę, a także metodykę i wyniki badań własnych wraz z wnioskami końcowymi, przedstawiono na 79 stronach. Uważam, że udział każdej części w recenzowanej rozprawie jest poprawny.

Praca zawiera spis treści i spis literatury. Ten ostatni zawiera 71 pozycji, z czego 26 pozycji ukazało się przed rokiem 2004, 23 pozycje są z lat 2004-2014, a tylko 12 z ostatnich 10 lat, a więc z okresu 2014-2024. Pozostałe pozycje literatury, oprócz norm, zawierają niekompletny opis, który utrudnia ich dokładną identyfikację. Ponadto, w pracy zamieszczono 118 rysunków i 69 tabel.

Podsumowanie badań własnych zawarto we wnioskach końcowych, a pracę kończą streszczenia w języku polskim i angielskim.

Do formalnej oceny rozprawy doktorskiej należy również charakterystyka stylu pisania Doktoranta. Właściwy, poprawny językowo styl pisania, czyli przekazywania informacji jest istotny z uwagi na czytelność i przejrzystość pracy. Trudno jest analizować tok myślenia Doktoranta jeśli forma przekazu wiedzy jest niezrozumiała. Wiele ze sentencji w rozprawie jest trudna do zrozumienia nawet po kilkukrotnym przeczytaniu. Liczne błędy stylistyczne, interpunkcyjne i gramatyczne zdań oraz form zdaniowych znacznie utrudniają lekturę rozprawy. W uwagach krytycznych zostaną one szczegółowo opisane. Mam nadzieję, że Doktorant w kolejnej działalności publikacyjnej swoich dokonań naukowych dołoży większej staranności, aby takich błędów uniknąć.

3. MERYTORYCZNA OCENA PRACY

Część teoretyczna

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karola Piaseckiego została dokonana z uwzględnieniem poprawności przyjętej koncepcji rozprawy doktorskiej, jej założeń i treści, a w szczególności zastosowanej metodyki badań i analizy ich wyników oraz w aspekcie spełnienia wymagań stawianych rozprawie doktorskiej zawartych w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Karola Piaseckiego dotyczy wdrożenia nowej metody modyfikacji żeliwa sferoidalnego, stosowanego na wielkogabarytowe i grubościennie odlewy produkowane w odlewni RAFAMET.

Na początku rozprawy spodziewałem się informacji na temat genezy problemu badawczego. Doktorant jednak dopiero na końcu rozprawy, w rozdziale 9.8. *Przykład wdrożenia w postaci opracowanej technologii modyfikacji w procesie produkcyjnym*, zapoznaje czytelnika z argumentacją celowości podjętych badań. Uważam, że te informacje

w formie bardziej rozbudowanej, powinny pojawić się w pracy jeszcze w co najmniej dwóch miejscach, aby czytającego rozprawę przekonać o celowości realizacji rozprawy doktorskiej.

Po wprowadzeniu, Doktorant prezentuje część teoretyczną rozprawy, w której charakteryzuje żeliwo, ze szczególnym uwzględnieniem żeliwa szarego z grafitem sferoidalnym, a także zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji. Swoje rozważania teoretyczne kończy opisem podstawowych metod i narzędzi badawczych, które wykorzystuje w badaniach własnych. Ogólnie treści rozważań Doktoranta są adekwatnie dobrane do podejmowanej przez niego problematyki, aczkolwiek czytając te rozważania czułem pewien niedosyt, zwłaszcza na temat charakterystyki żeliwa i produkcji żeliwa sferoidalnego (są to rozdziały 1 i 2). Dodatkowo lekturę rozdziału 2 utrudnia jego konstrukcja, np. tytuł rozdziału 3.2, który powinien być rozdziałem 2.2 brzmi tak samo jak rozdziału 2. Niemniej w początkowych rozważaniach Doktorant logicznie opisuje poszczególne aspekty związane z produkcją żeliwa sferoidalnego, takie jak materiały wsadowe (złom obiegowy, złom stalowy i materiały dodatkowe), przygotowanie ciekłego metalu i zabieg sferoidyzacji ze szczególnym uwzględnieniem techniki wprowadzania sferoidyzatora.

W kolejnym rozdziale, Doktorant skupił się na teorii zarodkowania grafitu. Jednak lektura tego rozdziału wskazuje, że dotyczy on nie tylko krystalizacji grafitu, ale ogólnie krystalizacji żeliwa. Czytając ten rozdział, w wielu miejscach napotkałem na niepoprawne stylistycznie zdania, co utrudniało ich zrozumienie. Dodatkowo niektóre ilustracje były umieszczone bez odwołania do tekstu, (np. rys.24).

Następnym tematem rozważań Doktoranta była modyfikacja żeliwa sferoidalnego. Z uwagi na to, że jest to główny problem badawczy rozprawy, uważam że Doktorant zdecydowanie mało miejsca poświęcił temu zagadnieniu (rozdział 5 ma tylko nieco ponad 1 stronę). W rozdziale tym występują niezrozumiałe zdania i twierdzenia bez dowodów. Dla przykładu Doktorant, opisując zanik efektu modyfikacji (strona 30) napisał: *„Analiza najnowszej literatury naukowej dotyczącej modyfikacji stopów przemysłowych żelaza z węglem podaje, że zanikanie efektu modyfikacji zachodzi najszybciej w pierwszych minutach po jego dodaniu do ciekłego metalu”* – koniec cytatu. Jak jest ta najnowsza literatura? Nie podano żadnych pozycji literatury. Podrozdział kończący rozważania o modyfikacji żeliwa sferoidalnego, dotyczący metod modyfikacji, obejmuje tylko jeden akapit (zdanie na około 4,5 linijki). To zdecydowanie za mało.

Większą rzetelnością i starannością Doktorant wykazał się w przypadku opracowania problematyki wad wielkogabarytowych odlewów z żeliwa sferoidalnego. W rozdziale tym opisane zostały między innymi wady związane z degradacją grafitu w żeliwie sferoidalnym oraz występowaniem jam skurczowych.

Ostatnim elementem teoretycznych rozważań Doktoranta jest charakterystyka metod i narzędzi badawczych zastosowanych w badaniach własnych. W tym miejscu należy zaznaczyć, że z uwagi na dyscyplinę naukową, czyli inżynierię materiałową, Doktorant trafnie dobrał narzędzia i metody badawcze. Opisane więc zostały: analiza termiczno-derywacyjna, badania metalograficzne, metody analizy składu chemicznego oraz badania właściwości

mechanicznych. Odnośnie tego rozdziału nasuwa się refleksja, czy nie warto byłoby go umieścić już w badaniach własnych.

Mając na uwadze przedstawioną powyżej charakterystykę części teoretycznej pracy stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Karola Piaseckiego w stopniu akceptowalnym prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną z dyscypliny inżynieria materiałowa i tym samym mgr inż. Karol Piasecki spełnił pierwszy z warunków wynikających z zapisu art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Część badawcza

Badania własne Doktorant realizował głównie w odlewni RAFAMET. Tą część pracy otwiera rozdział 8. *Cel, teza i zakres badawczy*, w którym na początku podana jest teza, a potem cele pracy. W mojej opinii, Doktorant w pierwszej kolejności powinien sformułować tezę pracy, a potem dopiero określić główne i szczegółowe cele pracy, pozwalające na udowodnienie tej tezy. Tymczasem rozdział ten zaczyna się od podania celu głównego, który precyzuje problematykę badawczą, a następnie jest uszczegółowiony w trzech wariantach (cele szczegółowe). W pierwszym przypadku Doktorant zakłada uzyskanie poprawy procesu produkcyjnego poprzez optymalizację zabiegu modyfikacji żeliwa sferoidalnego na odlewy grubościenne. Stosowanie wyrazu „optymalizacja” bez dodatkowych wyjaśnień jest dość nieprecyzyjne. Optymalizacja, podając za jej słownikową definicją, polega na organizowaniu jakichś działań i procesów w taki sposób, aby dały jak największe efekty przy jak najmniejszych nakładach. Czyli jakich? Uważam, że w rozprawie doktorskiej brakuje elementu nazywanego „*Analizą stanu zagadnienia*”. Doktoranta tłumaczy jedynie fakt, że rozprawa doktorska musiała mieć wyraźny aspekt wdrożeniowy i trudno znaleźć w literaturze technicznej wyników badań, które dałoby się w pełni adoptować dla potrzeb odlewni RAFAMET, czyli wykorzystać do ustalenia i analizy warunków brzegowych przewidzianego do zastosowania zabiegu modyfikacji. Niemniej, sądzę że wprowadzenie do problemu badawczego po części teoretycznej (analiza stanu zagadnienia), powinna być podstawą sformułowania tezy pracy.

Jeśli chodzi o samą tezę pracy, w mojej opinii nie jest ona zbyt fortunnie sformułowana, ponieważ znowu bazuje na słowie „optymalizacja”. Z treści zawartych dopiero na stronie 117 (rozdział 9.8) wynika, że konieczność opracowania nowego zabiegu modyfikacji żeliwa sferoidalnego była związana z podjęciem decyzji o modernizacji stanowiska do sferoidyzacji, cytat: „*Modernizacja stanowiska do sferoidyzacji, znacząco zwiększyła możliwości produkcyjne Odlewni RAFAMET, umożliwiając produkcję odlewów z żeliwa sferoidalnego o masie jednostkowej od 30 do 35 Mg.*” – koniec cytatu, a dotychczas stosowany zabieg modyfikacji żeliwa sferoidalnego, cytat: „*Proces ten był wystarczający do uzyskania wymaganej jakości odlewów z żeliwa sferoidalnego o masie jednostkowej poniżej 8 000 kg.*”. Zatem jednoznacznie mamy do czynienia z opracowaniem nowego zabiegu modyfikacji, a nie optymalizowaniem już istniejącego.

W kolejnej części rozdziału otwierającego badania własne, Doktorant przedstawił zakres pracy, w którym w punkcie 1 stwierdza, że wykonał, cytat: „*Studium literaturowe w zakresie*

mechanizmów modyfikacji oraz samych pierwiastków modyfikujących. Wytypowano grupę pierwiastków modyfikujących mających istotny wpływ na poprawę procesu krystalizacji odlewów grubościennych z żeliwa sferoidalnego.” - koniec cytatu. Trudno mi jednak znaleźć potwierdzenia tych słów w treści rozprawy. Pozostały część dotycząca zakresu pracy nie budzi zastrzeżeń, ponieważ stanowi logiczny ciąg zdarzeń adekwatnie dobranych do podjętej tematyki badawczej.

Kolejne treści pracy to systematyczny opis metodyki badań. Doktorant precyzuje warunki doboru materiałów na żeliwo wyjściowe w poszczególnych wytopach (rodzajach żeliwa sferoidalnego), podając skład chemiczny materiałów wsadowych (surówki, złomu, itd.), precyzując w końcowym etapie technologie wykonanych wytopów. Zasadnicze różnice w poszczególnych wytopach dotyczą gatunku żeliwa sferoidalnego oraz zastosowanych modyfikatorów. W pierwszym etapie badań (cztery wytopy), Doktorant analizował wpływ modyfikatora strontowego (Fe-Si-Sr), barowego (Fe-Si-Ba), modyfikatora aluminium-bismut (Fe-Si-Al-Bi) i modyfikatora aluminium-lantan (Fe-Si-Al-La), podawanych na strugę ciepłego metalu podczas zalewania form (modyfikacja wtórna). W opisie technologii prowadzenia wytopów nie ma dokładnie sprecyzowanego modyfikatora, który był podawany podczas przelewania ciekłego metalu z pieca do kadzi (modyfikacja pierwotna). Po wykonaniu tych wytopów, Doktorant dalsze badania (wytopy 5-8) prowadzi zmieniając parametry technologiczne modyfikacji wtórnej, wprowadzając zestawy zapraw: modyfikator barowy + modyfikator aluminium-bismut w trzech wariantach zawartości (wytopy 5, 7 i 8) oraz modyfikator barowy + modyfikator aluminium-lantan (wytop 6). W pracy uzasadnienie wyboru zestawów modyfikatorów do dalszych badań takich, Doktorant oparł o analizę wyników badań mikrostruktury (badania metalograficzne) i wyniki analizy termiczno-derywacyjnej. W tabeli 4 na stronie 48 zestawiono parametry modyfikacji we wszystkich wytopach. W tabeli tej jednak wątpliwość budzą podane zawartości poszczególnych modyfikatorów. Na tym etapie czytania pracy trudno je zweryfikować. Z praktyki odlewniczej, dotyczącej procesu modyfikacji żeliwa różnymi modyfikatorami wynika, że ilość wprowadzonego modyfikatora wynosi około 1 %. Tymczasem podane w tabeli zawartości są na poziomie tysięcznych i dziesięciotysięcznych procenta.

Analizę wpływu poszczególnych modyfikatorów na efekt modyfikacji, Doktorant prowadził z wykorzystaniem wspomnianych już wcześniej różnych narzędzi i metod badawczych, typowych dla inżynierii materiałowej. Dokonał analizy składu chemicznego, mikrostruktury i właściwości mechanicznych żeliwa sferoidalnego EN-GJS-400-15, EN-GJS-500-7 oraz EN-GJS-600-3, modyfikowanych wspomnianymi wyżej zaprawami. Ogólnie, poza drobnymi nieścisłościami, które dokładnie zostaną omówione w uwagach szczegółowych i pytaniach do Doktoranta, należy stwierdzić, że Doktorant wykazał się znajomością metodyki i umiejętnością prowadzenia badań naukowych. Starał się rzetelnie podać, poza wspomnianymi zawartościami modyfikatorów, informacje jednoznacznie określające warunki wykonania wszystkich badań. Pewną niedogodnością dla czytelnika rozprawy jest umieszczenie podsumowania wszystkich badań na końcu dysertacji, ponieważ weryfikacja poprawności analizy wykonanych badań jest utrudniona.

O predyspozycjach Doktoranta do prowadzenia badań naukowych świadczy umiejętność rozszerzenia zakresu badań o te narzędzia i metody badawcze, których wyniki mogłyby dostarczyć dodatkowych informacji potwierdzających słuszność przyjętej tezy pracy. Pomimo dość nie fortunnego sformułowania tej tezy, można przyjąć, że zamierzeniem Doktoranta było opracowanie skutecznego zabiegu modyfikacji, z uwagi na przebieg procesu krystalizacji i mikrostrukturę oraz właściwości mechaniczne żeliwa sferoidalnego, stosowanego na wielkogabarytowe, grubościennie odlewy produkowane w odlewni RAFAMET. Przejawem tej dodatkowej aktywności jest wykorzystanie przez Doktoranta w procesie wdrażania wyników badań próby technologicznej „kostki”, w której do poprawnego doboru węzłów cieplnych wykorzystał symulację procesu zalewania wnęki formy i krzepnięcia odlewu w programie Magma. Wyniki obserwacji mikrostruktury w poszczególnych węzłach cieplnych o długości 6, 9 i 12 cm pozwoliły na stworzenie atlasu mikrostruktury (mikroskopia optyczna), który w większości poza drobnymi nieścisłościami stanowi wartość dodaną rozprawy doktorskiej.

Drugim ważnym elementem rozprawy doktorskiej jest wykorzystanie tomografii komputerowej do oceny rozkładu porowatości skurczowej w odlewach kostek, wykonanych zgodnie z technologią wytopu nr 8. Szkoda, że Doktorant nie wykonał tomografii komputerowej wszystkich odlewów kostek (wytopy 5-8), co dałoby bardziej przejrzysty obraz skuteczności poszczególnych modyfikatorów.

Mając na względzie wielowariantowy zakres analizowanych modyfikatorów i gatunków żeliwa sferoidalnego oraz szerokie spektrum zastosowanych narzędzi i metod badawczych, stwierdzam, że pomimo niedociągnięć mgr inż. Karol Piasecki w akceptowalnym stopniu wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i tym samym spełnił drugi warunek wynikający z zapisu art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Potwierdzeniem osiągnięcia celu rozprawy doktorskiej, jakim było opracowanie zabiegu modyfikacji żeliwa sferoidalnego przeznaczonego do wytwarzania odlewów wielkogabarytowych i grubościennych, są zaprezentowane na końcu dysertacji przykłady wdrożeń. W przypadku żeliwa EN-GJS-600-3, przeznaczonego do wytwarzania odlewu o masie 32 000 kg, zabieg modyfikacji pierwotnej zrealizowano modyfikatorem barowym (Fe-Si-Ba), a zabieg modyfikacji wtórnej modyfikatorem aluminium-bismut (Fe-Si-Al-Bi), natomiast w przypadku żeliwa EN-GJS-350-22 przeznaczonego do wytwarzania odlewu o masie 30 000 kg, zabieg modyfikacji pierwotnej zrealizowano modyfikatorem barowym (Fe-Si-Ba), a zabieg modyfikacji wtórnej modyfikatorem aluminium-lantan (Fe-Si-Al-La). Na uwagę zasługuje fakt, że w przypadku drugiego odlewu zastosowano stop, który nie był przedmiotem badań w niniejszej rozprawie, a zaprezentowane wyniki dotyczące wdrożenia, chociaż skromne, zdają się potwierdzać skuteczność zastosowanych modyfikatorów.

Rozprawę doktorską kończą jednostronicowe wnioski końcowe. Uważam, że Doktorant powinien dołożyć większej staranności do podsumowania rozprawy doktorskiej, zważywszy, że do jej realizacji wykorzystał dość szerokie spektrum metod i narzędzi badawczych.

Na koniec oceny merytorycznej należy zaznaczyć, że rozprawa doktorska mgr. inż. Karola Piaseckiego była realizowana w odlewni RAFAMAT w ramach programu Doktorat

Wdrożeniowy. Ideą finansowanego przez MNiSW programu było wsparcie firm w zatrudnianiu kadry naukowej, której zadaniem byłaby realizacja projektów B+R. Oczekowaną, wymierną korzyścią realizacji tego programu miało być kreowanie technologii zwiększających konkurencyjność firm działających w naszym kraju. Program daje również możliwość uzyskania stopnia doktora na podstawie osiągnięć w pracach wdrożeniowych. Myślę, że w tych aspektach rozprawa doktorska mgr. inż. Karola Piaseckiego spełnia te oczekiwania. Ma to również istotne znaczenie w aspekcie spełnienia ostatniego warunku wynikającego ze stosowanej ustawy

Podsumowując ocenę merytoryczną stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Karola Piaseckiego stanowi oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej i tym samym spełniony jest ostatni warunek wynikający z treści art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE I PYTANIA DO DOKTORANTA

Lektura rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karola Piaseckiego nasuwa szereg uwag i pytań, których wyjaśnienie wymaga komentarza Doktoranta. Część z tych uwag ma charakter błędów, pomyłek oczywistych, część dotyczy stylu pisania i wymaga doprecyzowania lub wyjaśnienia przez Doktoranta. W poniższym zestawieniu zawarłem również pytania do Doktoranta, które nasunęły mi się podczas lektury rozprawy. Zestawienie to zostało sporządzone zgodnie układem rozprawy doktorskiej.

Uwagi szczegółowe do rozprawy

Uwaga 1

Spis treści na stronie 3 jest niepoprawnie sformatowany, zawiera błędną numerację rozdziałów i podrozdziałów. Brak rozdziału nr 3. Rozdział nr 9 zawiera wyniki badań, więc jego tytuł nie jest adekwatny do treści.

Uwaga 2

Zdanie na stronie 4, pierwsza linijka od góry: „*Pionierami w odlewnictwie.....*” jest niepoprawne i powinno być przeredagowane.

Uwaga 3

Zdanie na stronie 4, drugi akapit od góry: „*W warunkach przemysłowych produkcji odlewów*” jest niepoprawne i powinno być przeredagowane.

Uwaga 4

W zdaniu na stronie 5, 6 linijka od dołu: „*W ramach pracy.....*” jest niepoprawne stylistycznie stwierdzenie „*...o różniących się kształtach i modułach, co pozwoli...*”, i zdania to powinno być przeredagowane.

Uwaga 5

Strona 6, rozdział „*1. Żeliwo, definicja, podział i charakterystyka*” powinien być obszerniejszy (ma tylko 1,5 strony).

Uwaga 6

Zdanie na stronie 7, 9 linijka od dołu: „Żeliwo sferoidalne obecnie znajdują zastosowanie...” jest niepoprawne i powinno być przeredagowane.

Uwaga 7

Brak systematyki we wprowadzaniu literatury do treści rozprawy, problem ten występuje w całej pracy, np. na stronie 8, 4 linijka od góry, Doktorant wprowadza już pozycje literatury nr 12 i 21, a powinien 7 i 8.

Uwaga 8

Zdanie na stronie 8, 6 linijka od góry: „Produkcja żeliwa sferoidalnego, umożliwia przygotowanie dyspozycji wsadowej pieca, do wytopu na wiele sposobów” powinno być przeredagowane.

Uwaga 9

Zdanie na stronie 8, 3 linijka od dołu: „Analiza zapotrzebowania na energię potrzebną...” powinno być przeredagowane.

Uwaga 10

Strona 10, pierwsza linijka od góry i pierwsza linijka pod rysunkiem 3: nie poprawne stylistycznie stwierdzenia: „normują normy krajowe” i „złom kupny stanowią kupne odlewy”.

Uwaga 11

Strona 11, akapit zaczynający się od słów: „Namiar wsadu do pieca...” wymaga przeredagowania.

Uwaga 12

Strona 12, niepoprawna numeracja podrozdziału (zamiast 3.2 powinno być 2.2), dodatkowo podrozdział 2.2. ma taki sam tytuł jak rozdział 2.

Uwaga 13

Strona 13, 5 linijka od góry: część zdania: „...materiałów wsadowych o większych lub mniejszych kształtach” wymaga przeredagowania.

Uwaga 14

Strona 17, w opisie rysunku 11 brak co oznacza, a), b) i c).

Uwaga 15

Strona 17, 4 linijka od dołu, zdanie: „Charakteryzuje się specjalną przechylną komorą...” nie poprawne gramatycznie.

Uwaga 16

Strona 20, 10 linijka od góry, zdanie: „Podczas stosowania tej metody...” jest niejasne i wymaga przeredagowania.

Uwaga 17

Strona 21, 2 linijka pod rysunkiem 18, błąd: powinno być „Wraz”.

Uwaga 18

Strona 22, 2 linijka od góry, zdanie: „Poznanie i analiza mechanizmów, zarodkowania.....” wymaga przeredagowania.

Uwaga 19

Strona 22, 9 linijka od góry, zamiast „klaserów” powinno być „klastrów”.

Uwaga 20

Strona 22, 12 linijka od góry, treści dotyczące zarodkowania homogenicznego wymagają przeredagowania.

Uwaga 21

Strona 23, 13 linijka od góry, zdanie: „*Od składu chemicznego głównie zależy ilość wykrywalizowanych faz raz czy mamy do czynienia z...*” zdanie wymaga przeredagowania.

Uwaga 22

Strona 25, rysunek 23, brak opisu a), b), c) i d).

Uwaga 23

Strona 27, 2 linijka od góry, zdanie: „*Po zakończeniu przemiany...*” wymaga przeredagowania.

Uwaga 24

Strona 27, rysunek 24 brak odniesienia w tekście.

Uwaga 25

Strona 28, akapit: „*Struktura końcowa żeliwa sferoidalnego...*” wymaga przeredagowania.

Uwaga 26

Strona 30, akapit: „*Żeliwo sferoidalne jako stop...*” wymaga przeredagowania.

Uwaga 27

Strona 31, Podrozdział „5.1. Metody modyfikacji” składa się tylko z jednego akapitu. W aspekcie podejmowanej problematyki badawczej to zdecydowanie za mało.

Uwaga 28

Strona 31, 2 linijka od dołu, zdanie: „*Grafit pierwotny jest...*” wymaga przeredagowania.

Uwaga 29

Strona 34, akapit: „*Grafit tego typu jest nie pożądany...*” wymaga przeredagowania.

Uwaga 30

Strona 35, 8 linijka od dołu, zdanie: „*Za przyczynę powstawania wady...*” jest niepoprawne i wymaga przeredagowania.

Uwaga 31

Strona 36, pierwsze zdanie drugiego akapitu wymaga przeredagowania.

Uwaga 32

Strona 37, rysunek 34 jest nieczytelny.

Uwaga 33

Strona 40, niektóre zdania pierwszego akapitu w podrozdziale 7.3 wymagają przeredagowania.

Uwaga 34

Strona 42, podrozdział 7.4. *Właściwości mechaniczne* wymaga przeredagowania.

Uwaga 35

Strona 43, rysunek 38, brak odniesienia do tekstu.

Uwaga 36

Strona 78: brak odniesienia w tekście do rysunków 76 i 77.

Uwaga 37

Brak dogłębnej analizy mikrostruktury przedstawionej na rysunkach 87-95 (po zdjęciach nie ma żadnego opisu).

Uwaga 38

Rysunki 100-102: Zaprezentowane obrazy SEM są powiększeniem tego samego obszaru.

Uwaga 39

Rysunek 104: niepoprawny opis modyfikatora, podobnie jak na rysunku 106.

Uwaga 40

W podsumowaniu badań wytrzymałościowych brak omówienia wyników z tabel 48 i 49, a w podsumowaniu wyników ATD brak omówienia tabel 50-65.

Uwaga 41

Rysunek 110: brak informacji o zastosowanym modyfikatorze.

Uwaga 42

Informacje z rozdziału 9.8 na stronie 117 powinny znajdować się tuż po części teoretycznej pracy.

Pytania do Doktoranta**Pytanie 1**

Strona 29, rysunek 26: Grubość schodka wynosi 12, czy 13 mm? W teksie jest 13 mm.

Pytanie 2

Strona 29, rysunek 27: Czy powiększenia na mikrostrukturze ścianki 3 mm i 13 mm są takie same?

Pytanie 3

Strona 30, linijka 5 od dołu: „*Analiza najnowszej literatury naukowej...*” Jakiej? Proszę podać.

Pytanie 4

Strona 36, pierwszy akapit od góry: Proszę sprecyzować pojęcie „jakości metalurgicznej ciekłego metalu”?

Pytanie 5

Strona 38, opis parametrów ATD: Jaki jest związek pomiędzy parametrami „*Marco Shrinkaque*” i „*Porosity*”? Czy poprawny jest opis parametru „*Cementite*”, który zdefiniowany jest jako ilość podkładek grafitu?

Pytanie 6

Strona 41, akapit: „*Podsumowując analizę...*” Co to jest główny parametr krystalizacji?

Pytanie 7

Pytanie dotyczy drugiego celu szczegółowego, cytuję: „*...zmniejszenie zużycia pierwiastków krytycznych stosowanych w procesie produkcyjnym, co wpłynie na poprawę warunków produkcyjnych odlewni pod kątem ochrony środowiska?*” Czy Doktorant mógłby dokładniej wyjaśnić co rozumie pod pojęciem „*pierwiastki krytyczne*”?

Pytanie 8

Strona 44, 17 wiersz od dołu, cytat: „*Studium literaturowe w zakresie mechanizmów modyfikacji oraz samych pierwiastków modyfikujących. Wytypowano grupę pierwiastków*”

modyfikujących mających istotny wpływ na poprawę procesu krystalizacji odlewów grubościennych z żeliwa sferoidalnego.” Czy Doktorant mógłby podać na podstawie jakiej literatury dokonano studium?

Pytanie 9

Strona 47, opis technologii wytopów: Jakie były kryteria wyboru modyfikatorów? Jaki modyfikator zastosowano podczas modyfikacji pierwotnej? Czy ten modyfikator zastosowano we wszystkich ośmiu wytopach? Czy podane zawartości modyfikatorów są poprawne?

Pytanie 10

Strona 45, dotyczy wdrożenia: Jakie były kryteria wyboru przykładu wdrożenia produkcyjnego wybranego modyfikatora?

Pytanie 11

Strona 56, tabela 28: Jak wytłumaczyć tak wysoką wartość wytrzymałości na rozciąganie żeliwa EN-GJS-500-7 przed modyfikacją?

Pytanie 12

Strona 59, pierwszy akapit od dołu, zdanie: *„Modyfikatory zastosowane w badaniach zostały wytypowane na podstawie danych literaturowych opierając się na zasadach confirmacyjnej analizy danych”*. Proszę to dokładniej wytłumaczyć. Jakie to były dane literaturowe?

Pytanie 13

Tabele: 4, 22, 31-39, 40, Czy podane zawartości modyfikatorów są poprawne?

Pytanie 14

Strona 77, brak omówienia, który modyfikator z uwagi na wyniki ATD jest najlepszy (najskuteczniejszy)?

Pytanie 15

Strona 79, akapit pod rysunkiem 78: Dlaczego w finalnej wersji zrezygnowano z kostki o długości boku 3 cm?

Pytanie 16

Strona 83 i 84, symulacja zalewania w programie Magma: Który wariant symulacji był lepszy i dlaczego?

Pytanie 17

Strona 84, pierwszy akapit od dołu: Jakie były kryteria wyboru tylko 8 spośród 25 wytopów?

Pytanie 18

Strona 85, tabela 42: Wytopy nr 5, 7 i 8 realizowano z zastosowaniem tego samego modyfikatora, ale przy różnej jego ilości. Dlaczego dla tych wytopów wykonano różne zestawy odlewów „kostek”? Dla oceny wpływu dodatku modyfikatora powinny być odlane identyczne zestawy.

Pytanie 19

Obrazy mikrostruktury przedstawione na rysunkach 87-95: Z jakich próbek pobrano zgłady metalograficzne?

Pytanie 20

Rysunki 96-99: Czy grubość ścianki odlewów kostek ma wpływ na stopień degradacji grafitu kulkowego? W jaki sposób wpływać to może na przedstawione w pracy mikrostruktury?

Pytanie 21

Obrazy SEM na rysunkach 100-102 wyglądają jak po głębokim trawieniu. Czy taka preparatyka zglądów metalograficznych nie wpłynęła na degradację wydzieli grafitu?

Pytanie 22

Strona 112: Ile prostokątów analizowano w badaniach ilości wydzieli grafitu? Dlaczego przyjęto taką metodykę, a nie określono na przykład ilości wydzieli grafitu na jednostkę powierzchni (mm^{-2})?

Pytanie 23

Strona 121, rysunek 117. Jakie były przesłanki za wyborem stopu EN-GJS-350-22 do prezentacji wdrożenia?

Pytanie 24

We wnioskach końcowych jest stwierdzenie dotyczące potwierdzenia tezy pracy i osiągnięcia celów szczegółowych. Odnośnie wniosku dotyczącego zużycia materiałów krytycznych, cytata: „- zastosowanie modyfikacji dwuetapowej z wykorzystaniem wytypowanych modyfikatorów pozwoliło na znaczną poprawę jakości odlewów wielkogabarytowych oraz ograniczyło zużycie materiałów krytycznych. Pytanie brzmi: W jaki sposób oceniono zużycie materiałów krytycznych? W kolejnym wniosku Doktorant napisał, cytata: „- ograniczenie ilości odlewów zabrakowanych bezpośrednio przekłada się na zmniejszone koszty produkcji oraz poprawia wskaźniki środowiskowe Odlewni”. Pytanie: Czy Doktorant mógłby rozwinąć tę myśl? Jak szacowano koszty i jak duże uzyskano korzyści?

Przedstawione powyżej uwagi szczegółowe w większości mają charakter edytorski i jakkolwiek utrudniają nieco lekturę rozprawy, to nie obniżają wartości naukowej. Niektóre z nich można by pominąć. Postawione przeze mnie pytania są w większości efektem podania niepełnej wiedzy. Wszystkie zawarte w recenzji uwagi i pytania zostały sformułowane również z myślą poprawności przyszłej działalności publikacyjnej Doktoranta.

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karola Piaseckiego, stwierdzam, że Doktorant wykazał się predyspozycjami do prowadzenia badań naukowych.

Wymiernym efektem wdrożenia wyników badań z realizacji pracy doktorskiej mgr. inż. Karola Piaseckiego jest aplikacja nowo opracowanego zabiegu modyfikacji w procesie produkcji wielkogabarytowych i grubościennych odlewów z żeliwa sferoidalnego w Odlewni RAFMET Sp. z o.o.

Biorąc to wszystko pod uwagę stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Karola Piaseckiego spełnia warunki stawiane rozprawie doktorskiej, wynikające z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w zakresie posiadania ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynieria materiałowa, umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz oryginalności zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej.

W konkluzji wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karola Piaseckiego do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej.

Prof. Marek Mróz

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)