



Rzeszów, 27.03.2019 r.

**Prof. dr hab. inż. Antoni Władysław Orłowicz**  
Kierownik Katedry Odlewnictwa i Spawalnictwa  
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa  
Politechnika Rzeszowska  
Al. Powstańców Warszawy 12  
35-959 Rzeszów, Polska

## OPINIA

**o rozprawie doktorskiej mgr inż. Jacka Nowaka pt. „Wpływ namiarów  
wsadowych na mikrostrukturę i wybrane właściwości żeliwa sferoidalnego  
wytapianego przy zadanej temperaturze przegrzania”**

Przedstawiona do recenzji praca doktorska obejmuje 112 stron maszynopisu, 93 rysunki, 13 tablic i 95 pozycji literatury.

Praca dotyczy ważnego zagadnienia, jakim jest otrzymywanie żeliwa szarego z grafitem kulkowym. Uzyskanie w żeliwie wydzielen takiego grafitu utrudnia wąski zakres zawartości magnezu w ciekłym stopie, przy którym wydzielenia grafitu uzyskują kształt kulek. Można przyjąć, że najkorzystniejszy kształt wydzielen grafitu zapewnia zawartość magnezu równa 0,05%. Sprawę komplikuje fakt, że niektóre składniki wsadu metalowego do elektrycznych pieców indukcyjnych zawierają siarkę, która wykazuje skłonność do wiązania magnezu. Nie uwzględnienie nieuchronnych strat magnezu w wyniku pojawienia się w ciekłym żeliwie, wyższej niż zakładano, zawartości siarki, może skutecznie obniżyć efekt zabiegu sferoidyzacji.

Uzyskanie kulowego kształtu wydzielen grafitu utrudniają także inne pierwiastki, tzw. desferoidyzatory, które mogą zostać nieopatrznie wprowadzone do ciekłego stopu w wyniku zastosowania zanieczyszczonego nimi wsadu metalowego.

Uzyskanie zadawalajacego ksztaltu wydzielen grafitu utrudnia tez nadmierna ilosc wprowadzonego magnezu.

Magnez charakteryzuje sie niska temperatura parowania, w porownaniu do temperatury cieklego zeliwa, poddanego zabiegowi sferoidyzacji. Wskutek tego, w miare uplywu czasu od zakonczenia zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji, ilosc magnezu w cieklym stopie obniza sie ponizej najkorzystniejszego poziomu jego zawartosci. Skutkuje to wzrostem liczby wydzielen grafitu o ksztalce odbiegajacym od kulkowego a nastepnie pojawieniem sie wydzielen grafitu wermikularnego. Po nadmiernym odparowaniu magnezu w stopie pojawiaja sie wydzielenia grafitu platkowego. Szybkosc odparowania magnezu rosnie ze wzrostem temperatury cieklego stopu, przy ktorej wykonuje sie zabieg sferoidyzacji. Mniejsza szybkoosc odparowania magnezu uzyskuje sie w wyniku zastosowania kadzi smuklych, a w szczegolnosci z pokryciem ochronnym na lustrze cieklego metalu, umozliwiajacych zalewanie cieklego stopu poprzez otwor w ich dnie. Zanikowi efektow sferoidyzacji sprzyja przelewanie cieklego metalu.

Pojawieniu sie w zeliwie wydzielen grafitu o ksztalce odbiegajacym od kulistego towarzyszy obnizenie wartosci wlasciwosci mechanicznych materialu odlewu. Wlasciwosci mechanicznych odlewow z zeliwa zaleza rowniez od liczby wydzielen grafitu kulkowego. Na liczbe kulek grafitu w zeliwie wywiera miedzy innymi szybkoosc chlodzenia w zakresie temperatur przemiany eutektycznej.

Kolejnym waznym zagadnieniem jest skuteczne przeprowadzenie zabiegu modyfikacji, ktora blokuje niekorzystne dzialanie magnezu jakim jest krystalizacja zeliwa w ukladzie metastabilnym. Niepeina modyfikacja skutkuje obecnościa w zeliwie sferoidalnym wydzielen cementytu. Z uwagi na jego wysoka twardosc, zeliwo wykazuje sie mniejsza podatnoscia na obróbke skrawaniem. Obszary odlewow zawierajace wydzielenia cementytu charakteryzuja sie wyzsza twardoscia. Zeliwo takie ma nizsza udarnosc. Co prawda wydzielenia cementytu mozna usunac na drodze obróbki cieplnej, ale nie wszyscy zleceniodawcy wyrazaja zgode na takie rozwiazanie.

Doktorant zauwaza, ze tak zlozona problematyka jaka jest otrzymywanie zeliwa szarego z grafitem kulkowym, jest powodem niskiego poziomu jego produkcji w kraju, w porownaniu do produkcji w Europie czy na swiecie. Odlewnie dysponujace piecami indukcyjnymi, ktore moglyby podjac taka produkcje, musza sie zmierzyc z problemem doboru metalowych materialow wsadowych, biorac pod uwage ich jakośc i koszty,

opracowaniem technologii wytwarzania ze szczególnym uwzględnieniem metody sferoidyzacji i modyfikacji, a ostatnio w szczególności uwzględnić również koszty energii elektrycznej. W związku z tym sformułował tezę i cel pracy. O ile teza nie podoba mi się, to sformułowany cel jest nieco lepszy. W związku z tym, że cały eksperyment sprowadza się do uzyskania w każdym wytopie podobnego składu chemicznego i podobnej wartości stopnia sferoidyzacji wydzielen grafitu, zaproponowałbym takie brzmienie celu: *celem badań było przeprowadzenie wytopów żeliwa sferoidalnego przy udziale wagowym materiałów wsadowych, zmienianym tak aby zapewnić otrzymanie składu chemicznego niezbędnego dla uzyskania w odlewach testowych klinów mikrostruktury, właściwości mechanicznych i udarnośći wymaganej dla gatunków żeliwa EN GJS 400-15 lub EN GJS 500-7.*

Autor w swoim opracowaniu podejmuje próbę uwzględnienia wpływu zróżnicowanych namiarów wsadu metalowego w konkretnej odlewni na bazie surówki, złomu obiegowego, złomu stalowych szyn kolejowych, stali wysokokrzemowej oraz stali niskomanganowej. Niestety nie podaje pełnego składu chemicznego tych materiałów, co później będzie skutkowało problemem z wnioskowaniem.

Wszystkie wytopy zapewniły uzyskanie żeliwa z grafitem kulkowym o osnowie ferrytycznej, z ewentualną niewielką ilością wydzielen perlitu.

Wytopy, w liczbie 16-tu, prowadził w piecu indukcyjnym przegrzewając ciekły stop w temperaturach z zakresu od 1607°C – 1623°C, w czasie nie krótszym niż 5 minut (str. 76). Nie podaje wartości tych czasów dla poszczególnych wytopów.

Sferoidyzacje prowadził w kadzi smukłej (nie podając jej wymiarów) o pojemności 160kg, stosując metodę przewodu elastycznego, bo taka metoda stosowana jest w odlewni.

Modyfikacje prowadził dwustopniowo. Najpierw w trakcie przelewania żeliwa do kadzi rozlewczej, nie podając informacji o jej budowie. Nie informuje również o sposobie podawania modyfikatora: czy na strugę czy na dno kadzi? W drugim etapie modyfikację wykonano w trakcie zalewania form podając modyfikator na strugę ciekłego stopu.

Odlewami testowymi były kliny, które powszechnie są wykorzystywane do pobierania próbek do badań właściwości mechanicznych i do badań metalograficznych. Odlewy te wykonano na linii Disamatic. Autor nie podaje jak ulokowana była wnęka w formie, ile gniazd zawierała forma i jaką konstrukcję miał układ wlewowy.

Dla porównania wyników badań właściwości mechanicznych oraz mikrostruktury, w tym kształtu i liczby wydzielen grafitu, Doktorant podjął próbę otrzymania odlewów doświadczalnych charakteryzujących się podobną zawartością magnezu, co czasami wymagało kilkukrotnego powtarzania wytopów. Szkoda, że nie opracował sobie wykresów zaniku efektu sferoidyzacji stopu w miarę upływu czasu jego przetrzymywania w kadzi, w której wykonano zabieg. Metodykę postępowania, celem uzyskania odlewów o założonej zawartości magnezu, opisano tak mętnie, że trudno jest na tej podstawie wyjaśnić przyczyny problemów Autora.

Na próbkach materiału pobranego z odlewów klinów wykonano badania właściwości mechanicznych i udarności. Na materiale tym wykonano również badania mikrostruktury z zastosowaniem mikroskopii optycznej. Oceniono liczbę wydzielen grafitu, wartości współczynnika kształtu wydzielen grafitu, udział procentowy perlitu. Opracowano również atlas obrazów przełomów próbek po badaniach udarności.

Wyniki podano w formie tabelarycznej oraz wykreślnie.

Autor wykonał również symulację komputerową procesu stygnięcia odlewu klina, nie podając informacji czy przyjęty sposób doprowadzenia ciekłego metalu jest analogiczny do zastosowanego w rzeczywistej formie odlewniczej. Nie przedstawił rozkładu porowatości odlewu, ale podał wyniki prognozowanej liczby wydzielen grafitu, prognozowanej wartości wytrzymałości na rozciąganie, wydłużenia i twardości. W podsumowaniu tej części badań stwierdził, że „wstępna analiza porównawcza wyników uzyskanych z symulacji i wyników otrzymanych w przeprowadzonych wytopach pokazuje ich bardzo dużą zbieżność”. Stwierdzenie to jest bardzo przesadzone.

Podjął również próbę wykonania oceny kosztów wytopów.

Pracę kończy podsumowanie, na końcu którego podjęto próbę sformułowania stwierdzeń z uzyskanych wyników badań.

Zakładając, że Doktorant będzie nadal kontynuował swój rozwój naukowy, podałem uwagi szczegółowe, które powinny mu pomóc w zwięzłym wyrażaniu swoich myśli, krytycznym oglądzie wyników badań i wnioskowaniu.

Szkoda, że Autor nie zaprezentował mikrostruktur (mikroskopia optyczna) dla wszystkich wytopów, podając udział objętościowy perlitu, liczbę wydzielen grafitu i wskaźnik kształtu grafitu. Pomogłoby to w głębszej interpretacji wyników badań właściwości mechanicznych. Przykładowo struktura żeliwa z wytopu nr 4 wykazuje

znacznie więcej perlitu w porównaniu do struktury żeliwa z wytopu nr 6, chociaż żeliwo z wytopu nr 4 zawiera mniej manganu i krzemu, ale więcej chromu i miedzi. Żeliwo to charakteryzuje się wyższymi wartościami  $R_m$  i HB, mniejszą wartością wydłużenia i udarności, co wyjaśnić można większym udziałem objętościowym perlitu i zapewne większym utwardzeniem wydzieleni ferrytu oraz większym stopniem dyspersji wydzieleni perlitu.

Autor w rozdziale „Badanie przy użyciu mikroskopu elektronowego skaningowego” przedstawił obrazy przełomów dla próbek z prawie wszystkich wytopów, po to aby stwierdzić tylko, że „przeważającym składnikiem strukturalnym osnowy jest ferryt” oraz że „wydzielenia węgla posiadały: kształt regularny zbliżony do kuli, zmienną gęstość wydzieleni w poszczególnych wytopach oraz zróżnicowaną wielkość”. Poza fatalnym stylem formułowania tych stwierdzeń, Autor w żaden sposób nie podjął analizy wyników badań takich jak mechanizm niszczenia materiału i próby opisu uzyskanych przełomów.

W rozdziale symulacja komputerowa, szczególnie uwidacznia się brak korekty stylu wyrażania myśli, co wrywkowo przedstawiłem w uwagach dodatkowych. Autorowi przy pisaniu tego rozdziału przyświecała myśl przewodnia w brzmieniu: „Jedną z metod szacowania minimalnego czasu od zalania do wybicia, po którym nie występują zmiany strukturalne a w konsekwencji nie następują zmiany właściwości odlewów jest przeprowadzenie symulacji komputerowej”.

W badaniach symulacyjnych nie uwzględniono zabiegu przegrzewania ciekłego metalu, nie wyjaśniono dlaczego założono taki a nie inny skład chemiczny żeliwa. Stwierdzono jednak, że warunki brzegowe były bardzo zbliżone do występujących podczas wytwarzania odlewów do badań. Dalej nie wiem nic o liczbie odlewów klinów w formie, ich usytuowaniu i sposobie wprowadzenia ciekłego metalu do wnęki formy. Wyniki badań symulacyjnych nie dały żadnej informacji o zwartości materiału odlewów klinów, która decyduje o właściwościach mechanicznych. Brak mi krytycznego podejścia Autora do wyników badań symulacyjnych dotyczących, np. właściwości mechanicznych materiału w obszarze zasilacza, który z oczywistych względów charakteryzuje się bardzo dużym udziałem nieciągłości. Wyniki symulacji mogłyby dotyczyć jednego wytopu i należałoby porównać je z wynikami badań materiału uzyskanego w eksperymencie.

W rozdziale dotyczącym analizy składu chemicznego w przeprowadzonych wytopach oceniono wartości średniej zawartości pierwiastków oraz odchylenie standardowe analizowanego zbioru wyników co jak miemam zostało zrobione dlatego, żeby można było powiedzieć o statystycznym opracowaniu wyników. Wyniki podane wcześniej w tabelach, a dotyczące składu chemicznego żeliwa w poszczególnych wytopach, przedstawiono w formie wykresów słupkowych, co wcale nie ułatwia analizy. Autor nie potrafiąc wyjaśnić wzrostu zawartości pierwiastków w stopie po procesie obróbki ciekłego stopu, nieoczekiwanie sugeruje brak zaufania do wyników badań składu chemicznego (str.73, 1g).

W związku z tym, że Autor w tym rozdziale opracował wykresy słupkowe, zawartości siarki w stopie przed oraz po zabiegu sferoidyzacji, to we wprowadzeniu zauważa, że „w procesie wytapiania żeliwa sferoidalnego duże znaczenia ma zawartość siarki w stopie przed wprowadzeniem zaprawy sferoidyzującej”. Stwierdzenie to jest sprzeczne z zapisem w rozdziale „Metodyka badań” (str. 33, 7-9g), w którym Autor pisze że „z uwagi na to, że sferoidyzację przeprowadzono metoda przewodu elastycznego, która umożliwiła odsiarczenie ciekłego żeliwa poprzez dostarczenie większej ilości nośnika magnezu pominięto określenie maksymalnej zawartości siarki przed procesem”.

Chociaż Autor wykonał już badania metalograficzne, z których jasno wynikało, że w żeliwie występuje grafit kulkowy, to podsumowując wyniki badań zawartości siarki i magnezu stwierdza, że „Analizując otrzymane zawartości siarki i magnezu można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że wykonane wytopy posiadają wydzielenia węgla w kształcie zbliżonym do kuli”. Takie stwierdzenie wymaga wyjaśnienia wpływu zawartości siarki i magnezu na kształt wydzieleni grafitu. W rozdziale tym Autor przyznaje, że miał problemy z otrzymaniem w żeliwie zadawalającej zawartości magnezu. Wyjaśnia (str. 76) mętnie, że bazując na odlewach otrzymanych ze stopu z drugiej kadzi, wnioskuje o wynikach (jakich?) z pierwszej kadzi. Stwierdza, że zastosowana technika sferoidyzacji nie daje powtarzalnych wyników, co wymagało kilkukrotnego powtarzania eksperymentu dla uzyskania zadowalających zawartości magnezu. Autor stwierdza, że temperatura przegrzania zawierała się w zakresie 1607 – 1623°C, a czas przetrzymania w niej wynosił co najmniej 5 minut. Nie podaje jednak zakresu czasu przegrzewania, choć zdaje sobie

sprawę, że zarówno wahania temperatury i czasu przegrzania będą miały wpływ na skład chemiczny żeliwa.

W rozdziale pt. „Analiza właściwości mechanicznych”, podobnie jak w poprzednim rozdziale, Doktorant oblicza wartości średniej oraz odchylenie standardowe wartości analizowanych właściwości mechanicznych. Wprowadza pojęcie seria wytopów, biorąc pod uwagę we wsadach podobną masę złomu obiegowego, złomu stalowego lub surówki. Podział ten powinien być wprowadzony już w rozdziale metodyka badań i konsekwentnie uwzględniany w poszczególnych etapach badań.

Tabela 10 powinna podawać zakresy wartości, zarówno masy składników wsadu, jak i wartości analizowanych właściwości mechanicznych a nie tylko wartości średnie. Brak jest konsekwencji Autora w sposobie wykreślnej prezentacji wyników badań. W całej pracy powinien być stosowany jednolity sposób wykreślnej prezentacji wyników badań. Termin stała masa składnika wsadu jest mylący bo Autor stosuje również termin średnia masa oraz największa masa składnika (str. 77). Stwierdza, że najwyższe wartości wytrzymałości na rozciąganie i twardości uzyskano dla wytopów wykonanych na bazie wysokiej zawartości złomu stalowego w postaci szyn. Według tabeli 2 ten składnik wsadu metalowego zawierał najwyższą zawartość manganu. Okazuje się, że tabela 2 podająca skład chemiczny składników wsadu nie uwzględnia zawartości Cr, Ni, Cu, co dodatkowo komplikuje możliwość poprawnego wnioskowania, bo te pierwiastki wywierają również wpływa na mikrostrukturę żeliwa, a poprzez to na właściwości mechaniczne. Dodatkowo termin stała zawartość złomu., np. obiegowego, to bardzo ogólne sformułowanie bo, zawiera się na przykład w zakresie od 170 – 230kg/piec (str. 79, 7 i 6d). W tym rozdziale jest wiele pomyłek dotyczących składu chemicznego poszczególnych składników wsadu metalowego. Wiele zdań wymaga korekty, bo są wręcz niezrozumiałe. Ten rozdział jest bardzo kiepsko napisany.

Rozdział „Ilościowa analiza struktury” przedstawia szereg wykresów słupkowych dotyczących liczby wydzieleń grafitu przypadających na jednostkę powierzchni, średniej wartości współczynnika kształtu, udziału procentowego ferrytu i perlitu, udziału procentowego wydzieleń grafitu. Opracowano również histogramy rozkładu liczby wydzieleń grafitu różniących się rozmiarami. Nie wyjaśniano jakiego obszaru dotyczyły pomiary. Na wykresach nie podano często jednostek. Wykonano ich dużo, ale nie dla wszystkich wytopów nie tłumacząc dlaczego. Ten rozdział wymaga

również korekty licznych błędnych sformułowań typu „wysoki współczynnik kształtu”, „mały rozstęp współczynnika kształtu”, „udział wolnego grafitu w osnowie”, błędnych zależności typu: „zależność udziału ferrytu od udziału grafitu w osnowie”, błędnych hipotez typu: „istnieje możliwość sterowania właściwościami mechanicznymi żeliwa sferoidalnego przez regulację ilości wolnego węgla w osnowie”. Brak jest informacji odnośnie zastosowanego poziomu odcięcia przyjętego do budowania wykresów dotyczących liczby wydzielen grafitu oraz powierzchni wydzielen. Na wykresach brak jest jednostek. Pomocne dla potrzeb wnioskowania byłyby wartości współczynnika korelacji opracowywanych zależności.

Rozdział „Symulacja krzepnięcia odlewu” powinien mieć inny tytuł, bo to jest próba omówienia wyników symulacji. W rozdziale tym jest wiele błędnych sformułowań np. „odlewy wybite z form .... będą stabilne termodynamicznie”, „gęstość występowania sferoidalnych wydzielen węgla”. Jest w nim również szereg zdań wymagających korekty np. „właściwości mechaniczne żeliwa uzyskane w trakcie badań osiągnęły zbliżone wartości do uzyskanych w wyniku symulacji”. Ten rozdział napisano słabo. Nie wyjaśnia on jak twierdzi Autor problemu kształtowania struktury, choć według Niego „głównym celem symulacji komputerowej było ustalenie czy zmiany czasu od zalania do wybicia odlewów w opisanych warunkach są parametrem istotnym ze względu na kształtowanie struktury (co ustalono) wyniki pozostałych właściwości uzyskanych podczas symulacji można uznać za porównywalne”.

Rozdział analiza ekonomiczna wytopów dotyczący ważnego zagadnienia, napisano również niechlujnym językiem, dodatkowo z błędem ortograficznym. Wydawało się, że Autor znalazł interesującą różnicę w kosztach materiałów wsadowych niezbędnych do otrzymania jednej tony ciekłego stopu bo 141 zł co nazwał nie wiadomo dlaczego rozstępem kosztów. Zauważył również znaczenie ilości zużytej do procesu topienia energii elektrycznej, ale tak skomplikował zagadnienie, że nie potrafił dać prostej odpowiedzi.

W rozdziale podsumowanie i wnioski Autor nadal forsuje błędnie rozumieniem że to rodzaj wsadu metalowego decyduje o mikrostrukturze i właściwościach mechanicznych odlewów klinów nie uwzględniając faktu, że dobierając udziały objętościowe poszczególnych jego składników kształtuje, skład chemiczny ciekłego żeliwa.



Należy mieć na uwadze, że badania zostały ograniczone do materiału odlewów klinów zalanych do form po upływie bardzo krótkiego czasu od momentu zakończenia zabiegu sferoidyzacji i modyfikacji, co skutkowało wysokimi wartościami wskaźnika kształtu grafitu. Przyznać należy, że zabieg sferoidyzacji wykonany został poprawnie i umożliwił uzyskanie w stopie bardzo korzystnej z uwagi na kształt grafitu zawartości magnezu.

Autor sugeruje, w oparciu o swoje badania, że zastosowana przez Niego wysoka temperatura przegrzania miała wpływ na właściwości mechaniczne żeliwa, chociaż zastosował wąski zakres temperatur przegrzania 1607 – 1623°C. Nie daje to podstaw do wnioskowania o wpływie temperatury przegrzania na analizowane właściwości żeliwa.

Autor nie podał wniosków z badań, ale jedynie stwierdzenie. Nie wszystkie z nich są słuszne.

Inne uwagi dla Autora dotyczące błędnych sformułowań i niedopuszczalnych skrótów myślowych:

- str. 20, 17-14d - stosuje wrzutki pozycji literatury bez wyjaśniania o czym była w nich mowa,
- str. 6, 17d - zmiana kształtu wydzieleń węgla,
- str. 6, 4d - węgiel pierwiastkowy,
- str. 9, 13d - postać grafitu (powinno być kształt wydzieleń grafitu),
- str. 10, 18d - złom sferoidalny,
- str. 13, 7, 8d - w jego składzie chemicznym znajduje się duża ilość pierwiastków chemicznych,
- str. 20, 4 i 5g - istotą obróbki pozapiecowej ciekłego żeliwa jest konieczność kontaktu reagenta wprowadzonego do kąpiel metalowej z samą kąpielą,
- str. 20, 1d - wielkość promienia,
- str. 28, 22d - wraz ze wzrostem podanego parametru (powinno być wartości parametru),
- str. 26 opis rys. 6 – nie spadek magnezu, ale spadek zawartości magnezu, a także w funkcji czasu od zakończenia zabiegu sferoidyzacji,
- str. 32, 9d - „przeprowadzenie badań metalograficznych w zakresie mikroskopii świetlnej” – niepoprawne sformułowanie,

- str. 34, 5d - „po wytopieniu żużla, usunięcie wtrąceń niemetalicznych” – niepoprawne sformułowanie,
- str. 35, 10g - „próbki do badań mechanicznych każdorazowo formowano za pomocą” – błędne sformułowanie,
- str. 35, 13g - w trakcie zalewnia zaformowanych próbek do badań mechanicznych – błędne sformułowanie,
- str. 36, 3d - próbki, w domyśle do analizy spektralnej „zostały oszlifowane i ostudzone do temperatury pokojowej” – błędne sformułowanie,
- str. 36, 2d - „trzech napaleń” – lepiej byłoby trzech analiz
- str. 36, 2d - „średnią z trzech napaleń odpowiednio dla ciekłego żeliwa dla próbek” – styl,
- str. 37 - „spadek zawartości węgla związany jest z jego wypaleniem w trakcie przegrzewania, przetrzymywania, sferoidyzacji oraz rozpuszczania w ciekłym żeliwie zapraw sferoidyzujących i modyfikujących o znanej jego zawartości” - Autor wielokrotnie stosuje zbyt długie zdania, w których chce przekazać kilka myśli. Powoduje to, że są one niezrozumiałe,
- str. 62, 7 i 6d - „otrzymane wydzielienia węgla posiadały: kształt regularny zbliżony do kuli, zmienną gęstość wydzielen w poszczególnych wytopach oraz zróżnicowaną wielkość” – niezbędna korekta,
- str. 62, 4 i 3g - „wyniki badań wytrzymałościowych wykonanych wytopów są zbieżne z podanymi obserwacjami” – niezbędna korekta,
- str. 63, 1 i 2g - „przemiany fazowe odlewu z żeliwa sferoidalnego w stanie stałym są zależne od szybkości chłodzenia odlewu” – niezbędna korekta,
- str. 63, 9g - „temperatura jest bardzo precyzyjnym parametrem” – niezbędna korekta,
- str. 63, 5 – 7d - „odlewy wykonane w pracy charakteryzowały się ..... stabilną wilgotnością masy formierskiej, małym rozstępem temperatury zalewania” – styl,
- str. 64, 12g – „gęstość występowania sferoidalnych wydzielen grafitu” – niezbędna korekta,
- str. 65, opis rys. 39 - „widok geometrii analizowanego odlewu”,

- str. 77, 4 i 5g - „duża rozbieżność parametrów statystycznych właściwości mechanicznych” – błędne sformułowanie,
- str. 98, 2d - „otrzymano wysoki współczynnik kształtu grafitu” – wymaga korekty,
- s. 102, 11g - „nie stwierdzono wzrostu poziomu wad między standardowo stosowanymi dyspozycjami wsadowymi” – wymaga korekty.

Moim zdaniem przekazana mi do recenzji praca, pomimo wielu usterek, wskazuje, że Doktorant wykazał predyspozycje do prowadzenia badań naukowych również we współpracy z przemysłem.

Występujące braki we właściwym opracowaniu wyników badań i wysuwaniu spostrzeżeń zostały zrekompensowane szerokim zakresem wykonanych prac.

Moim zdaniem Doktorant rokuje nadzieje na dalszy rozwój naukowy.

*Reasumując przedstawiona opinię stwierdzam, że rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i może być dopuszczona do obrony publicznej przed Radą Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie.*

