

Dr hab. inż. Dariusz Bartocha Prof. PŚ
Katedra Odlewnictwa,
Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska

Gliwice 17.10.2023r.

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Grzegorza Dajczera

pt. „Zintegrowany proces wykonywania rdzeni odlewniczych metodą dmuchową z zastosowaniem obniżonego ciśnienia odpowietrzenia rdzennicy”

promotor: Prof. dr hab. inż. Rafał Dańko

promotor pomocniczy: dr inż. Mateusz Skrzyński

Podstawa wykonania recenzji.

Recenzję wykonano w odpowiedzi na prośbę Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Akademii Górniczo Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie zawartą w piśmie z dnia 20.07.2023 roku.

Ocena ogólna pracy.

Oceniana praca doktorska napisana jest w języku polskim, składa się z 14 głównych rozdziałów z podrozdziałami, obszernego streszczenia w języku polskim i angielskim, ponadto zawiera wykaz ważniejszych oznaczeń, spisy tabel i rysunków oraz załącznik w postaci czternastostronicowego albumu zawierającego dane pomiarowe i rysunki. Spis źródeł bibliograficznych liczy 122 pozycje w tym 51 w języku polskim, najstarsza publikacja pochodzi z 1952 roku, a najmłodsza z 2019 i jest to monografia promotora. Baza bibliograficzna wymagałaby jednak uaktualnienia o najnowsze publikacje z tego obszaru lub jednoznacznego stwierdzenia, że po 2019 roku nie ukazała się żadna znacząca publikacja w tematyce rozprawy.

Liczba czternastu głównych rozdziałów sugeruje odstępstwo od klasycznego układu dysertacji jednak tak nie jest i wydaje się, że liczba ta wynika ze zbyt analitycznego podejścia do konstrukcji rozprawy. Rozdziały 1 i 2 to „Wstęp” i „Wprowadzenie”, które w zasadzie można połączyć, kolejne 3, 4, 5 i 6 to przegląd i analiza zasobów literatury dotyczącej tematyki pracy. Rozdziały 7 i 8, w których autor przedstawił odpowiednio: koncepcję połączenia procesu nadciśnieniowego i podciśnieniowego oraz obliczenia numeryczne wartości ciśnienia i parametrów przepływu powietrza w zespole strzelarki i rdzennicy dla zadanych warunków procesu właściwie są elementami badań własnych. W dziewiątym rozdziale przedstawione zostały cel i tezy pracy. Natomiast kolejne rozdziały 10, 11, 12 i 13 to opisy odpowiednio: zastosowanej metodyki, badań wstępnych z uszczegółowieniem metodyki ich prowadzenia i przedstawieniem wyników, badań „technologicznych” przeprowadzonych na

zmodyfikowanym w ramach pracy stanowisku umożliwiającym realizację zintegrowanego procesu dmuchowego nadciśnieniowo-podciśnieniowego oraz badań „technologicznych” w zintegrowanym procesie nadciśnienia z podciśnieniem. Te cztery rozdziały w połączeniu z 7 i 8 stanowią rozbudowaną i wielowątkową część opracowania przedstawiającą badania własne ze szczegółowym opisem założeń, planu badań, zastosowanej metodyki oraz prezentacją otrzymanych wyników. Ostatni numerowany rozdział to krótkie, liczące cztery strony podsumowanie i wnioski.

Z przedstawionej krótkiej analizy treści i budowy ocenianej pracy wyłania się jej klasyczny dla tego typu opracowań układ o typowych proporcjach objętości poszczególnych części.

Niestety pod względem edytorskim i językowym praca pozostawia wiele do życzenia. Praca zawiera wiele niedociągnięć edycyjnych i błędów językowych, pierwsze pojawia się już w spisie treści gdzie znajduje się nienumerowana pozycja „Zawór strzałowy” z odniesieniem do strony 57. Kolejne to odwołanie na stronie 42 do wzoru numer 5 służącego do obliczania krytycznego stosunku ciśnienia w rdzennicy i w komorze naboju zamieszczonego na stronie 39. Czytający nie ma pewności czy chodzi o zależność 5 czy jednak 6 ponieważ odwołanie jest poprzedzone stwierdzeniem: „W modelu tym zastosowano równanie Saint Venanta-Wentzela [107] służące do obliczenia przyrostu masy powietrza w przestrzeni roboczej zwanej komorą naboju, intensywności zmiany ciśnienia w określonym czasie przebiegu procesu” abstrahując od poprawności tego zdania pod względem językowym równanie to znajduje się na stronie 43 opatrzone numerem 6. Kolejne odwołanie do wzoru 5 znajduje się na tej samej (str. 43), w którym mowa jest o prędkości wypływu gazu co wskazuje jednak na równanie nr 6. Zwieńczeniem tej „łamigłównicy” jest powtórzenie równania 5 ze strony 39 (z identycznym opisem) na stronie 44 i opatrzenie go numerem 8, do wzoru 8 brak jest jednak jakiegokolwiek odwołania w tekście rozprawy. Podobnie jest z odwołaniami do wzorów na stronie 46: „...sposób obliczenia modelu rozszerzonego podany wzorami (12) i (13), natomiast wzór (13), który dotyczy komory naboju, został zastąpiony dwoma nowymi zależnościami,...” chodzi tutaj zapewne o zależności 17 i 18. Dlaczego brak jest odwołania do tych zależności szczególnie, że znajdują się one trzy strony dalej na stronie 49? Zmusza to czytelnika do wertowania pracy w ich poszukiwaniu, co znacząco utrudnia lekturę. Podobnie jest w przypadku wzoru 35 ze strony 126 i 36 zamieszczonego na stronie 128 są one identyczne pod względem zapisu i opisu.

Jednak najbardziej spektakularne jest podejście do numerowania rysunków i tabel w „Albumie”, który jest swego rodzaju załącznikiem do pracy, a zasadność jego opracowania i dołączenia do pracy jest co najmniej wątpliwa. Album liczy czternaście stron i zawiera rysunki i tabele, których zamieszczenie bezpośrednio w pracy rzekomo spowodowało by pogorszenie jej czytelności. Album posiada własny spis treści i dla przykładu pierwszy zamieszczony w nim

rysunek ma numer 64, w spisie treści albumu jest to numer 14, a zgodnie z deklaracją autora o kontynuacji numeracji wykresów z głównej części pracy powinien on mieć numer 34, podobnie jest w przypadku rysunku 75, spis treści 25, powinno być 45 czy rysunek 86, spis treści 36 powinno być 46.

Praca zawiera wiele sformułowań składniowo niepoprawnych np.: „Cele pracy można następująco sformułować w kolejności umownego ich znaczenia nakreślające główne zamierzenia badawcze:” to zdanie powinno raczej brzmieć: „Cele pracy nakreślające główne zamierzenia badawcze można następująco sformułować w kolejności umownego ich znaczenia:”. „Numeracja jest istotna i przekłada się na lepszą identyfikację gęstość pozorną w określonej części rdzennicy”, „... co w praktyce wytwarzania różnych wielkości może napotykać na bariery...”. Ponadto w pracy używane są niefortunne określenia wynikające, tak sędzę, z zastosowania skrótów myślowych czy użycia języka potocznego, które w tego rodzaju opracowaniach nie powinny się znaleźć. Przykładowo: wartość przekroju zamiast wartość pola przekroju, geometria kształtu - geometria to przecież kształt i wymiary, ilość zamiast liczba, niekorzystna gęstość (?), wzrost czasu, rdzennica niezagęszczona, wewnętrzna płaszczyzna rdzennicy, charakterystyki lub kształt krzywych w odniesieniu do wykresów słupkowych (str. 143 rys. 96), zamiennie stosowane określenia przy zaworowa i przyzaworowa. Należy także wskazać na sporą liczbę zauważonych w pracy tzw. literówek.

Wszystko to składa się na duże trudności w odbiorze pracy i powoduje, że jej lektura wymaga od czytającego sporej czujności, a chwilami rozwiązywania swego rodzaju łamigłówek. Skutkiem tego jest gubienie głównego wątku i pomijanie istotnych informacji i danych, co niestety może przekładać się na niższą ocenę pracy także pod względem merytorycznym.

Zasadność podjętego tematu.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Dajczera jest wykorzystanie do wykonywania rdzeni metody dmuchowej z zastosowaniem zintegrowanego procesu nadciśnieniowo-podciśnieniowego. Wytworzenie podciśnienia w rdzennicy podczas dmuchowego procesu jej wypełniania pozwala na uzyskanie korzystnego rozkładu gradientu ciśnienia. Jest to niezwykle istotne w aspekcie kinetyki strumienia piaskowo powietrznego, finalnego całkowitego wypełnienia rdzennicy i odpowiedniego zagęszczenia masy rdzeniowej w całej objętości rdzenia.

Funkcjonujemy obecnie w dobie czwartej rewolucji przemysłowej nazywanej przemysłem 4.0, który cechuje się integracją ludzi oraz sterowanych cyfrowo maszyn z Internetem i technologiami informacyjnymi co oznacza unifikację świata rzeczywistego maszyn produkcyjnych ze światem wirtualnym Internetu i technologii informacyjnej. W odlewnictwie integracja ta polega na tworzeniu i wykorzystaniu systemów wirtualnego

prototypowania na bazie narzędzi komputerowych, a następnie wdrażania opracowanych rozwiązań na zautomatyzowanych i zrobotyzowanych liniach odlewniczych. Konieczność wysokowydajnego zautomatyzowanego wytwarzania form i rdzeni odlewniczych wymaga udoskonalania stosowanych i opracowywania nowych technik ich wykonywania.

W tym kontekście maszynowe wytwarzanie rdzeni o złożonej geometrii jest szczególnie nagłą potrzebą. Z jednej strony spowodowaną brakiem odpowiedniej klasy pracowników z drugiej koniecznością zapewnienia odpowiedniej jakości i powtarzalności w seryjnym wytwarzaniu rdzeni odlewniczych. Niestety ograniczenia klasycznych technik maszynowego wykonywania rdzeni w przypadku skomplikowanych geometrii rdzennic powodują problemy z: odpowiednim wypełnieniem rdzennicy, uzyskaniem wymaganego zagęszczenia masy, a co za tym idzie własnościami rdzeni co z kolei przekłada się bezpośrednio na jakość odlewu. Opracowanie technologii niwelującej te ograniczenia i umożliwiającej sterowanie strumieniem piaskowo powietrznym jest jak najbardziej aktualnym wyzwaniem. Pan Grzegorz Dajczer w swojej pracy doktorskiej podjął się opracowania innowacyjnej technologii wykonywania rdzeni z zastosowaniem w procesie dmuchowym zintegrowanego oddziaływania nad- i podciśnienia. Zaproponowane zastosowanie kontrolowanego podciśnienia w rdzennicy oraz sterowanie jego wartością oraz obszarem występowania pozwala na uzyskanie pożądanego, w kontekście uzyskania odpowiedniego ruchu masy, gradientu ciśnienia. Choć sama idea nie jest nowa, spotyka się rozwiązania tego typu w formierkach czy rdzeniarkach, o czym doktorant wspomina w pracy, to przeprowadzone przez niego badania stanowią znaczący krok w rozwoju metod dmuchowych wykonywania rdzeni odlewniczych. Uzyskane wyniki zrealizowanych wielowariantowych badań nie tylko potwierdzają słuszność poczynionych założeń ale stanowią podwalinę metodyki projektowania systemu generowania nad- i podciśnienia w rdzennicy, a także charakterystyk czasowych zmian ich wartości w trakcie procesu. Mając możliwość sterowania ruchem masy w rdzennicy można świadomie, już na etapie projektowania rdzennicy, „sterować” własnościami rdzeni. Co jest, w mojej opinii, głównym celem pracy mianowicie; opracowanie technologii umożliwiającej wykonywanie rdzeni o pożądanych właściwościach. Rozpatrując recenzowaną pracę w aspekcie możliwości sterowania własnościami złożonego materiału, z którego wykonywany jest rdzeń w złożonym procesie, na który składa się przygotowanie masy rdzeniowej, transport do i zagęszczenie w rdzennicy oraz utwardzenie należy uznać jej wkład w rozwój inżynierii materiałowej.

Reasumując uważam za zasadne podjęcie w pracy tej tematyki, a jej interdyscyplinarność należy potraktować jako zaletę.

Ocena merytorycznej strony pracy.

Pod względem merytorycznym poziom rozprawy można uznać za dobry, zarówno zaplanowane eksperymenty, dobór technik badawczych i obliczeniowych są adekwatne

i wystarczające do osiągnięcia postawionych celów i udowodnienia sformułowanych na podstawie analizy aktualnego stanu wiedzy i doświadczeń własnych autora tez. Tezy choć może nazbyt szczegółowe (szczególnie druga) są poprawnie i jasno sformułowane. Aby udowodnić postawione tezy Doktorant wyznaczył sobie cztery główne cele i dwa uzupełniające, chociaż wydaje się, że pierwszy cel tzw. uzupełniający właściwie zawiera się w trzecim głównym. Za wysoki natomiast należy uznać poziom zagadnień technicznych poruszanych w rozprawie, szczególnie na wysokie uznanie zasługuje opracowanie koncepcji rozwiązania zintegrowanego procesu nadciśnieniowego i podciśnieniowego (rozdział 7). Koncepcja oparta została na dogłębnej analizie modeli dmuchowych w ujęciu klasycznym (rozdział 6), a jej weryfikację doktorant przeprowadził w oparciu o wyniki obliczeń numerycznych (rozdział 8).

Opracowana koncepcja stała się podstawą do doboru parametrów, projektu i finalnie fizycznej rozbudowy istniejącego w laboratorium Wydziału Odlewnictwa stanowiska badawczego oraz zaprojektowania i wykonania rdzennicy na potrzeby procesu zintegrowanego. Za zaprojektowanie i wykonanie autorskiego stanowiska badawczego i rdzennicy wraz z układem pomiarowym i rejestrującym oraz metodyki prowadzenia prób (rozdział 10) należy się Doktorantowi szczególne uznanie.

Realizacja badań obejmowała trzy etapy: badania wstępne, których celem była weryfikacja poprawności koncepcji stanowiska badawczego na podstawie wyników rzeczywistych prób; badania zasadnicze I, w ramach których realizowane były rozdzielnie badania procesów nadciśnieniowego i podciśnieniowego; badania zasadnicze II, w ramach tego etapu prowadzone były badania zintegrowanego procesu nad- i podciśnieniowego. Taki ogólny plan badań jest wręcz oczywisty i naturalny. Wyniki uzyskane w poszczególnych etapach i ich analiza pozwalały na precyzyjne określenie zakresów wartości parametrów wejściowych dla następnych etapów i eliminację takich ustawień, dla których wyniki byłyby z oczywistych względów negatywne. Takie podejście pozwoliło na znaczne zredukowanie liczby prób chociaż ich liczba nadal pozostaje bardzo duża, a biorąc pod uwagę pracochłonność przeprowadzenia pojedynczego testu ogrom pracy włożony w realizację badań zasługuje na duże uznanie.

Niestety pomimo ogólnego dobrego poziomu merytorycznego rozprawy Autor nie ustrzegł się niedoskonałości wymagających uzupełnienia lub skłaniających do polemiki, a które z racji ciężącego na mnie obowiązku muszę wykazać, w niektórych przypadkach zaś domagać się także wyjaśnienia.

1. Jednym z celów głównych (cel nr 4) jest: „zwiększenie stopnia efektywnego wykorzystania gazowych czynników utwardzających w technologii mas chemoutwardzalnych”. Jednak w pracy nie zostały przedstawione żadne wyniki badań w tym zakresie, nie jest jasne dlaczego i czy w ogóle podjęto takie badania. Analogiczna uwaga dotyczy drugiego celu z grupy celów uzupełniających.

2. W opisie metodyki badań na stronie 75 zamieszczony został rysunek przedstawiający cztery typy stosowanych w rdzennicy doświadczalnej przegród (rys. 19), co sugeruje badania i analizę wpływu geometrii przegrody na wypełnieni i stopień zagęszczenia masy rdzeniowej w rdzennicy. Jednak w badaniach wykorzystano tylko jeden typ, co było tego powodem?
3. W rozbudowanym stanowisku „Do pomiaru ciśnienia zastosowano cyfrowe czujniki...”, analizowany proces pod względem zmian ciśnienia w poszczególnych elementach stanowiska jest dynamicznie zmienny, a biorąc pod uwagę przepływ strumienia dwufazowego może to prowadzić do znacznego zróżnicowania chwilowych wartości ciśnienia w różnych obszarach objętości pomiarowej. Jak dobrane zostały miejsca zamontowania czujników w poszczególnych częściach stanowiska i czy był to tylko jeden czujnik na objętość pomiarową (rdzennica, komora nabojuowa itp.)?
4. Konstrukcja rdzennicy oraz liczba i rozmieszczenie otworów odpowietrzających opracowane zostały na podstawie danych literaturowych (rozdział 10.3, str. 78). Doktorant jednak nie przedstawia żadnych argumentów „za” takim rozmieszczeniem i średnicą otworów odpowietrzających. Dlaczego zastosowano akurat otwory o średnicy 18 mm z korkami o powierzchni czynnej odpowietrzenia 39,93 mm²? Czy w jakikolwiek sposób zostało to zweryfikowane np. symulacja komputerowa?
5. Zastosowane liczba i średnica otworów odpowietrzających w kombinacji ze zmienną średnicą otworu strzałowego oraz układem aktywnych odpowietrzeń, pozwoliły na osiągnięcie wartości stopnia odpowietrzenia w przedziale 0,5-1,0 (praktykowany zakres dla strzelarek) tylko w ośmiu na trzydzieści możliwych do uzyskania wartości (tabela 6, str. 91). Czy kolejność jednak nie powinna być odwrotna, w pierwszej kolejności obliczenie stopnia odpowietrzenia dla różnych średnic i liczby otworów odpowietrzających, a następnie wypór optymalnych ze względu na wartość stopnia odpowietrzenia?
6. Na rysunkach 82 i 83 przedstawione zostały wykresy zmian ciśnienia w rdzennicy dla różnych średnic otworu strzałowego i stopnia odpowietrzenia. Na krzywych występuje charakterystyczny punkt przegięcia nazwany w pracy „uskok”. Doktorant ograniczył się tylko do lapidarnego stwierdzenia, że „uskoki te są zróżnicowane i zależne od średnicy otworu strzałowego oraz stopnia odpowietrzenia”. Moim zdaniem wymaga to głębszej analizy i komentarza.
7. W trzecim etapie badań doktorant analizuje wyniki procesu zintegrowanego, ale rozważa tylko sytuację równoczesnego uruchomienia obu procesów pod- i nadciśnieniowego. Czy rozważana była możliwość nierównoczesnego uruchamiania procesów i teoretycznie jakie mogłyby być tego efekty? Czy były przeprowadzane tego rodzaju próby?

8. Doktorant stwierdza, że „Rozłożenie miejsc poboru próbek decydująco wpływa na jednorodność gęstości pozornej w całej objętości rdzenia.” (strona 151). Jest to dość rewolucyjne twierdzenie i wymaga wytłumaczenia.

Uwagi pomniejsze:

1. Strona 84 „...elementów (cewki) uruchamiających zawory pneumatyczne...” cewka jako taka nie jest w stanie mechanicznie oddziaływać na inne elementy zespołu, zapewne chodzi tu o siłownik elektromagnetyczny, którego zasadniczą częścią jest cewka indukcyjna.
2. Wyjaśnienia wymaga sprzeczność w symbolice zastosowanej do określenia wariantów „zamknięcia” tudzież „otwarcia” otworów odpowietrzających występująca w tabelach 9, 10, 11 i 12.
3. Czy do opracowania charakterystyk zmian gęstości w funkcji średnicy otworu strzałowego i ciśnienia posłużyły średnie wartości gęstości z tabeli 23? Jeśli tak, co nie jest jasno napisane, to położenie punktów na wykresach nie odpowiada wartościom średniej gęstości z tabeli 23.
4. Na stronie 129 doktorant stwierdza że „na każdym etapie badania stopień odpowietrzenia wynosił 11,11, który wynika z sumarycznego przekroju otworów odpowietrzających ...” ale stopień odpowietrzenia zależny jest nie tylko od pola powierzchni odpowietrzeń, ale również od pola powierzchni otworu strzałowego, którego wartość średnicy była zmienna.
5. W „warunkach badawczych”, które zostały przedstawione na stronie 156 przewidywane były badania dla zmiennej średnicy otworu strzałowego, jednak przedstawione wyniki zawierają dane tylko dla prób z otworem strzałowym o średnicy 15mm.

Podsumowanie

Opiniowaną dysertację pomimo licznych niedoskonałości oceniam pozytywnie, a zamieszczone w recenzji uwagi i wskazane potknięcia nie umniejszają merytorycznej wartości rozprawy. Mam jednocześnie nadzieję, że moje uwagi będą przydatne przy przygotowaniu publikacji lub planowaniu kolejnych badań. Kandydat w sposób poprawny zrealizował postawione sobie cele, a tym samym zrealizował zakres merytoryczny pracy wykazując słuszność postawionych tez. Podjął problem, którego rozwiązanie ma istotne znaczenie z punktu widzenia przede wszystkim wartości aplikacyjnej, ale także poznawczej. Mgr inż. Grzegorz Dajczer wykazał się znaczącą wiedzą teoretyczną i praktyczną w zakresie modelowania procesów dmuchowych, a stosowane przez niego metody i techniki badawcze, w szczególności zaprojektowanie i wykonie autorskiego stanowiska badawczego w celu realizacji eksperymentu świadczą pozytywnie o Jego wszechstronnym przygotowaniu do pracy badawczej oraz zdolności do samodzielnego zaplanowania i przeprowadzenia eksperymentu naukowego.

Reasumując uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Grzegorza Dajczera ma charakter oryginalnej pracy naukowej i zawiera istotne elementy poznawcze. Wykazał się On wiedzą umożliwiającą samodzielne prowadzenie badań naukowych, a Jego praca jest oryginalnym i użytecznym osiągnięciem stanowiącym istotny wkład w stan wiedzy w reprezentowanej dyscyplinie. Na podstawie szczegółowej analizy przedłożonej mi do recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Dajczera pt. *„Zintegrowany proces wykonywania rdzeni odlewniczych metodą dmuchową z zastosowaniem obniżonego ciśnienia odpowietrzenia rdzennicy”*, wykonanej pod kierunkiem Prof. Rafała Dańko, **stwierdzam, że praca ta w pełni spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w Ustawie „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami i na tej podstawie wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa w Akademii Górniczo Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Grzegorza Dajczera do publicznej obrony.**

/dr hab. inż. Dariusz Bartocha Prof. PŚ/
Gliwice 17.10.2023

