

Dr hab. inż. Dorota Kalisz, prof. AGH

Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica,

Wydział Odlewnictwa,

ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

Tel. +48 (12) 6172777, 532 437 147

e-mail: dak@agh.edu.pl

Kraków, 24.11.2023 r

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej pt.:

„Wykorzystanie dźwięku emitowanego przez pracujący piec elektryczny oraz wahań poboru mocy czynnej do wyznaczania optymalnego momentu rozpoczęcia podawania spieniacza do pieca”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Bogdan Panic, prof. Politechniki Śląskiej

1. Podstawa opracowania recenzji

Ocena pracy doktorskiej została wykonana na podstawie uchwały nr 103/2023 Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 19 września 2023, w odpowiedzi na pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Pani prof. dr hab. inż. Marii Sozańskiej.

2. Przedmiot i ogólna charakterystyka pracy doktorskiej

Praca jest napisana w języku polskim, liczy 130 stron i została przygotowana w klasycznym układzie. Składa się ze spisu treści, wprowadzenia, 4 rozdziałów, w których przedstawiono przegląd literaturowy, tezy, celu i zakresu pracy oraz badań własnych opisanych w 3 kolejnych rozdziałach, podsumowania i wniosków. Na końcu rozprawy znajduje się spis literatury, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz 6 załączników stanowiących uzupełnienie pracy doktorskiej, z algorytmem i programem, który wykorzystano do realizacji badań.

3. Ocena doboru tematyki pracy

Pierwsze próby praktycznego wykorzystania dźwięku emitowanego przez piec do sterowania procesem wytapiania stali podjęto w latach 90-tych ubiegłego wieku. Wówczas dźwięki były rejestrowane na magnetofonie, a następnie przetwarzane na sygnał analogowy i cyfrowy. Obecny stan techniki umożliwia dokładniejsze i szersze zastosowanie i analizowanie sygnałów dźwiękowych. W konsekwencji pozwala to na monitorowanie pracy pieca i szybkie reagowanie na zmiany zachodzące podczas procesu wytapiania. Zważywszy na ważny aspekt ekonomiczny polegający na ograniczeniu zużycia energii podczas procesu topienia wsadu w piecu elektrycznym oraz stosowanie tzw. długich łuków i dodatku materiałów spieniających, które efektywnie zmniejszą negatywne działanie promieniowania na wyłożenie ogniotrwałe, podjęty przez Doktoranta temat jest jak najbardziej uzasadniony. Stosowane dotychczas metody wyznaczania właściwego momentu wprowadzania materiału spieniającego do łukowego pieca elektrycznego są mało precyzyjne i trudne do realizacji głównie ze względu na dynamikę zjawisk zachodzących podczas topienia złomu. Trudności te skłoniły Doktoranta do podjęcia próby wykorzystania zmian poziomu dźwięku emitowanego przez łuk elektryczny oraz wahań poboru mocy czynnej do określenia optymalnego momentu wprowadzania materiału spieniającego żużel. Na tej podstawie Doktorant sformułował tezę:

„Poziom dźwięku emitowany przez pracujący łuk elektryczny, zmienia się wraz z zachodzącymi w nim procesami roztopiania wsadu i jest obiektywnym sygnałem umożliwiającym identyfikację tego procesu w czasie rzeczywistym. W połączeniu ze standardowo rejestrowanymi przez system sterowania biegiem pieca wahaniami poboru mocy czynnej stanowi obiektywne i uniwersalne źródło informacji umożliwiającej wyznaczenie momentu wprowadzania speniacza bez względu na typ pieca i parametry wykorzystywanego wsadu”.

Do realizacji postawionej tezy określił następujący cel: wyznaczenie wartości poziomu dźwięku emitowanego przez łuk elektryczny i wahań poboru mocy czynnej przy których można rozpocząć podawanie materiału spieniającego żużel. Do realizacji celu i udowodnienia postawionej tezy Doktorant ustalił zakres prac składający się z 9 punktów, z których wszystkie zrealizował i przedstawił w rozprawie.

Należy podkreślić, że Doktorant w trakcie realizacji badań wykazał się umiejętnościami praktycznymi, dużą wiedzą w zakresie planowania pomiarów i statystycznego opracowania wyników. Podsumowując stwierdzam, że tematyka pracy jest aktualna, teza i cele pracy zostały sformułowane prawidłowo, a treść i obszar badań prezentowanych w rozprawie jest zgodna z jej tytułem.

4. Ocena pracy doktorskiej

4.1. Ocena aktualnego stanu wiedzy

Część pracy stanowiąca przegląd literaturowy obejmuje rozdziały od 2 do 5. Do opracowania części teoretycznej Doktorant wykorzystał polską i zagraniczną literaturę naukową, w tym prace własne pochodzące Huty Łabędy. Dobór literatury jest prawidłowy i adekwatny do prezentowanego tematu. W rozdziale 2 Doktorant przedstawił budowę elektrycznego pieca łukowego wraz z układem zasilającym. W kolejnym opisał aktualny stan techniki wytapiania stali w elektrycznym piecu łukowym i podawania materiału spieniającego w celu osiągnięcia optymalnych warunków pracy pieca, przy jak najniższych kosztach eksploatacyjnych. Doktorant przedstawił technologię wytapiania stali ze złomu stalowego, scharakteryzował złom przeznaczony do produkcji, a następnie przedstawił dobór złomu dla koszy załadunkowych. W dalszej kolejności opisał sposób podawania materiału spieniającego i scharakteryzował jego właściwości fizykochemiczne biorąc pod uwagę dwa parametry: wskaźnik i trwałość spieniania. Podstawowym czynnikiem powstawania efektu spieniania jest wydzielanie się pęcherzyków tlenku węgla w wyniku wdmuchiwanie węgla i tlenu. Równie ważnym parametrem jest skład chemiczny żużła piecowego. Doktorant analizując wyniki badań innych autorów określił skład żużła przy którym osiąga się najniższe zużycie energii, żużel taki powinien charakteryzować się zawartością FeO 20-25%, zasadowością CaO/SiO_2 w przedziale 2-2,2, ustalił również optymalny skład żużła. Rozdział 5 stanowi przegląd stanu wiedzy na temat zależności pomiędzy dźwiękiem emitowanym przez piec oraz zniekształceniami harmonicznymi przebiegu napięcia i prądu łuku w odniesieniu do jakości spieniania żużła w oparciu o badania prowadzone w różnych stalowniach. Wyniki autorów wskazują, że zastosowanie pomiaru dźwięku do sterowania podawaniem speniacza wymaga znalezienia odpowiedniej częstotliwości dźwięku dla której możliwe byłoby opisanie procesów zachodzących w piecu. Ten wniosek jest punktem wyjściowym do realizacji części badawczej, która została przedstawiona w kolejnych punktach rozprawy.

4.2. Ocena metodyki badań

Obiektem badań był przemysłowy elektryczny piec łukowy typu UHP o pojemności 70Mg zasilany z transformatora o mocy 48 MVA, wyposażonego w 18 zaczepów. Piec ma zamontowane trzy palniki gazowo – tlenowe, które mogą pracować w trybie palnik lub jako lanca tlenowa oraz dwie lance zamontowane pod palnikami 1 i 3 do wdmuchiwanie węgla. Do realizacji pomiarów poziomu dźwięku skonstruowano układ pomiarowy złożony z miernika poziomu dźwięku typu SVAN971, mikrofonu wraz z oprzyrządowaniem oraz

sk

oprogramowaniem pozwalającym do komunikacji z systemem sterowania pieca. Wytopy przemysłowe były prowadzone z zastosowaniem złomu o charakterystyce podanej w pracy przy pomocy 3 koszy załadunkowych.

Część badawczą Doktorant podzielił na cztery etapy, dotyczyły one wyznaczenia częstotliwości dźwięku, który emituje łuk elektryczny oraz częstotliwości i współczynnika poboru mocy czynnej przy których należy rozpocząć podawanie węgla. Wyniki eksperymentów były rejestrowane, a następnie przetwarzane na dane liczbowe, na podstawie których uzyskano obraz rejestrowanego poziomu dźwięku i poboru mocy czynnej. Do obróbki statystycznej wyników zgromadzonych podczas 50 prób z 25 wytopów z udziałem II i II kosza załadunkowego złomu Doktorant wykorzystał test Shapiro – Wilka. Na tej podstawie określił poziom natężenia dźwięku, przy którym należy rozpocząć podawanie węgla. W następnym etapie Doktorant wyznaczał szerokość przedziału czasowego do wyznaczania ruchomego współczynnika zmienności mocy czynnej, do tej analizy wykorzystał test Friedmana. Na podstawie badań zaprezentowanych w rozdziale 7 i 8 rozprawy Doktorant sformułował parametry, które wyznaczały warunki wprowadzania spieniacza, stały się one podstawą do przeprowadzenia wytopów przemysłowych.

W tym miejscu należy podkreślić, że Doktorant konsekwentnie realizował założone cele i dokonywał wyboru kolejnych kroków badawczych. Biorąc pod uwagę zakres prac wykonanych do realizacji celu i udowodnienia tezy uważam, że sposób prowadzenia esperymentów był właściwy i bardzo dobrze uzasadniony. Zaproponowane rozwiązanie problemu badawczego było konsekwencją badań przemysłowych i analizy statystycznej. Doktorant wykazał się przy tym krytycznym podejściem do uzyskanych rezultatów, umiejętnością dokonywania wyborów i interpretacji wyników. Najważniejszym osiągnięciem pracy jest to, że otrzymane rozwiązanie jest niezwykle przydatne dla praktycznego rozwiązania problemu podawania spieniacza i mogłoby zostać wdrożone również w innych stalowniach.

5. Uwagi szczegółowe

Praca jest napisana poprawnie językowo, rysunki i tablice umieszczone w tekście są czytelne i zostały wykonane z dużą dokładnością. W pracy występują liczne błędy edytorskie, przykładowo:

- str. 5, wiersz od góry, powinno być we współczesnym świecie,
- str. 5, wiersz od góry, powinno być roztapiania,
- str. 6, punkty, powinno być pozapiecowa,
- str. 7, pod rys. 2 powinno być głównie,

- str. 8, punkt 2.4 na dole strony, powinno być energię,
- str. 9, zdanie rozpoczynające się od „Zadaniem dławika...” błąd stylistyczny,
- str. 14, pod rys. 10, powinno być w przypadku,
- str. 14, zdanie rozpoczynające się od „Nastawy przepływów tlenu...” błąd stylistyczny,
- str. 16, powinno być w energię,
- str. 17, równania reakcji chemicznych, przy ich zapisie nie stosuje się odstępów między współczynnikiem stechiometrycznym a symbolem pierwiastka lub wzorem chemicznym związku.
- str. 25, pod wzorem, powinno być paśmie,
- str. 25, wzór T – brak numeracji, wzór Lp powinien mieć nr (9),

6. Uwagi do dyskusji

Podczas lektury rozprawy doktorskiej, nasuwają się pewne pytania i wątpliwości, które powinny zostać przedyskutowane i wyjaśnione podczas publicznej obrony. Uwagi te mają charakter dyskusyjny i w żaden sposób nie obniżają wartości pracy. Proszę o odniesienie się do następujących pytań:

1. W rozdziale 7 w tabeli 6 podano wyniki analizy chemicznej spieniacza. Jaką metodę badawczą zastosowano do określenia składu chemicznego materiału oraz jakie było pochodzenie węgla?
2. W rozdziale 4 Doktorant podaje wpływ wybranych składników żużla na proces spieniania, w jaki sposób będzie wpływać zawartość SiO_2 na to zjawisko? Z kolei w rozdziale 7 w tabeli 7 zaprezentowano wyniki analizy żużla dla 5 prób. Nie podano metody, którą użyto do określenia składu chemicznego.
3. W rozdziale 8 prezentowane są arkusze wartości poziomu dźwięku przy różnych częstotliwościach. Jakiego programu komputerowego użyto do obróbki plików dźwiękowych?
4. Do obróbki statystycznej wyników wyznaczenia poziomu dźwięku, przy którym można rozpocząć podawanie spieniacza Doktorant wybrał test Shapiro – Wilka. Skąd wynika wybór tej metody a nie innej, np. metody Kołmogorowa – Smirnowa? Ponadto w pracy nie podano wzoru na test rozkładu Shapiro – Wilka. Ta sama uwaga dotyczy zastosowania testu Friedmana.

7. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska „Wykorzystanie dźwięku emitowanego przez pracujący piec elektryczny oraz wahań poboru mocy czynnej do wyznaczenia optymalnego momentu rozpoczęcia podawania spieniacza do pieca” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Doktorant ma dużą wiedzę interdyscyplinarną z zakresu metalurgii, akustyki, przy realizacji części doświadczalnej wykazał się niezbędną wiedzą i umiejętnością prowadzenia badań w warunkach przemysłowych. Uzyskane w pracy rezultaty mają bardzo dużą wartość badawczą i aplikacyjną, a przedstawiona do recenzji rozprawa jest samodzielnym rozwiązaniem założonego celu badawczego.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Józefa Schwietza spełnia wymogi zawarte w Rozporządzeniu Ministra z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z dnia 30 stycznia 2018 r. poz. 261) oraz Ustawę z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw i wnoszę o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.

