

Miroslaw Cholewa
prof. dr hab. Inż.
Katedra Odlewnictwa
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska
Tel.:693 99 99 57
e-mail: mirosław.cholewa@polsl.pl

Gliwice 13.05.2019 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Kamila Schmalenberga
Doktoranta Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica w Krakowie p.t.

**„Wieloetapowa optymalizacja zestawiania wsadu do pieców odlewniczych
z zastosowaniem materiałów wsadowych o zróżnicowanej kawałkowatości”**

wykonanej pod opieką promotora dra hab. inż. Eugeniusza Ziółkowskiego prof. AGH,
opracowana na zlecenie Rady Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica w Krakowie

(pismo dra hab. inż. Rafała Dańko, prof. AGH - Dziekana Wydziału Odlewnictwa:
WO-sd.510-16-2/2019 z dn. 16. 04. 2019 r.)

1. Ocena przedmiotu rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest optymalizacja załadunku pieca metalurgicznego do wytopu żeliwa typowymi materiałami wsadowymi w celu efektywnego uzyskania stopu o założonym składzie chemicznym. Piece metalurgiczne niezależnie od zasady ich działania są urządzeniami wysoce energochłonnymi. - Piece do topienia i metalurgicznej obróbki to najbardziej energochłonne urządzenia we wszystkich procesach odlewniczych. W związku z powyższym optymalizacja ich pracy ma istotny wpływ na koszty i jakość produkcji odlewów. Proporcjonalnie do pojemności pieca rośnie jego bezwładność cieplna. Nawet w przypadku wysokosprawnych układów regulacji mocy i temperatury przyrosty zużycia energii

związane z poprawkami wsadu są znaczącym składnikiem kosztów ponoszonych w zakładach metalurgicznych – także w odlewniach.

Wzorcowym rozwiązaniem to możliwie krótki etap topienia z precyzyjną cieplną obróbką stopu, przy zachowaniu wymaganych tolerancji temperatury oraz czasu prowadzonych zabiegów.

Natomiast materiały wsadowe różnią się m.in. własnościami cieplnymi i skłonnością do utleniania – zgiarem. Wszystkie wskazane składniki procesu produkcyjnego pociągają za sobą koszty, które powinny być z założenia minimalne. Okazuje się że także bieżąca kontrola i sterowania procesem nie zapewniają oczekiwanych wysokich parametrów produkcji. Na ogół czynności te są realizowane przez osoby – doświadczonych inżynierów – technologów. Oczywiście tzw. „czynniki ludzki” jest przyczyną nieefektywnych działań lub wręcz błędów technologicznych z typowymi następstwami ekonomicznymi. Powszechnie znaną cechą prowadzenia procesów nie tylko metalurgicznych jest nie przestrzeganie lub wręcz omijanie zaleceń technologicznych nawet w doskonale zorganizowanych strukturach. Przyczyny są znane – najczęściej płacowe, a skutki akceptowane z powodu braku organizacyjnej i technicznej alternatywy.

Podjęty problem ma szczególne znaczenie dla krajowego przemysłu odlewniczego, w którym oszczędności często poszukiwane są już na etapie zakupu i przetwarzania materiałów wsadowych. Naturalne jest dążenie do minimalizacji kosztów materiałów wsadowych, co może się wiązać z ich niską jakością chemiczną i fizyczną oraz powtarzalnością. Dodatkowo w wielu przypadkach techniczny stan urządzeń obciążony jest znacznym zużyciem, wówczas oczekiwania precyzyjnych składów chemicznych wytwarzanych stopów muszą zostać relatywnie obniżone.

Przedstawiona do recenzji praca dotyczy poprawy wskazanego obszaru działań organizacyjnych i technicznych. Podjęty w pracy sposób rozwiązania problemu stwarza rzeczywiste możliwości zmiany stanu rzeczy.

Uważam, że przedmiot pracy jest niezwykle ważny i wartościowy. W zakresie metalurgii i odlewnictwa jest to oryginalny temat badań wykreowany w Wydziale Odlewnictwa AGH. Należy podkreślić zalety proponowanego rozwiązania: aktywną modyfikację dozowania wsadu i minimalizację wpływu niekorzystnego technicznie działania urządzeń i pracowników. Także procedura postępowania wynikająca z zastosowanego algorytmu wymusza sprawniejszą organizację procesu.

Bardzo wysoko oceniam przedmiot pracy;

dotyczy to następujących jej aspektów:

- koncepcji;
- potencjału aplikacyjnego;
- postępu naukowego w dyscyplinie.

2. Charakterystyka językowej i edycyjnej formy pracy

Dysertacja dotyczy i obejmuje pewien zamknięty i skończony cykl odlewniczy lub metalurgiczny jakim jest przygotowanie wsadu (materiałów wsadowych) załadunek pieca wykonanie wytopu i ocena poprawności wykonanego stopu. Kryteria optymalizacji to minimum zużycia energii, minimum czasu trwania procesu i minimalny nakład pracy. Kluczowym i ciekawym historycznie wydaje się sformułowanie „sadzenie pieca”, ujmujące przygotowanie wsadu i kolejność załadunku dla idealnego trafienia wytopu. Stąd tytuł wydaje się nieco zawężony w stosunku do treści opracowania. Przy kompleksowym podejściu z jakim mamy do czynienia w ocenianej rozprawie wskazywanie szczegółów już w tytule jest chyba nie potrzebne. W rzeczywistości treść pracy dotyczy „Optymalizacji sadzenia pieca odlewniczego”. (To oczywiście dygresja, bo tytuł jest zrozumiały i dobrze oddaje najważniejsze elementy pracy).

Układ pracy i proporcje zawartych treści są właściwe. Język jest dobry. Przekaz jest komunikatywny w całej pracy. Edycyjnie i językowo wszystkie części pracy są przygotowane jednakowo i na dobrym poziomie. Dysertację charakteryzuje precyzja i konsekwencja, która powoduje że jej lektura jest łatwa i przewidywalna. Przykładem jest sensowne przygotowanie wprowadzenia, które określa logikę postępowania, wyznaczając tym samym schemat postępowania i lokalizacją poszczególnych wyników i analiz. Na ogół jest to rozdział, który nie wnosi wielu ważnych treści - w tym przypadku jest inaczej. Równie logicznie są przygotowane pozostałe rozdziały. Przykładowo podrozdziały 2.5 i 2.6 wyjaśniają przesłanki postawienia i rozwiązania podjętego w pracy problemu. W rozdziale 4 sformułowano dwie bardzo trafne tezy naukowe rozprawy oraz wyznaczono cel i zakres pracy oraz metodykę jej realizacji. W części badawczej podobnie logicznie i konsekwentnie Doktorant przedstawił algorytm optymalizacji, symulację działania algorytmu oraz weryfikację algorytmu w rzeczywistych warunkach przemysłowych. Ósmy rozdział ujmuje podsumowanie i wnioski. Sformułowano znaczną liczbę – 9 wniosków, które są ważne i istotne merytorycznie, ale także precyzyjnie sformułowane. W opracowaniu zawarto także poza spisem literatury wykazy rysunków i tabel. Na uwagę zasługuje fakt, że odnotowałem ledwie 2 dyskusyjne sformułowania których komentarz pomijam. To pozytywnie świadczy o wysokich kompetencjach Doktoranta. Tylko obszerna wiedza daje swobodę i precyzję językową. Forma językowa i edycyjna jest na właściwym dla doktorskiej dysertacji poziomie i dobrze koresponduje z merytoryczną wartością pracy.

Bardzo dobrze oceniam poziom języka i edycję pracy.

3. Ocena merytoryczna pracy

Jak wykazano uprzednio podjęty problem ma szczególnie ważne znaczenie dla przemysłu. To także znaczący przykład, w którym rozwój wiedzy i postęp naukowy służą poprawie technologii produkcyjnych.

Istota koncepcji

Opiera się na ustaleniu hierarchii podawania składników wsadu, bieżącej kontroli i optymalizacji wagowych proporcji wsadu w trybie programu i algorytmów, które minimalizują lub niwelują liczbę poprawek wsadu, prowadząc każdorazowo do tzw. „trafionych” wytopów, przy minimalnym czasie pracy pieca. Koncepcję rozwiązania pozytywnie zweryfikowano w warunkach produkcyjnych typowej odlewni.

Podobne opracowania naukowe i technologiczne są bardzo rzadkie lub skrzętnie chronione, a poziom wypracowanego rozwiązania jest atrakcyjny w odlewnictwie i metalurgii i nie tylko ferromagnetycznych stopów żelaza.

Zastosowany algorytm wieloetapowej optymalizacji działa na zasadzie ustalenia kolejności ważenia i dozowania składników o zmiennej dokładności namiaru, przy każdorazowym – etapowym doprecyzowaniu kolejnych porcji wsadu, minimalizując wpływ niedokładności namiaru. Algorytm jest aktywny i reaguje na bieżące odchylenia od optimum. Działanie algorytmu cechuje sprawność poniekąd niezależnie od niedoskonałości urządzeń ważących i dozujących. Ponadto procedura minimalizuje błędy wynikające z obsługi urządzeń przez pracowników o różnych kwalifikacjach i różnym zaangażowaniu w pracę. W takim ujęciu jest to „system” skazany na powodzenie. Co najciekawsze skuteczność systemu może ulegać poprawie w zależności od rosnącej złożoności „wsadu”. Możliwości jego praktycznego wykorzystania znacząco wykraczają poza potrzeby odlewnictwa i metalurgii. Łatwo można sobie wyobrazić technologie przemysłowe związane z wytwarzaniem produktów o złożonych recepturach. Przykładowo w sytuacjach awaryjnych wytwarzania betonu, gdzie należałoby uzyskać beton o założonych własnościach mechanicznych z awaryjnie dostępnych materiałów. Wydaje się, że jest to recepta na podobne sytuacje. Kolejnym krokiem w rozwiązaniu postawionego problemu jest wykonanie symulacji działania algorytmu. Obliczenia przeprowadzono wykorzystując autorskie procedury Promotora dotyczące rozmytych danych przy zastosowaniu standardowych, niewyszukanych kalkulacji Excela (Microsoft). Rozpatrzono wszystkie typowe składniki wsadu do wytopu żeliwa szarego – t.j.: surówki, złom stalowy,

złomy żeliwa, nawęglacze, żelazokrzem, żelazomangan a także rzadko stosowany dodatek żelazosiarki. Uwzględniono wielkość technologiczną kawałków materiałów w stanie dostawy. Wiąże się to ze znacznym zróżnicowaniem poszczególnych porcji wsadu. (Tę cechę nazwano w opracowaniu „kawałkowatością”. Co oznacza masę przeważających porcji – „kawałków” materiału wsadowego).

Należy podkreślić, że taki układ nie spełnia typowych matematycznych zależności funkcyjnych. Funkcja nie obejmuje różnych jej wartości dla ustalonego argumentu.

W sposób nie całkiem oczywisty wymusza to działania na zbiorach rozmytych, co pozytywnie świadczy o przyjętej metodyce badawczej.

Przeprowadzono weryfikację w koncepcji w rzeczywistej przemysłowej odlewni wykonując produkcyjne wytopy. Wszystkim materiałom wsadowym przyporządkowano cenę i skład chemiczny. Wykonano 5 wytopów z żeliwa sferoidalnego i z grafitem płatkowym o zadanym składzie chemicznym. Namiar i kolejność ładowania wsadu zostały określone zgodnie z opracowanymi procedurami. Wyznaczono także podstawowe dla optymalizacji parametry takie jak np.: szerokość przedziału stosowalności, rozrzut dokładności ważenia lub dozowania oraz wskaźnik kolejności ważenia. Uzyskano wytopy o założonym składzie bez konieczności korekty składu.

Tym samym pozytywnie zweryfikowano działanie algorytmu i obie postawione tezy w dysertacji.

Krytyczna ocena pracy wymaga wskazania pozytywnych i negatywnych bądź dyskusyjnych aspektów pracy. Zdecydowanie nie mam dyskusyjnych i negatywnych uwag. Wynika to głównie z faktu, że z poziomu bardzo rozmytego wsadu i procesu osiągnięto uporządkowany i oczekiwany przebieg procesu metalurgicznego oraz trafione wytopy. Jest to skutek osiągnięcia wysokiego poziomu wiedzy i chęci poprawienia tradycyjnej technologii.

Wybrane zalety recenzowanej dysertacji można sformułować następująco:

- Zastosowana metodyka badawcza jest adekwatna i bardzo dobrze zrealizowana. Symulacja i weryfikacja dobrze obrazują efektywność algorytmu
- Ważne wyniki badań są skrupulatnie sformułowane we wnioskach
- Uzyskane wyniki znacząco poszerzają wiedzę o możliwościach stosowania podobnych algorytmów i oprogramowania w zaawansowanych i złożonych procesach produkcyjnych opartych na mieszaniu i syntezie układów wieloskładnikowych.

4. Podsumowanie

Praca doktorska Pana mgra inż. Kamila Schmalenberga w mojej ocenie stanowi znaczące osiągnięcie naukowe i aplikacyjne.

Stwierdzam, że spełnia wymogi ustawowe i wnoszę o dopuszczenie Pana mgra inż. Kamila Schmalenberga do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Ponadto w nawiązaniu do przedstawionej argumentacji wnoszę o wyróżnienie opiniowanej rozprawy.

