

Warszawa, 16.05.2020

Prof. dr hab. inż. Marcin Perzyk
Wydział Inżynierii Produkcji
Politechnika Warszawska
Narbutta 85, 02-524 Warszawa
Tel.: 509093935
E-mail: mperzyk@wip.pw.edu.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. **Rafała Dojki**

p.t. „Investigation on the gating system: Reoxidation in the mould”

(„Badanie układu wlewowego: Reoksydacja w formie”)

1. Omówienie i ocena tematyki rozprawy

Recenzowana praca doktorska poświęcona jest zagadnieniu projektowania najważniejszych elementów technologii odlewniczych, jakimi są układy wlewowe. Kluczowa istotność tej problematyki wynika z dwóch czynników: po pierwsze z faktu, że większość wad odlewów powstaje w wyniku niewłaściwego wypełniania wnęki formy, a po drugie z aktualnie wysokich i stale rosnących wymagań odnośnie własności i jakości odlewów, a zwłaszcza ich wytrzymałości, sprzyjającej projektowaniu lżejszych wyrobów. Jest to praca o charakterze badawczym, wykorzystująca w przeważającej części metody obliczeniowe w postaci tzw. eksperymentów numerycznych, choć istotną rolę odgrywają w niej także badania doświadczalne.

Kształtowanie układów wlewowych było głównym problemem prac badawczych i osiągnięciem wielu lat pracy najwybitniejszej we współczesnym świecie techniki odlewniczej osoby, Brytyjczyka profesora sir Johna Campbella, który uzyskał tytuł szlachecki właśnie za swoje osiągnięcia w tej dziedzinie. Jego odkrycia związane z powstawaniem i zachowaniem się tzw. dwubłonek (oryginalny, słynny termin ‘bifilms’)

doprowadziły do zupełnie nowego spojrzenia na proces wypełniania formy odlewniczej i przewartościowały podejście do projektowania układów wlewowych. Recenzowana rozprawa doktorska jest w swojej istocie nie tylko inspirowana jego pracami, ale stanowi ich rozwinięcie i znaczącą implementację w postaci niezmiernie wartościowych zaleceń odnośnie projektowania układów wlewowych dla stopów żelaza.

2. Najważniejsze zalety i osiągnięcia pracy

Praca doktorska pana mgr inż. Rafała Dojki stanowi zdaniem recenzenta bardzo znaczące osiągnięcie naukowe i techniczne. Najważniejsze jej cechy, stanowiące podstawę tego stwierdzenia, wymieniono i omówiono poniżej.

- Wyjątkowa kompleksowość i dogłębność potraktowania złożonego problemu naukowo - technicznego. W szczególności należy tu podkreślić takie elementy rozprawy jak bardzo dobre rozeznanie literaturowe problematyki, dogłębną znajomość zarówno podstaw modelowania zjawisk występujących w formach odlewniczych, jak i praktycznych metod i narzędzi i służących do symulacji numerycznych procesów przepływu ciekłego metalu z różnego rodzaju wtrąceniami prowadzącego do wypełnienia wnęki formy odlewniczej oraz procesów krzepnięcia stopów. Na szczególne uznanie zasługuje wykorzystanie praktycznie wszystkich licznych zaawansowanych i niekiedy wręcz wyrafinowanych możliwości zastosowanego oprogramowania symulacyjnego, pochodzącego od czołowych światowych wytwórców, w tym różnego typu kryteria służące do oceny procesu wypełniania wnęki formy, takie jak ilość uwięzionego w metalu powietrza, wielkość powierzchni swobodnej kształtującej się podczas przepływu, średnia prędkość strugi metalu we wlewach doprowadzających, a także trzy różne liczby podobieństwa charakteryzujące przepływ. Kompleksowość prowadzonych przez doktoranta prac przejawia się także w uwzględnieniu zarówno najbardziej zaawansowanych, a zarazem mało poznanych typów układów (np. 'vortex' i 'trident gates'), jak i systematycznych badaniach różnego

typu geometrii kanałów układu wlewowego (przekrojów i długości poszczególnych segmentów), w tym o charakterze nowatorskim mających kształt płaskich prostokątów.

- Uzyskanie konkretnych, bardzo wartościowych informacji dotyczących optymalnych konstrukcji elementów układów wlewowych, opartych na naturalnym rozkładzie ciśnienia. W zakresie kształtowania wlewu głównego udowodniono korzystne profilowanie z wykorzystaniem kształtu hiperbolicznego. Wszechstronnie przetestowano działanie wlewu rozprowadzającego wyposażonego w pułapkę wirową, czyli końcową przestrzeń wychwytyjącą zanieczyszczenia o kształcie umożliwiającym wirowy ruch strugi metalu i w konsekwencji uniknięcie fali zwrotnej; dzięki pracy Rafała Dojki tego typu rozwiązanie sugerowane przez prof. Campbella zostało nie tylko sprawdzone, ale także zoptymalizowane i może zostać wdrażane w wielu praktycznych przypadkach. Bardzo wartościowym, moim zdaniem kluczowym, odkryciem doktoranta jest to, że najlepszymi przekrojami kanałów układu wlewowego są cienkie kształty prostokątne. Jego praca przynosi także szereg dalszych, bardzo wartościowych rekomendacji praktycznych.
- Opracowanie i przebadanie nowego typu próby lejności, w dwóch wariantach, uwzględniającej płaskie kanały o przekroju prostokątnym wynikające z poprzednich badań i analiz przeprowadzonych przez Autora. Należy tu podkreślić rzadko spotykaną wnikliwość rozumowania Autora przy projektowaniu tego testu.
- Bardzo ciekawe i dobrze uzasadnione wyniki badań radiograficznych. Na szczególne podkreślenie zasługują tu obserwacje pustek skurczowych połączonych z dwubłótkami i pęcherzykami powietrza powstałymi wskutek turbulencji przepływu oraz dokonana przez Autora ich interpretacja i wynikające z nich wnioski dla twórców oprogramowania symulacyjnego.
- Bardzo ciekawe wyniki badań metalograficznych ukierunkowane na potwierdzenie obecności dwubłótek (bifilms) w zakrzepłych odlewach, pozwalające na quasi ilościową ocenę ich ilości oraz przynoszące ciekawe ilustracje różnych postaci tych wtrąceń.

- Jasny i logiczny układ tekstu rozprawy, będący rezultatem poprawnego, wnikliwego i całościowego sposobu rozumowania Autora, prowadzącego do sprecyzowania planu głównych i szczegółowych działań wykonywanych w jej ramach. Tekst ten zawiera bardzo niewielką ilość usterek edytorskich i językowych.

3. Krytyczna ocena rozprawy

Lektura pracy ujawnia, zdaniem recenzenta, kilka jej mankamentów oraz nasuwa pewne stwierdzenia dyskusyjne, wymienione poniżej.

1. Termin 'reoxidation' występujący w tytule rozprawy, jako stanowiący główny przedmiot przedstawionych w niej badań naukowych, nie został niej w sposób jawny i precyzyjny zdefiniowany, a nie jest on terminem powszechnie znanym i stosowanym w znaczeniu takim jak to ma miejsce w rozprawie. W jej treści pojawia się dopiero na 27 stronie i bynajmniej nie w definicji, lecz niejako przy okazji pewnego stwierdzenia występującego w jednej z cytowanych prac. Samo znaczenie słowa 'reoxidation', czyli 'powtórne utlenienie' nie wyjaśnia w pełni kontekstu stosowania go w rozprawie. Wątpliwości może budzić także to, czy niektóre zjawiska stanowiące kluczowy element tematyki rozprawy muszą być rzeczywiście rezultatem jakiegoś wtórnego utlenienia się metalu: przecież 'bifilm' może być błonką tlenków znajdującą się od początku na powierzchni metalu w kadzi, a także składać się z innych zanieczyszczeń, niż tlenki.

2. W rozprawie zbrakło umotywowania planu niektórych prac badawczych oraz wyboru stosowanych w nich metod. Dotyczy to np. rodzajów stopów i niektórych parametrów geometrii (np. wysokości wlewu głównego czy pominięcia w badaniach poziomych wlewów doprowadzających), a także ogólnego planu badań symulacyjnych. Jest to szczególnie istotne wobec prawdziwości stwierdzenia Autora, że: 'ważne jest, aby zdać sobie sprawę, że prawie żadne oprogramowanie do symulacji nie może symulować obecności małych bąbelków i bifilmów'. Innym, dość istotnym przykładem braku umotywowania przyjętych metod badawczych jest zastosowanie testu Weibulla do oceny stopnia zróżnicowania własności mechanicznych stopu w odlewie uzyskiwanych w wyniku

zastosowania różnych układów wlewowych. Autor uznaje to podejście (autorstwa prof. Campbella) jako oczywiste, jednakże mimo swoich niewątpliwych zalet i nowatorskiego spojrzenia, nie jest ono powszechnie stosowane i sędzę, że należałoby przynajmniej odnieść się do bardziej rozpowszechnionych w takich przypadkach narzędzi statystycznych, takich jak analiza wariancji czy nieparametryczny, uniwersalny test Kruskala-Wallisa.

3. Obie sformułowane w rozprawie tezy są zdaniem recenzenta oczywistymi stwierdzeniami i w rzeczywistości niemal kalką lapidarnie sformułowanego aktualnego stanu wiedzy. Powinny być tylko traktowane jako przesłanki zajęcia się tematem, a nie tezami, czyli udowadnianymi w rozprawie twierdzeniami.

4. W pracy nie odniesiono się do problematyki budowy układów wlewowych dla stopów metali szczególnie łatwo utleniających się (np. aluminium czy magnezu). Nie chodzi mi bynajmniej o to, że nie wykonano żadnych badań w tym kierunku, co jest zrozumiałe wobec i tak wielkiego zakresu pracy wykonanej przez Autora, ale o wskazanie potencjalnych różnic w stosunku do badanych stopów oraz potrzeby i ewentualnych kierunków prac. Byłoby to nie tylko pożądane ale i w pewnym sensie naturalne zważywszy, że cały program badawczy związany z występowaniem dwubłonek ('bifilms') oraz uwięzionych w odlewającym materiale bąbelków powietrza ma swoje korzenie w odlewaniu stopów aluminium.

5. W rozprawie zabrakło precyzyjnego określenia niektórych wielkości geometrycznych (np. w postaci rysunków). Dotyczy to w szczególności kąta nachylenia przepływu, który jest „w opinii autora najważniejszą zmienną, którą należy przeanalizować na diagramach przepływu masy...”. Zabrakło także przedstawienia dokładnego ukształtowania minimalnego przekroju układu wlewowego (choke), choć jego roli poświęcono sporo uwagi; odniesienie się do prawej strony rysunku 38 na którym pokazano przepływ metalu jest niewystarczające.

Należy zdecydowanie podkreślić, że wymienione powyżej uwagi krytyczne nie deprecjonują wymienionych wcześniej zasadniczych osiągnięć rozprawy. Recenzent ma

nadzieję, że mogą one stanowić inspirację i pomoc dla dalszej działalności zawodowej i naukowej Autora.

4. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa stanowi niewątpliwie wyjątkowo cenne rozwiązanie ważnego problemu przemysłowego i naukowego, w którym zastosowano nowoczesne metody badawcze i przeprowadzono analizy na bardzo wysokim poziomie merytorycznym. Dzięki uzyskanym w niej wynikom wiemy, że możliwe jest zaprojektowanie układów wlewowych do stopów żelaza zapewniających wysoką, stabilną wytrzymałość odlewów i, co istotne, wiemy jak należy to robić. Zdaniem recenzenta opiniowana rozprawa reprezentuje wyjątkowo wysoki poziom intelektualny Autora połączony z praktycyzmem badacza i inżyniera. W kontekście innych znanych mi prac ze zbliżonych obszarów badawczych, jej poziom uważam za zdecydowanie wyróżniający się.

Biorąc powyższe pod uwagę, jak również fakt, iż doktorant wykazał należytą wiedzę teoretyczną z zakresu reprezentowanej przez siebie dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia prac badawczych uważam, że rozprawa doktorska pana mgr inż. Rafała Dojki spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami. Wnioskuje zatem o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony, a także o jej wyróżnienie.

