



**Politechnika  
Śląska**

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH  
WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY  
KATEDRA ODLEWNICTWA**



# **ROZPRAWA DOKTORSKA**

**SYMULACJA KOMPUTEROWA PROCESU WYPEŁNIANIA WNĘKI FORMY  
W METODZIE LOST FOAM Z UWZGLĘDNIENIEM WPŁYWU  
ZGAZOWANIA MODELU I EWAKUACJI GAZÓW**

**MICHAŁ JURECZKO**

**PROMOTOR:**

**DR HAB. INŻ. DARIUSZ BARTOCHA PROF. PŚ**

**OPIEKUN PRZEMYSŁOWY:**

**DR INŻ. RAFAŁ DOJKA**

**GLIWICE 2023**

*„Symulacja komputerowa procesu wypełniania wnętrza formy w metodzie Lost Foam z uwzględnieniem wpływu zgazowania modelu i ewakuacji gazów”*

Rozprawa pt. „Symulacja komputerowa procesu wypełniania wnętrza formy w metodzie Lost Foam z uwzględnieniem wpływu zgazowania modelu i ewakuacji gazów”, zrealizowana została w Katedrze Odlewnictwa Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach w ramach III edycji programu Doktorat Wdrożeniowy. Praca poświęcona jest badaniom nad pozyskiwaniem i implementacją, w programach do symulacji komputerowej, danych potrzebnych w symulacji wypełniania wnętrza formy, w metodzie Lost Foam z uwzględnieniem ilościowym zgazowania modelu i ewakuacji gazów.

Pierwsza część pracy stanowi przegląd literatury, w którym na podstawie dostępnych danych, przedstawiona została analiza aktualnego stanu wiedzy, w tematyce technologii pełnej formy, ze szczególnym uwzględnieniem procesu Full Mold / Lost Foam, który jest obecnie stosowany w Odlewni Rafamet, w której realizowane były badania przemysłowe doktoratu wdrożeniowego. Przedstawiono charakterystykę metody pełnej formy oraz opis zjawisk występujących w czasie zalewania form w tej metodzie, które mają wpływ na przebieg procesu wypełniania formy, a uzależnione są przede wszystkim od ilości produktów zgazowania modelu jednorazowego i przepuszczalności formy. Zagadnienia te stanowią kluczową wiedzę w aspekcie symulacji komputerowej odlewania metodą Lost Foam / Full Mold. Przedstawione zostały również dane literaturowe i doświadczenia własne dotyczące wad odlewów, wynikających z niekorzystnego wpływu czynników technologicznych metody pełnej formy na jakość odlewów.

Na podstawie analizy danych literaturowych i doświadczeń własnych z Odlewni Rafamet, sformułowane zostały tezy oraz postawione cele badawcze, które zostały ukierunkowane na kilka obszarów. Pierwszy z nich stanowił opracowanie metodyki pozyskania danych na potrzeby symulacji komputerowej w badaniach laboratoryjnych. Kolejny to implementacja i weryfikacja uzyskanych danych laboratoryjnych do środowiska programu symulacyjnego. Natomiast, ostatni obszar badawczy stanowiła walidacja symulacji komputerowej, na podstawie eksperymentalnych prób laboratoryjnych, quasi-przemysłowych oraz przemysłowych.

W kolejnych rozdziałach pracy, przedstawione zostały materiały użyte w badaniach, metodyka badawcza, uzyskane wyniki badań i obliczeń, ich analiza oraz potencjał wdrożeniowy, całość kończy podsumowanie, w którym zawarto liczne szczegółowe spostrzeżenia oraz najważniejsze wnioski.

Materiały użyte w badaniach symulacyjnych, laboratoryjnych oraz przemysłowych, scharakteryzowano w rozdziale nr 5. Rozdział ten zawierał opis materiałów zastosowanych na modele jednorazowe, przeznaczone do badań na zaprojektowanym i zbudowanym, w ramach realizacji pracy, prototypowym stanowisku do ilościowej oceny produktów zgazowania modeli jednorazowych. Opisane zostały również materiały formierskie, które zostały użyte do wykonania próbek do badań laboratoryjnych oraz form testowych w badaniach laboratoryjnych, quasi-przemysłowych i przemysłowych.

Szczegółowa metodyka laboratoryjnych, symulacyjnych, obliczeniowych i eksperymentalnych prac badawczych przedstawiona została w rozdziale 6. W rozdziale tym opisane zostało, zaprojektowane i zbudowane prototypowe stanowisko do zgazowywania materiałów na jednorazowe modele odlewnicze, które zostało opracowane w celu pozyskania ilościowych danych dotyczących produktów pirolizy modeli jednorazowych. Przedstawiono metodologię badań laboratoryjnych i symulacyjnych przepuszczalności masy formierskiej jako sposób pozyskania wartości gazoprzepuszczalności masy formierskiej, która stanowi podstawę implementacji danych formy do programu symulacyjnego MagmaSoft. Ponadto, rozdział ten zawiera opis badań symulacyjnych dla niezmodyfikowanej próby lejności Ruffa, na podstawie których, określono wpływ parametrów wirtualnego procesu i własności wirtualnej formy na lejność i tempo wypełniania wnęki w metodzie pełnej formy. Ponadto, przedstawiono metodykę badań eksperymentalnych i symulacyjnych, dla zmodyfikowanej, na potrzeby realizacji pracy, próby lejności Ruffa, która stanowiła podstawę walidacji symulacji komputerowej, w oparciu o wyniki zalewania form testowych. W ostatniej części rozdziału przedstawiona została metodyka badań, wpływu stosunku pola powierzchni do objętości modelu/odlewu na proces wypełniania formy. Badania przeprowadzono wykonując odlewy testowe, o specjalnie w tym celu zaprojektowanej geometrii, w warunkach laboratoryjnych oraz w warunkach quasi-przemysłowych. Proces wypełniania wnęki formy dla obu typów odlewów testowych został także zasymulowany, a analiza porównawcza wyników prób rzeczywistych i symulacji stanowiła kolejny etap weryfikacji zaimplementowanych danych i walidacji modelowania.

Wyniki badań symulacyjno-eksperymentalnych, wraz z analizą porównawczą zawiera rozdział 7. Zestawienie to obejmuje porównanie ilości produktów zgazowania badanych materiałów, określonej na podstawie wartości ciśnienia w komorze spalania, wyniki badań laboratoryjnych i symulacyjnych przepuszczalności, analizę porównawczą wypełniania wnęki wirtualnej i rzeczywistej formy niezmodyfikowanej i zmodyfikowanej próby lejności Ruffa

*„Symulacja komputerowa procesu wypełniania wnętrza formy w metodzie Lost Foam z uwzględnieniem wpływu zgazowania modelu i ewakuacji gazów”*

oraz wyniki badań wpływu stosunku pola powierzchni do objętości modelu/odlewów na przebieg wypełniania formy, przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych i quasi-przemysłowych.

Wysoki potencjał wdrożeniowy, opracowanej na podstawie przeprowadzonych badań, metodyki pozyskiwania danych do symulacji komputerowej odlewania metodą pełnej formy, ich weryfikacji i implementacji w programach symulacyjnych, udowodniony został w rozdziale 8. W rozdziale zaprezentowana została analiza porównawcza wyników pomiarów przemysłowych procesu wypełniania wnętrza formy, symulacji tego procesu dla danych i ustawień „domyślnych” programu symulacyjnego i symulacji dla danych pozyskanych i zaimplementowanych zgodnie z opracowaną metodyką. Porównania dokonano dla czterech typowych dla Odlewni Rafamet odlewów, wytwarzanych metodą pełnej formy.

Rozdziały 9 i 10 zawierają kolejno dyskusję wyników i spostrzeżenia oraz wnioski.