

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ



STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Poprawa jakości odlewów tłokowych wykonywanych
z siluminów okołoeutektycznych

mgr inż. Michał Starczewski

Promotor rozprawy

dr hab. inż. Anna Janina Dolata, prof. PŚ

Praca zrealizowana w ramach programu Doktorat Wdrożeniowy,
umowa Nr RJO15/SDW/001-53

Partnerem przemysłowym doktoratu była firma Złotecki Sp. z o.o.

Katowice, wrzesień 2025

Streszczenie

Głównym celem pracy była identyfikacja oraz ocena parametrów technologicznych procesu przygotowania ciekłego stopu, determinujących jakość odlewów tłokowych wykonywanych z okołoeutektycznych stopów aluminium. Realizacja tego celu była ukierunkowana na opracowanie rozwiązań materiałowo-technologicznych pozwalających na zmniejszenie poziomu brakowości wytwarzanych tłoków, wynikającej z wad odlewniczych, a tym samym na obniżenie kosztów produkcji oraz ograniczenie negatywnego wpływu procesu odlewniczego na środowisko naturalne.

Na podstawie przeglądu literatury potwierdzono zasadność prac badawczych nad rozwojem napędów tłokowych w dobie promowanego przejścia od silników spalinowych do elektrycznych. Analiza aktualnych prognoz rynkowych wykazała, że zapotrzebowanie na różne typy tłoków utrzyma się w perspektywie kolejnych dekad, co potwierdza znaczenie doskonalenia ich technologii wytwarzania. W tej części pracy przedstawiono także podział stopów aluminium stosowanych na odlewy tłokowe, scharakteryzowano typowe wady odlewnicze, przyczyny ich powstawania oraz metody ograniczenia.

Na potrzeby diagnozy tzw. „słabych punktów” procesu produkcyjnego stosowanego w firmie Złotecki Sp. z o.o. został opracowany model produkcyjny obejmujący:

- wymagania jakościowe dotyczące produkcji tłoków,
- parametry stopu EN AB-AlSi12CuNiMg stosowanego do produkcji,
- konstrukcję odlewu tłokowego i formy odlewniczej oraz ich wpływ na możliwość powstawania wad odlewniczych,
- zabiegi technologiczne, takie jak: przygotowanie stopu, przygotowanie kokilarki i formy,
- proces odlewania.

Analiza opracowanego modelu wykazała, że najmniejszą stabilnością charakteryzują się parametry związane z przygotowaniem ciekłego metalu. Na tej podstawie sformułowano zestaw problemów badawczych i przeprowadzono serię analiz oraz eksperymentów ukierunkowanych na identyfikację źródeł zmienności procesowej, ocenę ich wpływu na jakość oraz opracowanie metod ograniczania ryzyka wad odlewniczych.

Zakres prac badawczych obejmował: analizę składu chemicznego wytypowanych stopów, badania właściwości mechanicznych (pomiar twardości, statyczna próba rozciągania), badania właściwości technologicznych (badania wtrąceń gruboziarnistych, badania lejności, wyznaczanie indeksu gęstości), analizę termiczną oraz ocenę makro- i mikrostruktury badanych materiałów.

Na podstawie analizy wyników zrealizowanych prac badawczych stwierdzono, że największy wpływ na poprawę jakości odlewów tłokowych w warunkach przemysłowych miały dwie opracowane i zweryfikowane procedury technologiczne. Pierwsza dotyczy kontroli minimalnego poziomu zawodorowania stopu lub jego wtórnego zagazowania. W badaniach własnych wykazano, że efektywnym wskaźnikiem gotowości ciekłego stopu do zalewania formy jest indeks gęstości (DI), który umożliwia natychmiastową decyzję dotyczącą konieczności jego odgazowania bądź wtórnego zagazowania. Na podstawie przeprowadzonych testów w środowisku produkcyjnym określono wartość referencyjną $DI = 1.5\% \pm 0.2\%$, która równoważy ryzyko powstawania porowatości gazowej i mikroporowatości skurczowej w wytwarzanych odlewach. Druga z opracowanych procedur dotyczy postępowania z zawrotami produkcyjnymi. Zrealizowane badania pozwoliły na wdrożenie nowych zasad ich przygotowania i sortowania, a końcowym rezultatem jest spadek brakowości odlewniczej z 8.8% do 4.2% oraz skrócenie czasu operacji przygotowawczych.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że ukierunkowana kontrola przygotowania ciekłego metalu — wsparta pomiarem DI oraz standaryzacja obiegu zawrotami produkcyjnymi, pozwala na obniżenie brakowości odlewów i wymierne ograniczenie kosztów wytwarzania. Opracowane rozwiązania mają charakter wdrożeniowy i stanowią nowy standard postępowania w odlewni firmy Złotecki Sp. z o.o., producenta tłoków do silników spalinowych i sprężarek powietrza.