

Rozprawa doktorska

**Wpływ struktury wsadu i modyfikacji wtórnej na jakość  
metalurgiczną żeliwa przeznaczonego na odlewy  
motoryzacyjne**

**Rafał Dwulat**

Promotor pracy

Dr hab. inż. Krzysztof Janerka, prof. PŚ

Promotor pomocniczy

Mgr inż. Krzysztof Grzesiak

Gliwice 2023

## **Wpływ struktury wsadu i modyfikacji wtórnej na jakość metalurgiczną żeliwa przeznaczanego na odlewy motoryzacyjne**

W pracy przedstawiono charakterystykę żeliwa, wpływ składu chemicznego na kształtowanie się struktury, własności oraz zdolności żeliwa do grafityzacji. Dokonano charakterystyki czynników wpływających na jakość metalurgiczną ciekłego żeliwa. Szczegółowo opisano procesy modyfikacji i sferoidyzacji żeliwa, które stanowią istotę produkcji żeliwa sferoidalnego. Przedstawiono podstawy krystalizacji grafitu oraz mechanizmy krzepnięcia żeliwa. Dokonano charakterystyki poszczególnych etapów skurczu żeliwa takich jak: skurcz w stanie ciekłym, skurcz krzepnięcia oraz skurcz w stanie stałym. Opisano zastosowanie technik analizy termicznej do produkcji żeliwa oraz znaczenie poszczególnych parametrów wyznaczonych na podstawie krzywych stygnięcia i krystalizacji.

W części badawczej wykonano badania wpływu źródła pochodzenia żeliwa, zmieniających się proporcji materiałów wsadowych oraz różnych modyfikatorów wtórnych na jakość metalurgiczną żeliwa w zależności od grubości ścianki odlewu. Oceniono parametry fizykochemiczne, właściwości mechaniczne i parametry mikrostruktury oraz wielkość wad w zależności od zmniejszonej ilości surówki odlewniczej oraz rodzaju modyfikatora wtórnego.

Na podstawie przeprowadzonych badań w warunkach laboratoryjnych stwierdzono, że wartość Temin uzyskana na podstawie badań ATD i powiązana ze zdolnością do zarodkowania grafitu, wzrasta wraz z zawartością surówki we wsadzie, przez co możliwie jest obniżenie dodawanego modyfikatora. Wyniki badań i analiz uzyskane w warunkach produkcyjnych dla różnych źródeł pochodzenia żeliwa, pozwoliły wprowadzić zasadę oceny skłonności żeliwa do przechłodzenia przy wykorzystaniu analizy ATD i wyeliminować problem zbieleń w odlewach cienkościennych. Na podstawie badań wpływu struktury wsadu na mikrostrukturę oraz właściwości mechaniczne żeliwa sferoidalnego przy wykorzystaniu odlewu schodkowego zmieniono recepturę wsadu dla wytopów żeliwa EN-GJS 500-7 zmniejszając ilość surówki z 30% na 10%. Różnicę zastąpiono złomem obiegowym i stalowym w stosunku 1:1. Warunkiem zmian jest zachowanie zbliżonego poziomu równoważnika węgla. Wyniki badań wpływu różnych modyfikatorów wtórnych na jakość żeliwa pozwoliły zastąpić dotychczas stosowany modyfikator na strugę modyfikatorem zawierającym w swoim składzie cer. Nowo wprowadzony modyfikator zapewnia zachowanie wyższych własności plastycznych i minimalizację wad skurczowych.

Całość pracy zamyka spis cytowanej literatury obejmujący 89 pozycji.

---

## **The influence of charge materials and final inoculation on metallurgical quality of cast iron intended for automotive castings**

The paper presents the characteristics of cast iron, the influence of chemical composition on the formation of the structure, properties and ability of cast iron to graphitize. Factors influencing the metallurgical quality of liquid cast iron were characterized. The processes of inoculation and spheroidization of cast iron, which are the essence of the production of nodular cast iron, are described in detail. The basics of graphite crystallization and the mechanisms of cast iron solidification are presented. Characteristics of individual stages of cast iron shrinkage, such as: shrinkage in the liquid state, shrinkage of solidification and shrinkage in the solid state, were made. The application of thermal analysis techniques for the production of cast iron and the importance of individual parameters determined on the basis of cooling and crystallization curves are described.

In the research part, tests were carried out on the influence of the source of cast iron, changing proportions of charge materials and various final inoculants on the metallurgical quality of cast iron depending on the casting wall thickness. Physical and chemical parameters, mechanical properties and microstructure parameters as well as the size of defects were assessed depending on the reduced amount of pig iron and the type of final inoculants.

Based on the tests carried out in laboratory conditions, it was found that the Temin value obtained on the basis of ATD tests and related to the ability to nucleate graphite increases with the content of pig iron in the charge. This allow you to reduce the amount of added inoculant. The results of tests and analyzes obtained in production conditions for various sources of cast iron origin allowed to introduce the principle of assessing the tendency of cast iron to overcooling using the ATD analysis and to eliminate the problem of the formation of hard and brittle iron carbide in thin-walled castings. Based on the study of the influence of the charge materials on the microstructure and mechanical properties of ductile cast iron using step casting, the charge recipe for cast iron melts EN-GJS 500-7 was changed by reducing the amount of pig iron from 30% to 10%. The difference was replaced with own scrap and steel scrap in a 1:1 ratio. The results of the research on the influence of various final inoculants on the quality of cast iron made it possible to replace the yet used inoculant with a inoculant containing cerium. The newly introduced inoculant ensures the preservation of higher plastic properties and minimization of shrinkage defects.

The entire work is completed by a list of the referenced literature covering 89 items.

---