



METODYKA PORÓWNANIA ENERGOCHŁONNOŚCI WYBRANYCH PROCESÓW  
 TOPIENIA CIEKŁEGO ŻELIWA W PIECU INDUKCYJNYM

Kamil Schmalenberg<sup>1</sup>, Artur Zaczyński<sup>1</sup>, Eugeniusz Ziółkowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie,  
 Doktorant Studiów Stacjonarnych Wydziału Odlewnictwa

<sup>2</sup>AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Odlewnictwa  
 30-059 Kraków, ul. Reymonta 23

<sup>2</sup>[ez@agh.edu.pl](mailto:ez@agh.edu.pl)

**Słowa kluczowe:** Energochłonność procesu topienia w piecach indukcyjnych, analiza wybranych parametrów procesu topienia;

### 1. Wprowadzenie

Przygotowanie wytopu ciekłego żeliwa wymaga ustalenia namiaru wsadu oraz zaplanowania i wykonania wszystkich zadań dotyczących zestawienia i załadunku wsadu do pieca oraz prowadzenia kolejnych etapów sterowania pracą pieca indukcyjnego. Namiar wsadu, czyli udział poszczególnych materiałów wsadowych powinien być obliczony wybraną metodą optymalizacyjną, zapewniającą minimalny koszt tego wsadu. Procedura ważenia, zestawiania i załadunku wsadu jest uzależniona od takich właściwości stosowanych materiałów wsadowych, jak: postać, stopień jednorodności, maksymalna masa pojedynczego kawałka, itd. Bardzo ważnym elementem dalszej analizy przebiegu procesu wytapiania jest znajomość składu chemicznego każdego składnika wsadu oraz kolejno odlewanych próbek do spektrometrycznych badań laboratoryjnych. Energochłonność procesu topienia będzie wymagała wykonania pomiarów zużycia energii elektrycznej każdego z urządzeń elektrycznych, stosowanych w całym badanym procesie technologicznym przed i po każdej istotnej procesowo czynności.

### 2. Zebranie danych pomiarowych

Przed rozpoczęciem procesu wytopu należy zgromadzić dane dotyczące składu chemicznego i udziału każdego materiału w stosowanym wsadzie. Posłużyć do tego może szablon Tabeli 1, która może być opracowana pisemnie, w postaci arkusza kalkulacyjnego lub relacyjnej bazy danych, na przykład MySQL, PostgreSQL, Firebird, Interbase, itd.

**Tabela 1.** Szablon parametrów materiałów wsadowych i stopu finalnego

L.p.	Materiał wsadowy	Skład chemiczny, %				Uzysk %	Cena jednostkowa zł/t	Udział kg
		C	Si	Mn	...			
1.								
2.								
...								
<b>Stop wyjściowy</b>						<b>masa = ..... kg</b>		

Odczytane z odpowiednich liczników indywidualnych lub zbiorczych wartości zużytej energii elektrycznej można zestawiać według szablonu Tabeli 2.

L.p.	Czynność	Czas zegarowy	Stan licznika zużycia energii	Dodatkowe informacje
1.				
2.				
...				

Odrębnie należy także rejestrować wyznaczony laboratoryjnie skład chemiczny kolejno wykonanych próbek wytapianego ciekłego żeliwa.

### 3. Analiza zarejestrowanych danych pomiarowych

Uzyskane dla monitorowanych wytopów dane (zestawione w Tabelach 1 i 2) stanowią bazę do analiz porównawczych energochłonności tych procesów technologicznych. Zarejestrowany czas poszczególnych etapów oraz zmiany wskazań licznika lub liczników zużycia energii, przy jednoczesnej ocenie poprawności uzyskanego składu chemicznego próbek i stopu wyjściowego, mogą być porównywane dla analogicznych wyników innego procesu wytopu. Dotyczy to szczególnie porównania energochłonności procesów topienia, w których uzyskano ciekłe żeliwo bez dodatkowych zabiegów korygujących nieprawidłowy skład chemiczny z procesami, w których takie zabiegi były konieczne do przeprowadzenia. Różnica w zarejestrowanych wartościach zużycia energii elektrycznej może być przeliczona bezpośrednio na cenę różnicy zużycia energii elektrycznej dla porównywanych wytopów. W referacie zostaną przedstawione przykłady zarejestrowanych wytopów wraz z podsumowaniem różnic wartości zużycia energii elektrycznej, porównaniem czasów ich trwania oraz energochłonności badanych procesów technologicznych w wybranej odlewni.

### 4. Wnioski

Opracowanie metodyki rejestracji wszystkich niezbędnych do wykonania porównania energochłonności poszczególnych procesów wytapiania żeliwa w piecu indukcyjnym danych wyjściowych stanowi bazę do zaprojektowania rozwiązania informatycznego gromadzącego znaczną liczbę różnego typu informacji o badanym procesie technologicznym. Przeprowadzona analiza porównawcza kilku wytopów w warunkach przemysłowych pozwoliła na ocenę różnic wartości zużycia energii, co przekłada się także w aspekcie ekonomicznym na różnicę kosztu wytwarzania ciekłego żeliwa. Określenie przyczyn zwiększonego zużycia energii elektrycznej, występującego na przykład z powodu konieczności przeprowadzenia zabiegów korygujących nieprawidłowy skład chemiczny ciekłego metalu oraz wynikających stąd dodatkowych kosztów produkcji, umożliwia opracowanie uzasadnionych ekonomicznie działań minimalizujących zaburzenia rozważanego procesu technologicznego.