DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2026.01.007

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОМПЛЕКСНОГО РАФІНУВАННЯ ЧАВУНУ

Кисляков В.Г.[1] [ORCID], Маначин І.О.[2] [ORCID],
Руденко О.Л.[3] [ORCID], Похвалітий А.А.[4] [ORCID]

[1]Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАНУ, к.т.н., Україна

[2]Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАНУ, к.т.н., ст.д., Україна

[3]Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАНУ, к.т.н., Україна

[4] Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, к.т.н., Україна

Анотація. *Метою роботи є встановлення закономірностей поведінки та розподілу домішок у чавуні під час комплексної обробки на високотемпературній моделі, з урахуванням впливу термодинамічних і кінетичних факторів, для оптимізації процесів очищення та підвищення якості металу. Особливої цінності набувають дослідження на високотемпературних моделях, що передбачають роботу безпосередньо з рідким чавуном. Виконано розрахунки для умов інжекційної обробки чавуну з метою комплексного видалення домішок у лабораторній індукційній печі ємністю 100 кг. Проведено 5 послідовних обробок. Обробки супроводжувалися відбором проб чавуну і шлаку, заміром температури. а також фіксацією виданого реагенту. Під час проведення обробок було відпрацьовано технологічні параметри інжектування, які дали змогу вести обробку технологічно, без підвищеної бурності. Проведений аналіз вмісту домішок у чавуні показав, що з урахуванням умов проведення експерименту мають місце процеси десульфурації, знекремнювання та дефосфорації, у тому числі одночасно.*

Ключові слова*: чавун, комплексна обробка, сірка, кремній, фосфор, моделювання.*

Вступ. Комплексна обробка чавуну, що включає видалення сірки, кремнію і фосфору має переваги перед стандартною технологією поетапного рафінування чавуну у вигляді зменшення загального циклу плавки, теплових втрат і зменшення витрат у подальшому конвертерному переділі. У розглянутій технології як реагент пропонується використовувати суміш на основі CaO-Na_2CO_3-FeO. Важливим інструментом удосконалення технології є моделювання процесів видалення та поведінки домішок у розплавленому металі.

Основний матеріал. Дослідники різних країн проводили роботи по моделюванню технологічних процесів на «гарячих» моделях. Так, наприклад, вітчизняні дослідники [1] відповідно до запропонованої технологічної схеми проводили моделювання одностадійного видалення частини кремнію і десульфурацію передільного чавуну. Серед закордонних дослідників можна відзначити роботу [2], в якій оцінено здатність видалення фосфору і сірки з розплавленого металу за допомогою флюсів $CaO\text{-}SiO_2\text{-}CaF_2$. Також можна відзначити роботу [3], в якій автори в лабораторних умовах досліджували реакції десульфурації та дефосфоризації у розплавленому металі.

Лабораторні дослідження проводилися на базі лабораторії кафедри металургії ім. проф. В.І. Логінова Дніпровського державного технічного університету (м. Кам'янське).

Перед початком лабораторних досліджень було проведено монтаж і налагодження обладнання, який містив у собі вибір місця і розміщення дозувального пристрою, встановлення сполучних шлангів, усунення недоліків, пов'язаних з експлуатацією обладнання. Було відпрацьовано методику обслуговування обладнання та усунення можливих аварійних ситуацій. Перед проведенням обробок з чавуном було здійснено «холодні» випробування всього обладнання, які підтвердили його готовність до виконання експериментальної частини досліджень.

Для отримання рідкого розплаву використовували чушки чавуну, які попередньо зважували та поступово завантажували в піч у міру їх розплавлення. Загальна маса завантаженого чавуну становила 72,5 кг. Тривалість процесу плавлення чушок склала 1 годину 20 хвилин. Протягом цього часу шляхом розсіву було підготовлено суміш реагентів, яку засипали в дозувальний пристрій у міру витрачання. Після отримання рідкого розплаву в нього вводили алюміній, масу якого фіксували в протоколі плавки.

Було проведено 5 послідовних обробок, на початку і наприкінці кожної проводили відбір проби чавуну і шлаку, а також проведено заміри температури. Проводилася фіксація кількості виданого реагенту за показаннями ваг до і після обробки. Під час проведення обробок було відпрацьовано технологічні

параметри інжектування, які дали змогу вести обробку технологічно, без підвищеної бурності.

На основі даних хімічного аналізу чавуну було проведено аналіз ефективності видалення домішок із чавуну при застосуванні рафінуючої суміші на основі CaO-Na_2CO_3-FeO з присадкою алюмінію. Полученные зависимости приведены на рис. 1.

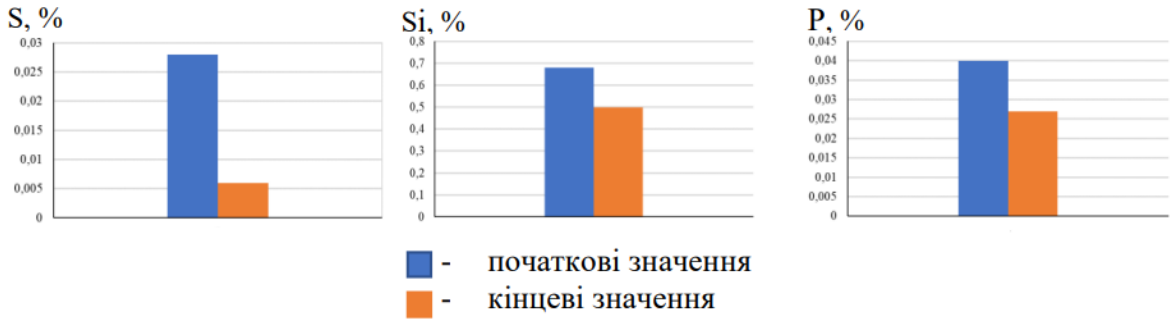

Рисунок 1 – Ефективність видалення домішок в лабораторних дослідженнях.

Висновки.

Визначено параметри газодинамічної системи інжектування та технологічні параметри введення суміші, які забезпечили технологічність проведення обробки. Проведено аналіз вмісту домішок у чавуні, який показав, що з урахуванням умов проведення експерименту мають місце процеси десульфурації, знекремнювання та дефосфорації, у тому числі одночасно, що дає змогу казати про перспективність суміші, що застосовувалася.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCE

1. A. G. Chernyatevich, E. N. Sigarev, A. V. Berezina (2011). Refining of hot metal with organization of isolated reaction zones for the removal of silicon and sulphur *Steel in Translation*, Volume 41, Number 4, 307–310. https://doi.org/10.3103/S0967091211040036

2. A. Hernandez, A. Romero, F. Chavez, M. Angeles, R. D. Moral (1998) Dephosphorization and Desulfurization Pretreatment lron with CaO-$Si0_2$-CaF_2-FeO-Na_20 Slags ISIJ International38(2):126-131 https://doi.org/10.2355/isijinternational.38.126

3. Mori, K., Wada, H. & Pehlke, R.D. (1985) Simultaneous desulfurization and dephosphorization reactions of molten iron by soda ash treatment. *Metall Trans B* 16, 303–312. https://doi.org/10.1007/BF02679721

HIGH-TEMPERATURE MODELING OF THE INTEGRATED CAST IRON REFINING PROCESS

V.G. Kislyakov, I.O. Manachyn, O.L. Rudenko, A.A. Pohvalityi

Abstract. *The aim of this work is to identify patterns in the behavior and distribution of impurities in cast iron during comprehensive processing on a high-temperature model, taking into account the influence of thermodynamic and kinetic factors, in order to optimize purification processes and improve metal quality. Studies using high-temperature models, which involve working directly with molten cast iron, are of particular value. Calculations were performed for the conditions of injection treatment of cast iron with the aim of comprehensive impurity removal in a 100-kg laboratory induction furnace. Five consecutive treatments were conducted. The treatments were accompanied by sampling of cast iron and slag, temperature measurement, and recording of the reagent dosage. During the treatments, the technological parameters of the injection were optimized, which allowed the treatment to be carried out efficiently without excessive turbulence. An analysis of the impurity content in the cast iron showed that, given the experimental conditions, desulfurization, desiliconization, and dephosphorization processes occur, including simultaneously.*

Keywords: *cast iron, complex processing, sulfur, silicon, phosphorus, modeling.*