

розливки оператором МБЛЗ для запобігання виникнення проривів на інших струмках. Це свідчить про переважну роль саме технологічних параметрів розливки на імовірність утворення прориву.

Перелік використаних джерел

10. Prediction and Prevention System for Sticking Type Breakout in Continuous Casting / *Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan*. 1988. Vol. 2. P. 147.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-36>

PROBABILISTIC APPROACH TO THE METHODOLOGY FOR REGULATING THE CHEMICAL COMPOSITION AND PREDICTING THE PROPERTIES OF GREY SYNTHETIC CAST IRON

ЙМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО МЕТОДОЛОГІЇ РЕГУЛЮВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ І ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СІРОГО СИНТЕТИЧНОГО ЧАВУНУ

Sirenko K.A.

*Junior Researcher, Physic-
Technological Institute of Metals
and Alloys of the National Academy
of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

Сіренко К.А.

*молодий науковий співробітник,
Фізико-технологічний інститут
металів та сплавів
Національної академії наук України,
м. Київ, Україна*

Mazur V.L.

*DSc (Engineering), Chief Researcher,
Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Physic-Technological
Institute of Metals and Alloys
of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Мазур В.Л.

*д.т.н., головний науковий
співробітник, професор,
член-кореспондент Національної
академії наук України, Фізико-
технологічний інститут металів
та сплавів Національної академії
наук України, м. Київ, Україна*

Вагомою задачею у вирішенні комплексної проблеми покращення якості литва, економії сировини і енергії при виплавленні чавуну, сталі, сплавів чорних та кольорових металів є впровадження у систему контролю і управління технологічними процесами ливарного

виробництва ефективних методик розрахунку оптимального складу шихти і коригування розплаву безпосередньо під час плавки.

Аналіз технічної літератури, присвяченої цій темі, свідчить, що питанням, пов'язаним з формулюванням математичної постановки задачі розрахунку шихти, оптимізації її складу, вибору підходів і шляхів розв'язання, створенням алгоритмів і програмного забезпечення, присвячено десятки, а може й сотні робіт. Їх результати мають суттєве значення для розвитку ливарного виробництва і металургії у цілому. Питання коригування хімічного складу розплаву чавуну безпосередньо у процесі плавки розглянуто меншою мірою. Аналіз монографій, підручників, наукових статей, дисертацій, патентів, опублікованих на зазначену тему, дозволяє зробити наступні висновки.

Майже в усіх роботах, присвячених постановці й рішенню задачі розрахунку шихти для виплавлення чавуну, сталі, сплавів, зазначається, що ця задача припускає багатоваріантні рішення. Тобто виплавити сплав заданого хімічного складу в призначеному для цього плавильному агрегаті можна з шихти, сформованої з однакових матеріалів, але при різних співвідношеннях їх відсоткового вмісту у шихті. Найкраще рішення з можливих має відповідати попередньо вибраному критерію оптимальності. У більшості опублікованих робіт за критерій оптимальності приймають мінімальну вартість шихти, а задачу оптимізації її складу вирішують методами лінійного програмування. Не виключено застосування також інших критеріїв і підходів до оптимізації складу шихти.

Суттєвий недолік відомих методів визначення складу шихти полягає в тому, що у більшості вони орієнтуються на забезпечення однієї конкретної величини відсоткового вмісту хімічних елементів у складі сплаву, що виплавляють. Найчастіше – це середні величини вмісту елементів з діапазонів, регламентованих у стандарті на продукцію, яку виготовляють. Нестабільність хімічного складу компонентів шихти у відомих методиках не враховують і ніяк не визначають. Не прогнозують розрахунками і нестабільність вмісту хімічних елементів у складі готового сплаву. У зв'язку з цим не виключені випадки, що навіть коли розраховані «в середньому» величини відсоткового вмісту елементів потрапляють у інтервали їх вмісту, визначені у стандартах чи технічних умовах на вироби, діапазони розкиду цих величин можуть виходити за межі інтервалів, регламентованих стандартами. Для позбавлення цього недоліку необхідно в методиках розрахунку шихти впроваджувати підходи, які враховують у ймовірнісному аспекті нестабільність хімічного складу шихти, а також діапазони вмісту хімічних елементів сплаву, що виплавляють [1–4].

Аналіз сучасних підходів, методології, методик і методів розрахунку шихти і регулювання хімічного складу чавуну та інших сплавів, що виплавляють, засвідчив необхідність їх подальшого розвитку на основі застосування комп'ютерного моделювання з використанням підходів, враховуючих ймовірнісний характер технологічних процесів у ливарному виробництві.

Ймовірнісний характер процесу виплавлення чавуну і виготовлення з нього литва потребує відповідного підходу до моделювання процедури розрахунку шихти і регулювання вмісту хімічних елементів у складі розплаву в печі. Розроблена і реалізована у вигляді базових алгоритму і комп'ютерної програми методологія розрахунку шихти і коригування відсоткового вмісту хімічних елементів у розплаві чавуну безпосередньо в процесі плавки, яка враховує у ймовірнісному аспекті, із застосуванням методу Монте-Карло нестабільність хімічного складу шихтових матеріалів [1–3]. Перевага запропонованого підходу перед іншими методиками полягає у можливості на будь-якій стадії моделювання процедури визначення складу шихти оцінювати результат розрахунку не тільки шляхом контролю попадання середніх величин вмісту кожного з хімічних елементів у регламентовані стандартом чи технічними умовами на чавун діапазони, а й за відповідністю очікуваних полів розкиду ймовірних величин вмісту елементів діапазонам, передбачених цими нормативними документами. Викладену методіку, що передбачає застосування методу Монте-Карло, доцільно використовувати також як другий етап після, наприклад, розрахунку складу шихти методом підбору чи будь-яким іншим способом, для посилення надійності остаточного результату [4].

Враховуючи можливість кількісної залежності властивостей готових ливарних виробів від узагальнених показників хімічного складу чавуну, з якого виробу виготовлені, запропоновано використовувати в якості критеріїв оптимізації у алгоритмах і програмах розрахунку складу шихти величини вуглецевого еквівалента та ступеня евтектичності чавуну. Розроблена методологія дозволяє виявляти ефекти і закономірності, непередбачувані в рамках відомих підходів і рішень.

Перелік використаних джерел

1. Сіренко К. А., Мазур В. Л. Ідеологія коригування хімічного складу синтетичного чавуну в процесі виготовлення литва. *Метал та лиття України*. 2021. Т. 29. № 4 (327). С. 44–54.
2. Сіренко К. А. Удосконалення технології коригування хімічного складу чавуну під час плавки в індукційних тигельних печах. *Процеси лиття*. 2022. № 1 (147). С. 3–10.

3. Сіренко К. А. Розвиток методики визначення складу шихти для виплавлення чавуну в індукційних тигельних печах. *Метал та лиття України*. 2022. Т. 30. № 2 (329). С. 20–29.

4. Сіренко К. А., Мазур В. Л. Переваги та недоліки методів розрахунку шихти для виплавки синтетичного чавуну в ливарному виробництві. *Процеси лиття*. 2023. № 3 (153). С. 49–60.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-37>

BLAST FURNACE SLAG USED IN SLAG-FORMING MATERIALS FOR THE LADLE FURNACE PROCESS

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДОМЕННОГО ШЛАКУ В СКЛАДІ ТВЕРДОЇ ШЛАКОВОЇ СУМІШІ ПРИ ПОЗАПІЧНІЙ ОБРОБЦІ СТАЛІ НА УСТАНОВЦІ «КІВШ-ПІЧ»

Stepanenko D.O.

*PhD (Engineering), Head of the
Department of Physical and Chemical
Problems of Metallurgical Processes,
Iron and Steel Institute named
Z.I. Nekrasov of the National Academy
of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine*

Степаненко Д.О.

*к.т.н., завідувач відділу фізико-
хімічних проблем металургійних
процесів, Інститут чорної
металургії імені З.І. Некрасова
Національної академії наук України,
м. Дніпро, Україна*

На підставі досвіду [1, 2] оцінки властивостей кінцевих доменних шлаків обґрунтовано можливість використання регенованого доменного шлаку як часткового або повного замітника плавикового шпату у складі твердої шлакоутворюючої суміші (ТШС) при обробці сталі на установці «ківш-піч». Під регенованим доменним шлаком мається на увазі шлак, який не містить у своєму складі сірки, що була видалена на етапі грануляції шлаку.

На підставі аналітичних та експериментальних досліджень розроблено раціональний склад твердої шлакоутворюючої суміші (умовне позначення ТШС-1) і встановлено оптимальний вміст регенованого доменного шлаку з частковим заміщенням плавикового шпату до 80%. Передбачається, що впровадження розробленого складу ТШС в умовах сталеплавильного виробництва гарантовано забезпечить