

варительно гранулированной тонкодисперсной составляющей в шихте, что позволяло оценить влияние равнозначных по вещественному и химическому составу реакционных объемов на показатели процесса спекания и качество агломерата.

Экспериментальные данные показывают, что при замене агломерационной шихты на 100% гранулированную слоевую систему становится возможным ее целенаправленное физико-химическое конструирование, получение спека с регулярной блочно-ячеистой структурой в режиме агломерационного спекания и фильтрационного горения твердоотливной насадки с заданными характеристиками. Повышение в шихте доли микроокатышей от 25 до 100% сопровождается повышением производительности процесса от 0,96 до 1,43 т/м²ч, снижением расхода твердого топлива от 6,04 до 3,38%, а время спекания сокращается от 18,5 до 13,0 мин. Увеличение угла подъема разгрузочной части барабана и совмещение барабана и гранулятора позволяет повысить степень грануляции шихты и показатели процесса спекания. Удельная производительность увеличилась от 0,9 до 1,54 т/м².час., скорость спекания возросла от 18,67 до 25,53 мм/мин, выход годного увеличился от 64,88 до 71,76%.

Приведенные результаты показали возможность совершенствования процессов окомкования, повышения газопроницаемости агломерационной шихты и удельной производительности процесса за счет ввода в шихту вяжущих добавок, предварительного гранулирования тонкодисперсных составляющих, совершенствования аппаратурного обеспечения и режима его работы.

УДК 669.14.018

А. Ю. Калашикова, Л. Х. Иванова

Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

РОЗРОБКА СКЛАДУ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ З ВИСОКОЮ УДАРСТІЙКІСТЮ

Метою дослідження було визначення комплексу модифікувальних елементів для одержання високоміцного чавуну з підвищеною ударостійкістю.

Відомо, що вплив окремих елементів на структуру і властивості чавуну дуже різноманітний, і так само є багато додаткових факторів, які можуть змінювати вплив того або іншого елементу. Змінний якісний і кількісний вплив різних елементів на структуроутворення сплавів ускладнює

можливість їхньої класифікації за ознакою інтенсивності цього впливу, тим більше, що в багатьох випадках, наявність у сплаві двох, наприклад, карбідотворюючих елементів не обов'язково посилює їх окремий вплив, а іноді нівелює його. Тому задача з підбирання модифікувального комплексу, зводилася до того, щоб нейтралізувати небажаний вплив окремих елементів і посилити їх спільний вплив.

Експериментальні плавки проводили в індукційній печі з кислото футеровкою, вага шихти 40 кг. Після розплавлення шихти потужність печі знижували до 30-40% від максимальної, зчищували шлак періоду плавлення, заміряли температуру та вводили гафній у вигляді гафнієвої лігатури такого складу, мас. %: гафній 90, залізо решта. Модифікування робили таким чином: модифікувальні елементи (церій, лантан) вводили у ківш перед випуском металу у вигляді лантан-церієвої лігатури такого складу, мас. %: лантан 8...10; церій 10...15; вуглець 0,3...0,5; кальцій 0,4...0,5; кремній 40...45; залізо решта. При температурі 1500±5°C чавун випускали у ківш з необхідною наважкою модифікаторів та при досягненні температури 1330...1340°C заливали у кокільні форми. Виливки мали розміри: 1) куля діаметром 60 мм, 2) циліндр діаметром 50 мм та висотою 200 мм. З цих виливків вирізали зразки для хімічного аналізу, металографічних досліджень, випробування границі міцності при розтягу та ударостійкості. Випробування границі міцності при розтягу проводили за стандартним методом. Випробування ударостійкості проводили за кількістю ударів до руйнування литої кулі при падінні її з висоти 6 м.

При виборі модифікаторів для подавлення виділення ледебуритної евтектики у чавуні та підвищення властивостей було прийнято до уваги, що ці модифікатори значною мірою відрізняються один від одного за хімічною активністю, модифікуючим впливом, мають різні температури плавлення, кипіння, теплоти утворення сполук та енергії Гібса. Однозначно встановлено, що, наприклад, максимальну мікротвердість цементиту та перліту дозволяє одержати модифікування лантаном, а фериту – модифікування церієм. Механізм такого впливу на теперішній час вивчено недостатньо. Комплексне модифікування вказаними модифікаторами призводить до переважного утворення оксиду CeO_2 , енергія Гібса котрого значно нижча, ніж у оксидів La_2O_3 . Таким чином, урахувавши вищевикладене, встановили нижні границі вмісту вказаних елементів, що забезпечує подавлення виділення ледебуритної евтектики та перетворення її в пластиноподібну. За нашими даними нижні границі концентрацій модифікаторів повинні бути такими, мас. %: церій – 0,1, лантан – 0,08. Зменшення концентрацій модифікаторів (будь-якого з вказаних) нижче за границі, що рекомендуються, не дозволяє повністю одержати пластиноподібну евтектику, у структурі присутній ледебурит, який призводить до зниження міцності та ударостійкості. Верхні границі

концентрацій лантану визначали зі ступенем зростання мікротвердості карбідної фази. При концентраціях 0,1% лантану мікротвердість карбідної фази була максимальною. Подальше збільшення вмісту цього елемента призводило до утворення великої кількості неметалевих включень, які зменшували міцність чавуну. Ураховуючи, що церій у першу чергу витрачається на рафінування розплаву розраховували максимально необхідні його вмісти, а потім за ступенем зростання мікротвердості матриці визначали максимальну його концентрацію. При вмістах 0,15% церію (в комплексі з 0,1% лантану) мікротвердість матриці була максимальною. У запропонованому чавуні гафній виявляв перлітоутворюючий вплив на структуру металеві матриці та підвищував дисперсність перліту, за цього збільшувалися показники міцності та ударостійкості. При вмістах гафнію менше за 0,05% цей вплив був незначний, підвищення ж вмісту вище за 1,0% призводило до зменшення міцностних властивостей. Слід відмітити, що ступінь модифікуючого впливу індивідуальних елементів-модифікаторів, що розглянуто, значною мірою зростає при комплексному використанні та у більшості випадків модифікування індивідуальним елементом-модифікатором не дозволяє досягти результатів, що були одержані при комплексному модифікуванню.

В результаті проведених досліджень обраний модифікувальний комплекс значно поліпшує структуру та фізико-механічні властивості чавуну: збільшується дисперсність перліту з ПД1,0 до ПД0,5 та ПД0,3, ударостійкість досягає 25-29 разів, а міцність $\sigma_B^{612} - 735-760$ МПа.

УДК 621.74

Д. А. Ковалев, Н. Д. Ванюкова

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ОКАТЫШЕЙ

Для производимых в настоящее время окисленных окатышей характерен целый ряд недостатков, делающих их неконкурентноспособными с агломератом: низкая основность, сегрегация при загрузке в доменную печь, сравнительно низкие свойства при восстановлении в нижней части доменной печи, связанные с усадкой и низкой газопроницаемостью слоя.

Все разработанные до настоящего времени технологии получения углеродсодержащих материалов включали обжиг рудоугольных брикетов или окатышей в нейтральной или восстановительной атмосфере. Применительно

к типовым конвейерным обжиговым машинам это связано с потерей производительности. Ни одна из них не получила распространения. Поиск путей улучшения качества железорудных окатышей привел к техническому решению производства в промышленных условиях самовосстанавливающихся материалов, использование которых в доменной плавке снижает расход кокса и повышает производительность доменной печи.

В Украине существует большой парк обжиговых машин, характеризующихся сравнительной простотой конструкции и технологии получения на них окатышей. Существует также принципиальная возможность перевода этих обжиговых машин на технологии производства окатышей из шихт с добавкой твердого топлива. Обжиговая машина может служить базовым агрегатом для производства самовосстанавливающихся окатышей. Теоретические основы этой технологии включают решение задач, связанных с динамикой тепло-массообменных процессов в слое железорудных окатышей, содержащих углерод. Цель работы заключалась в разработке и оптимизации технологии получения самовосстанавливающихся окатышей и определении их металлургических свойств. Задача совершенствования технологии производства самовосстанавливающихся окатышей сводится к поиску связи между выходными технологическими параметрами и входными параметрами, воздействующими на технологию.

Кинетика нагрева и охлаждения углеродсодержащих окатышей показывает, что с увеличением массовой доли углерода скорость нагрева обратно, а скорость охлаждения прямо пропорциональны ее величине, что объясняется протеканием эндотермических восстановительных реакций, а также теплоемкостями концентрата и коксика.

Для получения самовосстанавливающихся окатышей необходимо, чтобы время термообработки окатышей в диапазоне температур воспламенения и горения углерода было меньше времени полного его «выгорания». Выполнением требования сокращения времени термообработки верхней части слоя было обусловлено прекращение подачи природного газа, что позволило уменьшить время термообработки почти в 2 раза.

Обычный способ охлаждения атмосферным воздухом может привести к дополнительному разогреву слоя за счет горения углерода, что снижает его массовую долю в готовых окатышах и приводит к плавлению слоя. Во избежание этого был теоретически обоснован и практически осуществлен на аглочаше способ охлаждения окатышей, значительно снижающий указанные негативные явления. В результате ступенчатого охлаждения в структуре окатышей сохраняется необходимая массовая доля углерода и достигается высокая степень предварительного восстановления при достаточной прочности окатышей.

Структура самовосстанавливающегося окатыша состоит из четко выра-