

А. К. Тараканов

Национальная металлургическая академия Украины, Днепр

ВОЗМОЖНОСТИ ОСВОЕНИЯ ВНЕДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА

Процессы жидкофазного восстановления (ПЖВ) являются единственной реальной альтернативой традиционной коксо-агло-доменной технологии выплавки чугуна, имея перед ней существенные преимущества:

1. Значительно меньшие капитальные затраты даже без учёта капитальных вложений в строительство аглофабрик и коксохимических заводов.
2. Более низкие текущие затраты за счёт использования дешёвых рудных материалов и любых металлургических отходов, а также дешёвых энергетических углей.
3. Гибкость потенциально многоцелевой технологии, позволяющей, наряду с выплавкой качественного чугуна, производить шлаки любого требуемого состава и газифицировать уголь с получением энергетических газов.
4. Высокая эффективность управления малоинерционной технологией.
5. Меньшее влияние на экологию в связи со значительным сокращением вредных газовых выбросов.

Некоторые технологии ПЖВ (Romelt, Hismelt) освоены уже в промышленном масштабе. Однако мало кто надеется, что в обозримом будущем начнётся массовая замена доменных печей агрегатами жидкофазного восстановления. Пока что во всём мире господствуют идеи совершенствования традиционного коксо-агло-доменного производства. В Европе и в большинстве других регионов не только текущие, но и потенциальные потребности в чугуне обеспечиваются существующими доменными печами, возможно, после их модернизации и реконструкции, что требует минимальных капитальных вложений.

Объективно наиболее благоприятные условия для активного освоения ПЖВ существуют в Украине. Ситуация с сохранением конкурентоспособности металлургической отрасли Украины непрерывно усугубляется. В отрасли нет ни одной аглофабрики с современным технологическим циклом, позволяющим производить стабильный по качеству агломерат. Угольная база и оборудование коксохимических заводов не обеспечивают необходимого качества кокса. Это снижает эффективность доменной технологии, решающим образом определяющей экономику металлургиче-

ского производства в целом. В этих условиях Украина, как никакая другая металлургическая держава, объективно должна быть готова к началу фундаментального прорыва в освоении новых металлургических технологий, не требующих для своей реализации ни агломерата, ни кокса.

Одна из проблем освоения технологий ПЖВ состоит в том, они до сих пор всегда проектировались как полная альтернатива доменному производству. Повысить эффективность ПЖВ и значительно снизить капитальные затраты можно, если первоначально строить агрегат ПЖВ в составе действующего доменного цеха на месте выводимой из эксплуатации доменной печи с использованием её инфраструктуры, в частности – воздухонагревателей для нагрева дутья доменным газом работающих печей. Тогда возможна малоокислородная или даже бескислородная технология, что дополнительно повысит эффективность процесса. Сам агрегат ПЖВ может быть спроектирован с использованием в основном освоенного оборудования доменных и конвертерных цехов.

Оптимизация технологии ПЖВ возможна на основе разработанной нами статической математической модели процесса. В качестве критерия оптимизации можно использовать удельное энергопотребление на выплавку чугуна, но поскольку ПЖВ обеспечивает выработку значительного количества электроэнергии, наиболее логичным и естественным показателем для решения оптимизационной задачи является себестоимость чугуна с ограничениями по объёму капиталовложений. Оптимизационная задача решается автоматически.

Для универсализации модели предусматривается возможность использования нагретого дутья и подачи угля как на поверхность шлака, так и в глубину шлаковой ванны в виде пылеугольного топлива совместно с окислителем. Результаты решения задачи выбора оптимальных параметров процесса жидкофазного восстановления железа зависят главным образом от накладываемых ограничений и соотношения цен на различные энергоносители.

При заданном соотношении цен на уголь и электроэнергию снижение степени дожигания газа в рабочем пространстве агрегата от 0.4 до минимально допустимого, а также повышение концентрации кислорода в горячем дутье от 23 % до 25 % значительно понижают потенциальную себестоимость чугуна в связи с возможным при этом переходе с парового на парогазовый цикл производства электроэнергии.

Отработка технологии управления плавкой в агрегате ПЖВ осуществляется с помощью электронного имитатора, который может достаточно достоверно воспроизводить конкретный процесс в динамике с учётом характера колебаний состава и

свойств шихтовых материалов. Создание такого имитатора потребовало разработки динамической математической модели процесса.

Без использования АСУ с динамическим имитатором ПЖВ в контуре управления обеспечить надёжную работу агрегата жидкофазного восстановления крайне сложно.

УДК 669.715:621.746

Г. М. Трегубенко, Г. В. Трегубенко, Г. А. Поляков, С. М. Підгорний, В. Т. Калінін

Національна металургійна академія України, Дніпро

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАСИЧЕННЯ АЛЮМІНІЄВОГО РОЗПЛАВУ ВОДНЕМ

Основним газом, що розчиняється в алюмінії і сплавах на його основі, є водень. Система газ–метал, як і інші гетерогенні рівноважні системи, підкоряється правилу фаз Гібса, що визначає число фаз, які можуть співіснувати при рівновазі. Згідно правилу фаз Гібса стан такої системи, за наявності трьох компонентів (розчинний газ, метал, нерозчинний газ) і трьох фаз (газ, оксид алюмінію і метал) визначається двома мірами свободи. Таким чином, при рівновазі можуть змінюватися без зміни числа або виду фаз системи два чинники – парціальний тиск водню над металом (P_{H_2}) і температура (T):

$$\lg S = \frac{A}{T} + \frac{1}{2} \lg p_{H_2} + B, \quad (1)$$

де A , B – коефіцієнти, що встановлюються на основі експериментальних досліджень ($A = -2760$, $B = 1,356$).

Відповідно до рівняння (1) зменшення парціального тиску водню в газовій фазі повинне вести до зменшення рівноважної концентрації газу в металі (S). Одночасно аналіз виразу (1) показує, що реальні розчини водню в алюмінії є термодинамічно перенасиченими (вміст водню в атмосфері незначний і складає $5 \cdot 10^{-5}$ % за об'ємом або $\sim 4 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.). Виходячи з цього, розчини водню в алюмінії винні мимоволі і повністю розпадаються, тобто без застосування яких-небудь дегазуючих засобів і способів повинна відбуватися мимовільна дегазація розплаву (наприклад, при 700°C до вмісту водню $< 0,001 \text{ см}^3/100 \text{ г}$).