

4. Вовлечение в процесс восстановления и $(\text{Fe,Cr})_3\text{C}$, термодинамическая активность которого достаточно близка к углероду.

5. Образующиеся атомы Fe замещают атомы Cr в решетке совместного карбида и происходит формирование карбида $(\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x)_3\text{C}_2$.

6. При выполнении указанных выше термодинамических условий (Т и С/О) возможно дальнейшее развитие процесса – восстановление Cr_2O_3 совместным карбидом до $(\text{Cr}_{1-y}\text{Fe}_y)_7\text{C}_3$. Эта стадия сама достаточно сложна т.к. сопровождается параллельным протеканием нескольких реакций: газификация карбида, восстановление оксида хрома и образование нового совместного карбида.

Предложенная нами модель, безусловно, нуждается в детальной проверке как посредством термодинамических расчетов, так и анализа продуктов восстановления на различных этапах.

УДК 621.783.233.2

Е. В. Гупало, О. Л. Ерёмина

Национальная металлургическая академия Украины (НМетАУ),

г. Днепропетровск

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ВОЗДУХА ГОРЕНИЯ В
КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧИ**

Кольцевые печи широко используются для нагрева трубных заготовок перед обработкой давлением. Известно, что одним из способов повышения энергоэффективности печей является обогащение воздуха горения технологическим кислородом. Увеличение содержания кислорода в воздухе горения уменьшает удельный выход продуктов сгорания, в результате чего снижаются потери теплоты с уходящим дымом, увеличиваются коэффициенты использования теплоты топлива и полезного действия печи [1].

С использованием метода математического моделирования выполнены исследования нагрева металла в кольцевой печи при использовании для сжигания топлива атмосферного и обогащенного кислородом воздуха [2].

В качестве объекта исследования выбрана печь производительностью 60 т/ч, предназначенная для нагрева заготовок диаметром до 0,53 м и длиной до 2 м перед прошивкой. Печь отапливается природным газом с теплотой сгорания 35,5 МДж/м³.

Размеры рабочего пространства печи: средний диаметр – 24 м, ширина пода – 4,9 м, высота – 2,04 м. Определены технико-экономические показатели печи при изменении содержания кислорода в воздухе горения в диапазоне 21 – 37 %. Установлено, что максимальная экономия топлива составляет 19,5 % (или 7,68 м³/т) и достигается при содержании кислорода в воздухе горения 37 %. Удельный расход технологического кислорода, обеспечивающий обогащение воздуха до 37 %, составляет 37,66 м³/т.

Разработаны технические решения по переводу кольцевой печи на работу на обогащенном воздухе: выполнен аэродинамический расчет воздушного тракта печи с определением конструктивных параметров кислородопровода; разработана энергоэффективная схема смешивания атмосферного воздуха с кислородом и подогрева воздуха горения в рекуператоре; предложены проектные решения по реконструкции автоматической системы управления технологическим процессом. Ориентировочная сумма капитальных затрат на внедрение мероприятий составляет 9 024 тыс. грн.

Выполнена экономическая оценка эффективности внедрения мероприятия при следующих исходных данных: фактическое время работы печи – 7000 ч/год; цена природного газа – 9005,32 грн/тыс.м³; цена технологического кислорода – 848,4 грн/тыс. м³; дисконтированный период окупаемости – 4 года; ставка дисконта принята равной банковскому проценту платы за кредит – 25 %; норма амортизации – 25 %; величина налога на прибыль – 18 %. При обосновании эффективности проекта реконструкции кольцевой печи использован метод оценки инвестиционных проектов, основанный на методологии дисконтирования денежных потоков.

Как показали расчеты, увеличение содержания кислорода в воздухе с 23 до 37 % обеспечивает изменение снижения себестоимости продукции с 8,75 до 37,21 грн/т и сокращение срока окупаемости мероприятия с 2 лет до 7,2 месяца. Максимальное снижение себестоимости продукции достигается при обогащении воздуха горения кислородом до 37 %. В этом случае реализация проектных решений обеспечивает годовой прирост чистой прибыли – 12815 тыс. грн и ежегодный чистый денежный доход 15035 тыс. грн. Чистая текущая стоимость мероприятия составляет 26483 тыс. грн. Положительное значение этой величины показывает, что предполагаемое мероприятие можно считать экономически эффективным и целесообразным.

Список литературы

1. Карп И. Н. Использование кислорода и обогащенного кислородом воздуха в нагревательных печах, колодцах, стендах разогрева сталеразливочных ковшей / И. Н. Карп, А. Н. Зайвый, Е. П. Марцевой, К. Е. Пьяных // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – № 3. – С. 18-29.

2. Гупало Е. В. Использование технологического кислорода в нагревательных печах трубопрокатного цеха / Е. В. Гупало, А. С. Строменко, В. В. Яшный // *Металургія* : Збірник наукових праць. Вип. 1 (35). – Запоріжжя, ЗДІА, 2016. – С. 84-87.

УДК 66.067.8

Е. Л. Дан, А. Е. Капустин

ГБУЗ "Приазовский государственный технический университет", г. Мариуполь

ПЕРСПЕКТИВЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ

В настоящее время экологическая проблема мирового масштаба – это ухудшение качества поверхностных вод, которые, в первую очередь являются основным источником водоснабжения для населения и функционирования предприятий различной направленности [1].

Донецкая область является одним из наиболее неблагополучных в экологическом отношении регионов не только Украины, но и Европы. Это объясняется наличием большого количества предприятий тяжелой промышленности, а в первую очередь металлургических. Общее количество выбросов загрязняющих веществ предприятиями составляет 1580 тыс. тон/год или 38 % от общего объема по Украине. Общий объем сбрасываемых в поверхностные водные объекты сточных вод составляет около 1600 млн. м³/год, а сброс недостаточно очищенных сточных вод 630 млн. м³/год [2]. Такие показатели объясняются высокой степенью износа и устаревшим оборудованием, которое используется в производственных процессах, в том числе для очистки сточных вод, а также острой необходимостью внедрения новых технологий, которые, как правило, являются дорогостоящими в реализации и эксплуатации.

В зависимости от специфики производства, в состав сточных вод может входить широкий спектр органических и неорганических загрязняющих веществ. Для