

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ II

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 – 18 мая 2017 г.*

выпуск 21

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк
2017**

ББК 74.580.268
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор М.В. Темлянцев,
д-р хим. наук, профессор В.Ф. Горюшкин,
д-р физ.- мат. наук В.Е. Громов,
д-р геол. - минерал. наук, профессор Я.М. Гутак,
д-р техн. наук, профессор В.Н. Фрянов,
канд. техн. наук доцент В.В. Чаплыгин,
д-р техн. наук, профессор Г.В. Галевский,
канд. техн. наук С.В. Фейлер,
д-р техн. наук, доцент А.Р. Фастыковский,
д-р техн. наук, профессор Н.А. Козырев,
канд. техн. наук, доцент С.Г. Коротков

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения:
труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под
общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр
СибГИУ, 2017. - Вып. 21. - Ч. II. Естественные и технические
науки. –440 с., ил.- 113, таб.- 77.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Вторая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных и технических наук: химии, физики, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

III. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 669.054.8:519.87

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В УСЛОВИЯХ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ОКУСКОВАНИЯ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАМОВ

Кузнецов С.Н., Неунывахина Д.Т.

**Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Протопопов Е.В.,
д-р техн. наук, профессор Темлянец М.В.,
канд. техн. наук, доцент Рыбенко И.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: uchebn_otdel@sibsiu.ru*

В работе с использованием программного комплекса «Терра» проведено термодинамическое моделирование восстановления железа при производстве железокоса с применением адсорбционного обезвоживания и термохимического окосования конвертерных шламов.

Ключевые слова: восстановление железа, адсорбционное обезвоживание, термохимическое окосование конвертерные шламы.

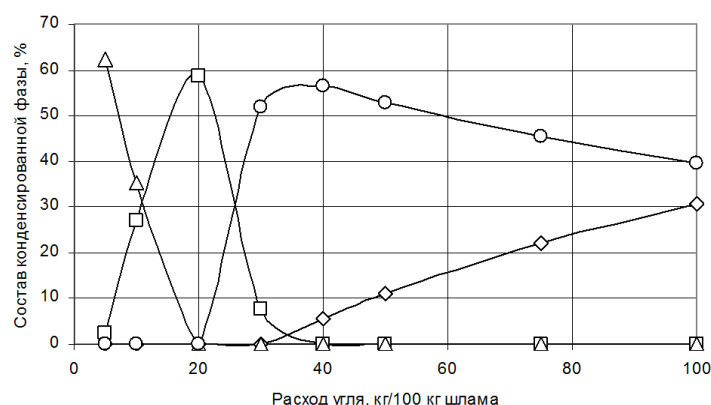
В настоящее время в сталеплавильном производстве широкое применение при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах и конвертерах получили подготовленные шихтовых материалы, характерными представителями которых являются синтиком и оксидно-угольные брикеты [1]. Подготовленные шихтовые материалы представляют собой композиции из Fe-C-O содержащих природных и техногенных материалов, в том числе окалины, шламов, плавильной пыли, коксовой мелочи и т.п. [2, 3].

К одной из разновидностей подготовленных или композиционных шихтовых материалов можно отнести железокос и железокосовые брикеты [4, 5]. Концепция производства железокоса разработана еще в 30-х годах прошлого века и была ориентирована на спекание железорудной пыли, не пригодной для плавки в доменных печах, с жирным или битуминизированным углем в коксовых батареях. Железокос можно классифицировать как Fe-C композицию, прошедшую тепловую обработку вне плавильного агрегата. Железокос композиционный материал, содержащий в основном восстановленное железо и углерод. В работе [6] представлены результаты разработки основ технологии производства железокоса с применением адсорбционного обезвоживания и термохимического окосования конвертерных шламов. Финальной стадией производства железокоса по такой технологии является термохимический способ окосования шлама в процессе его коксо-

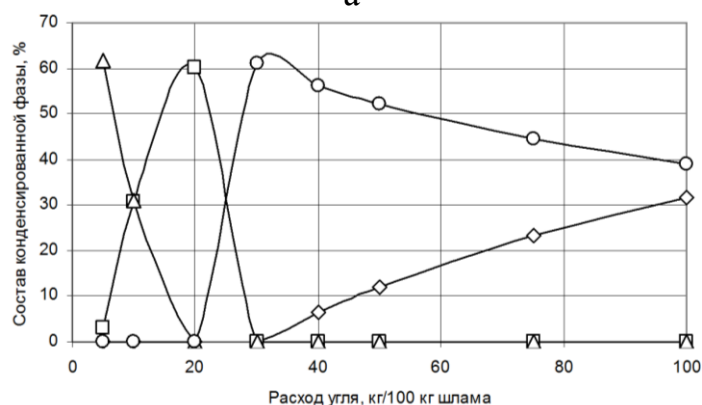
вания в смеси со спекающимися углями, который обеспечивает восстановление железа из его оксидов. При этом практический интерес представляет определение термодинамических условий, необходимых для восстановления железа и границ концентрационных областей, позволяющих рационализировать состав сырьевой смеси и температурный режим процесса.

В данной работе с использованием программного комплекса «Терра», созданного в Московском государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана [7], проведено математическое моделирование термодинамики процессов восстановления железа из конвертерных шламов.

В работе проведено исследование процесса восстановления железа из конвертерного шлама различными восстановителями, составы которых представлены в работе [6, 8]. Исследование влияния расхода восстановителя на параметры процесса проводили в модельной системе, представленной 100 кг конвертерного шлама. Количество угольного концентрата варьировали в диапазоне значений 5 – 100 кг. При температуре 1100 °С рассчитывали равновесные составы. Результаты расчетов для процесса восстановления концентратами ЦОФ «Кузнецкая» ГЖ+Ж и марки Ж Межэгейского месторождения приведены на рисунках 1 а, б соответственно.



а



б

Рисунок 1 – Зависимость состава конденсированной фазы процесса восстановления конвертерного шлама от расхода концентрата углей марок ГЖ+Ж Кузнецкой ЦОФ (а), Ж Межэгейского месторождения (б)
(◇ – C, □ – Fe, Δ – FeO, ○ – Fe₃C)

Результаты математического моделирования показали, что исследуемые концентраты как восстановители имеют аналогичные свойства, которые определяются их составом, полное восстановление железа происходит при расходе угольного концентрата 20 кг / 100 кг шлама. При этом значении содержание восстановленного железа максимально и для концентрата ЦОФ «Кузнецкая» ГЖ+Ж составляет 58,5 %, а марки Ж Межэгейского месторождения – 60,1 %. Оксид железа отсутствует. При увеличении расхода восстановителя концентрация железа снижается и растет содержание его карбида. При расходе концентрата ЦОФ «Кузнецкая» ГЖ+Ж 40 кг / 100 кг шлама, концентрация карбида железа максимальна и составляет 56,4 %. Для концентрата марки Ж Межэгейского месторождения максимальное содержание карбида кремния составляет 61 % при его расходе 30 кг / 100 кг шлама. Затем, при дальнейшем увеличении расхода восстановителя содержание карбида снижается за счет разбавления конденсированной фазы из-за избытка углерода в системе. Газовая фаза состоит преимущественно из СО. Таким образом, для полного восстановления железа необходимы температуры не ниже 900 °С, минимальный расход угольных концентратов из углей марок ГЖ и Ж Кузнецкой ЦОФ и Ж Межэгейского месторождения аналогичен и составляет 20 кг / 100 кг конвертерного шлама.

При необходимости получения железокоса с регламентированным содержанием углерода С, % удельные расходы М, кг / 100 кг шлама угольных концентратов могут быть определены по соотношениям:

– для смеси углей марок ГЖ и Ж Кузнецкой ЦОФ

$$M = 21,94 + 1,68C + 0,02C^2 \quad (1)$$

– Ж Межэгейского месторождения

$$M = 21,62 + 1,52C + 0,02C^2. \quad (2)$$

Выводы: Установлено, что при использовании в качестве восстановителей концентратов ЦОФ «Кузнецкая» (состоящего из углей марок: газовый жирный (ГЖ) 50 % и жирный (Ж) 50 %) и угля марки Ж Межэгейского месторождения полное восстановление железа происходит при их расходе 20 кг / 100 кг шлама и температурах не ниже 900 °С.

Библиографический список

1. Шахпазов Е.Х., Дорофеев Г.А. Новые синтетические композиционные материалы и технология выплавки стали с их использованием. – М.: Интерконтакт Наука, 2008. – 272 с.
2. Черепанов К.А., Абрамович С.М., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н. Рециклинг твердых отходов в металлургии. – М.: Флинта: Наука, 2004. – 212 с.
3. Кузнецов С.Н., Волынкина Е.П., Протопопов Е.В., Зоря В.Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2014. – 294 с.

4. Ульянов В.П., Булавин В.И., Бутенко А.Н. Термическая переработка нефть- и железосодержащих промышленных отходов с получением товарной продукции // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – № 3. – С. 48 – 53.

5. Тайц Е.М. Кокс и железокс на основе брикетирования. – М.: Металлургия, 1965. – 173 с.

6. Разработка основ технологии адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов / М.Б. Школлер, Е.В. Протопопов, С.Н. Кузнецов, М.В. Темлянцев, В.П. Иванов // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. – 2016. Вып. 37. – С. 46 – 53.

7. Трусов Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III межд. симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 – 26 августа 2005. Алматы, Казахстан. – Алматы : Казак университеті, 2005. – С. 52 – 57.

8. Кузнецов С.Н., Рыбенко И.А., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Фейлер С.В. Термодинамическое моделирование процессов восстановления железа при термохимическом окусковании конвертерных шламов // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 1. – С. 25 – 28.

УДК 669.18.046

РАЗРАБОТКА ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНДОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАЗОГРЕВА ФУТЕРОВОК СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Запольская Е.М.

Научные руководители: д-р техн. наук, доцент Феоктистов А.В.

д-р техн. наук, профессор Темлянцев М.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: uchebn_otdel@sibsiu.ru*

В работе получен новый показатель – удельный расход условного топлива, затрачиваемого на тепловую обработку тонны стали, характеризующий тепловую эффективность работы стендов высокотемпературного разогрева футеровок сталеразливочных ковшей.

Ключевые слова: стенды разогрева, тепловая эффективность.

В настоящее время на металлургических предприятиях для высокотемпературного разогрева футеровок сталеразливочных ковшей перед приемом расплава в основном применяют стенды, отапливаемые газом. В соответствии с классификационными признаками стенды высокотемпературного разогрева представляют собой тепловые аппараты, входящие многообразие

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ И НАУКИ

Часть II

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Выпуск 21

Под общей редакцией

М.В. Темлянцева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

Подписано в печать

Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 25,8 Уч.-изд. л. 28,2. Тираж 300 экз. Заказ №

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Издательский центр СибГИУ