

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ



**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

приоритет2030⁺
лидерами становятся

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ
УГЛЕВОДОРОДНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ**

Материалы
XIII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(г. Иркутск, 19–20 апреля 2023 г.)

Сборник материалов



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета
2023



СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ №1. Прогрессивные технологии и физико-химические основы повышения эффективности металлургических производств

Г.М. Михайловский. Моделирование процесса аддитивного выращивания деталей с использованием программного комплекса SimufactWelding.....	9
И.А. Сысоев, С.В. Лутчиков. Разработка мероприятий, направленных на повышение срока службы футеровки индукционных печей, на примере Богучанского алюминиевого завода.....	12
Е.Е. Занин, В.А. Лях, А.А. Зайцева. Челябинский цинковый завод – единственный производитель металлического цинка в России.....	15
И.Д. Матвиенко, Д.Д. Щеплякова, А.Н. Баранов. Технология повышения сорбции углей путем изменения емкости двойного электрического слоя.....	18
А.П. Кондратенко, М.Ю. Кузьмина. Печи, применяемые на участке литья цветных металлов литейного цеха металлургического производства авиастроительного предприятия.....	21
М.И. Васильев, А.А. Тютрин, К.С. Бушуев. Проблема образования коксовой пыли при производстве алюминия и оценка возможности ее брикетирования.....	24
Н.В. Немчинова, А.В. Плакущий, В.С. Коршунов. Современные тенденции применения углеродных материалов в производстве металлургического кремния.....	28
В.В. Грудинина, М.П. Кузьмин. Перспективы утилизации мелкодисперсных отходов алюминиевого производства.....	32
М.П. Кузьмин, Ю.А. Хаблак. Получение силуминов методом индукционной плавки кремнийсодержащей шихты под слоем криолита.....	35
Н.В. Немчинова, О.Н. Логинов, И.С. Леонов. Требования к анодам электролизеров при производстве алюминия.....	38
В.В.Грудинина, М.П. Кузьмин. Перспективные направления утилизации катодной футеровки алюминиевых электролизёров.....	41
Э.А.Самаев, Т.С. Минеева. Сорбция золота и серебра из цианистых растворов и пуль. Зарубежный опыт.....	44
Д.А. Бегунов, А.А. Бегунов.Воздействие металлургического производства на объекты среды.....	46

С.А. Демидов, А.В. Аксенов. Перспективные направления переработки золотосодержащих руд, обладающих сорбционной активностью.....	50
В.С.Лепихов, Ю.В. Ильина, А.А. Марденова, И.В.Ноздрин. Исследование возможности переработки оксида вольфрама в плазменном реакторе.....	54
Е.А. Мартусевич, Д.А. Гавриленко, В.О. Митягин, И.В. Ноздрин. Оптимизация технологии получения алюминиевых сплавов на основе информационно-обучающей системы «Алюминщик».....	57
Г.А. Ломтиков, Т.А. Пескова, Т.С. Минеева. Интенсивное цианирование гравиоконцентратов на модуле «АВГУСТ».....	61
Л.М. Данилин, Т.Н. Луговицкая, Д.А. Рогожников. Поверхностное натяжение растворов ПАВ в азотнокислой среде и перспективы их использования при выщелачивании сырья цветных металлов.....	64
О.А. Полях, И.В. Ноздрин, Н.Ф. Якушевич, Е.Н. Чернева, А.А. Хорощенко. Особенности восстановительных процессов при производстве ферросилиция.....	67
О.А. Полях, И.В. Ноздрин, Н.Ф. Якушевич, С.А. Сюльдина, М.А. Ядыкина. Особенности механизма синтеза карбида кремния в печах сопротивления.....	70
О.А. Полях, И.В. Ноздрин, И.В. Строкина, Е.С. Безрукова, Е.Н.Чернева. Термодинамические условия интенсификации восстановления железорудного сырья.....	73
А.А. Бабинцев, Д.И. Головкин, Д.А. Рогожников. Исследование влияния скорости подачи хлора на процесс хлорирования бадделеитового концентрата.....	76
И.М. Чикичев, Н.В. Немчинова. Современное состояние алюминиевой промышленности.....	79
О.Ю. Маковская, Л.В. Соколов, О.В. Чемезов, А.В. Лукинских. Извлечение скандия из трудновоскрываемых титано-магнетитовых руд.....	82
Д.И. Блудова, С.В. Мамяченков, А.Д. Михайловских, Б.К. Мочалов, А.С.Ханжина. Извлечение металлов при переработке пыли медеплавильного производства.....	85
Э.О. Воронич. Обзор технологии печати гибридным металлполимерным филаментом.....	89

СЕКЦИЯ № 2. Актуальные проблемы химии и химической технологии

- Д.С. Васильченко, Е.В. Янчуковская. Повышение биодоступности лекарственных препаратов методом образования солей.....91**
- А.А. Логвин, Е.В. Янчуковская. Математическая модель и алгоритм расчета поверхностных теплообменных аппаратов.....94**
- Л.В. Хогоева, А.А. Яковлева. Особенности адгезионных взаимодействий на поверхности стали с антикоррозионным покрытием на основе стирол-акриловых латексов.....96**
- Р.Д. Саидов, Н.Д. Губанов. Установка концентрирования водного раствора аммиака.....99**
- В.А. Рыбалко, Т.В. Сауло. Химико-аналитическое исследование определения содержания йода в рассоле с устранением мешающего влияния броматов.....102**
- З.А. Зомберг, В.Ю. Конюхов. Современное состояние и перспективы развития процесса каталитического крекинга нефтяного сырья.....105**
- О.В. Белозерова, А.А. Турусин, А.А. Шовкомуд. Перспективы применения углеродистых остатков в качестве добавок к пластичным смазкам.....107**
- О.Ю. Григорьева. Новые возможности современных мембран.....110**
- А.В. Багдужева, Ю.А. Айзина. Применение твердых дисперсных систем для повышения биодоступности лекарственных веществ.....113**
- Т.Н. Буханова, С.Г. Дьячкова, Е.Б. Ковалева. Исследование методов обессеривания нефтепродуктов.....116**
- В.В. Мельников, В.А. Крыжников. Каталитический риформинг, химизм, основные технологические параметры.....119**
- К.А. Россов. Разновидности установок испарения сжиженных углеводородных газов.....122**
- Д.В. Бережная, В.В. Баяндин. Производство этил-трет-бутилового эфира на базе установки метил-трет-бутилового эфира.....125**
- А.О. Монтошкинова, В.В. Баяндин. Способы осушки попутного нефтяного газа.....128**
- А.Б. Чимитдоржиева, Т.А. Подгорбунская. Соответствие физико-химических свойств товарных масел значениям производителей....131**
- Е.Б. Дульбеева, Т.А. Подгорбунская, А.Б. Чимитдоржиева. Катализаторы процесса каталитического крекинга.....134**

А.М. Адушинова, Ю.А. Айзина. Оценка возможности альтернативных методов очистки от сероводорода и меркаптанов в АО «АНХК».....	137
Л.Б. Дамбиева, В.В. Баяндин. Модернизация установки комплексной подготовки нефти.....	140
М.В.Сулицкая, Н.Б. Алимов, А.А. Чайка. Проблема загрязнения окружающей среды при производстве бутиловых спиртов.....	142
М.В.Сулицкая, Д.А. Павлова, М.Е.Мостовская, А.А. Чайка. Жидкое биотопливо из древесных отходов в России, его способ получения и преимущества.....	145
С.Д. Тишин, А.В. Селезнев. Разработка устойчивых водных дисперсий твёрдых радикальных инициаторов с целью их применения в суспензионной полимеризации винилхлорида.....	148
А.Н. Петрова, Л.А. Бегунова. Определение поллютантов в свалочном фильтрате.....	150
Н.С. Назаров, Г.В. Боженков. Каталитическая депарафинизация средних дистиллятов.....	153
В.А.Фрейнд, А.А. Яковлева. Сравнение поглощительных качеств природных и промышленных адсорбентов по отношению к эмульсиям нефтепродуктов.....	156
С.Н. Евсеева, О.В. Белозерова. Фритюрное масло как основа загустителя пластичных смазок.....	159
Т.К. Касиров, Ю.А. Айзина, Д.О. Ткачук. Оценка качества воды в источниках водоснабжения.....	163
А.И. Прокофьев, В.В. Баяндин. Борьба химическим способом с солеотложениями гипса в трубопроводах и другом оборудовании при добыче нефти.....	166
Ю.М. Коньков, В. В. Баяндин. Проблема выбора катализаторов при риформинге.....	169
В.И. Дударев, Ю.И. Коконова, Д.И. Дударев, Л.Д. Лиховид, М.А. Давыдова. Сорбционное взаимодействие ионов никеля(II) с углеродными материалами.....	172

СЕКЦИЯ № 3. Интенсификация, контроль и автоматизация технологических процессов

А.Е. Рыбин, Ю.Э. Голодков. Автоматизация процесса контроля качества продукции фармацевтических лабораторий.....	174
---	-----

Ю.В. Карасёва, Ю.Э. Голодков. О системе автоматического мониторинга микроклимата на складах фармацевтического производства.....	177
Т.В. Батурицкий, Ю.Э. Голодков. О развитии адаптивных систем управления технических объектов в условиях неопределенности.....	180
Н.А. Сизых, П.Р. Ершов. Современные средства автоматизации как способ повышения показателей качества производства.....	182
А.В. Дулов, А.О. Ващенко, С.И. Половнева, Е.А. Анциферов. Цифровая трансформация метрологического обеспечения предприятий	185
М.Д. Коробов, П.Р. Ершов. Дополнительное охлаждение газотурбинных агрегатов.....	188
П.Р. Ершов, А.И. Жданов. Теоретические аспекты управления процессом сушки ПВХ.....	190
Д.С. Фалилеев, А.Е. Овсюков. Процесс флотации как объект управления.....	193
К.Е. Пежемский, Е.А. Овсюков. Выбор российского программируемого логического контроллера.....	196
В.Н. Лузгин, Е.А. Овсюков. Применение среды Simintech при имитации систем управления технологическими процессами.....	198
К.А. Россов, О.В. Лазарева. Кожухотрубный испаритель СУГ как объект управления.....	201
К.Д. Миниханов, А.Е. Овсюков. Разработка систем диспетчеризации транспортных средств в рамках нефтегазовых месторождений.....	205
А.А. Лисицына, В.В. Ёлшин, А.П. Миронов. Алгоритм идентификации математической модели кинетики сорбции золота активированным углем в замкнутом объеме.....	208
М-О.В. Гармаев, Е.А. Гусева. Патентный обзор технологического оборудования, применяемого для производства растительных масел.....	213
З.А.Зомберг, В.Ю. Конюхов. Инновационные способы повышения экологичности подземных газгольдеров.....	216
И.А.Борисов, И.Л.Ильина. Разработка виртуального стенда по поверке расходомеров.....	220
А.А. Терентьева, Д.А. Золотухин, Е.А. Овсюков. Разработка требований к системе управления лабораторной информацией.....	223

К.В. Черниговский, В.М. Салов. Разработка новой модели управления температурой в кубе колонны стабилизации бензина на базе нечеткой логики.....	226
С.А. Сапунова, С.И. Половнева, А.А. Подкорытов, Д.А.Маклецов. К вопросу импортозамещения в области автоматизации технологических процессов.....	229
А.А. Большедворский, О.В. Лазарева. Система ПАЗ рециркуляционной колонны установки получения линейных альфа-олефинов.....	233

СЕКЦИЯ № 4. Менеджмент систем качества

П.А. Лончих, Хэ Цзе Дун, Н.П. Лончих, А.В. Федотова. Разработка, внедрение и сертификация систем менеджмента качества на основе требований стандарта ISO 9001:2015 на примере компании Shenyang Vona Titanium Technology Co., Ltd, Китай.....	237
А.О. Ли. Цифровизация управления качеством.....	242

СЕКЦИЯ № 5. Инноватика в технологиях и управлении

Л.Д. Лиховид, А.А. Яковлева. Инновационные технологии в «физической химии».....	246
Б.Т. Дякив, А.С. Бовкун. Инновации в области аккумуляторных технологий.....	248
П.А. Дудина, А.С. Бовкун. Инновации и прорывные технологии в энергетике.....	252
П.А. Дудина, О.А. Шишлянникова. Инновационная технология преобразования углекислого газа в топливо.....	256
Б.Т. Дякив, О.А. Шишлянникова. Инновационные технологии в энергетике.....	259
А.В. Синицин, О.М. Сафонова, Т.А. Опарина. Производственные издержки и критический объем производства в машиностроительной отрасли.....	263

2. Якушевич, Н.Ф. Термодинамическая модель углетермического производства карбида кремния / Н.Ф. Якушевич, С.Ф. Павлов // Сб. науч. трудов «Кремнистые ферросплавы». – М., Metallurgia, 1988. – С. 100-106.
3. Якушевич, Н.Ф. Физико-химические взаимодействия в руднотермических печах при плавке кремния / Н.Ф. Якушевич, О.А. Коврова // Изв. вузов. Черная металлургия. 1997. №8. – С. 3–8.
4. Якушевич, Н.Ф. Механизм межфазных взаимодействий в ванне ферросилициевой печи / Н.Ф. Якушевич, О.А. Коврова, Г.В. Галевский, И.М. Кашлев // Компьютерные методы в управлении электротехнологическими режимами руднотермических печей : матер. Всерос. науч.-техн. совещ. – Санкт - Петербург : С-ПтТИ, 1998. – С. 59 - 65.
5. Полях, О.А. Анализ физико-химических процессов образования и исследование свойств микрокремнезема/ О.А. Полях, Г.В. Галевский, Н.Ф. Якушевич // Вестник ГМС РАЕН. Отделение металлургии. Москва – Новокузнецк: СибГИУ. 2015. Вып. 15. – С. 49–55.

УДК 669.041

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

О.А. Полях¹, И.В. Ноздрин², И.В. Строкина³, Е.С. Безрукова⁴, Е.Н. Чернева⁴

¹к.т.н., доцент кафедры МЦМиХТ ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

²д.т.н., профессор кафедры МЦМиХТ ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

³к.т.н., ст. преподаватель кафедры МЦМиХТ ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

⁴магистрант гр. ММХТ-22, ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

В современной металлургической промышленности при использовании в шихте металлизированного железорудного сырья, процесс восстановления оксидов железа в 85% случаев осуществляется конвертированным природным газом, состоящим, в основном, из СО и Н₂. Соответствующие установки газофазного восстановления требуют дополнительных конструктивных затрат, связанных с каталитическим конвертированием и подводом газа-восстановителя. Оптимальную восстановительную газовую среду можно создать при углеродотермическом восстановлении с добавлением в газовую фазу определенного количества водорода. Твердый углерод в этом случае

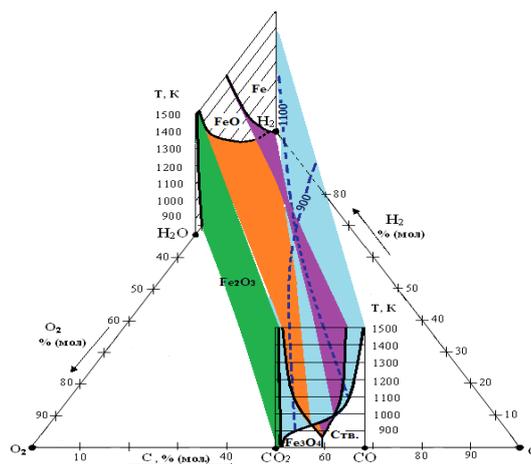
играет роль регенератора CO и H₂. Такой режим может быть обеспечен при применении в качестве восстановителей полукоксов бурых или длиннопламенных углей, торфа или тощих и слабоспекающихся углей – наиболее дешевых и недефицитных материалов с большим содержанием летучих.

Хорошо изучены закономерности восстановления оксидов железа в отдельных системах Fe-C-O и Fe-O-H [1], а термодинамические показатели комплексной системы Fe-C-O₂-H₂ до сих пор полностью не изучены. В связи с этим целью настоящей работы является определение термодинамических параметров полного и неполного восстановления оксидов железа в системе Fe-C-O₂-H₂.

Обобщение имеющегося материала по количественным характеристикам равновесия реакций восстановления оксидов железа в отдельных системах Fe-C-O и Fe-C-H, показало, что изменения термодинамических характеристик прочности оксидов железа в сложной системе Fe-C-O₂-H₂ закономерны и протекание реакций окисления и восстановления зависит от таких термодинамических параметров как температура, давление, состав газовой фазы [2].

В работе представлен анализ результатов расчетов фазово-химических равновесий в системе Fe-C-O₂-H₂, выполненных при помощи программного обеспечения MathCAD по методике термодинамического расчета равновесного состава для случая постоянства температуры и давления [3 - 4].

Результаты анализа представлены на рисунке 1, в виде комплексной диаграммы фазово-химических равновесий, на которой в координатах температура – состав газовой фазы выделены объёмные области существования отдельных твердых фаз (C_{ТВ}, Fe₂O₃, Fe₃O₄, FeO, Fe), сосуществующих с газовой фазой, состав которой представляется на треугольнике концентраций в координатах C_{ТВ}-H₂-O₂ (% , мол). Разделяющие эти области поверхности представляют трехфазные равновесия (Fe-FeO-газ, FeO-Fe₃O₄-газ, Fe₃O₄-Fe₂O₃-газ, Fe-C_{ТВ}-газ), а линии их пересечения – соответствующие четырехфазные равновесия (Fe₃O₄-FeO-C_{ТВ}-газ, FeO-Fe-C_{ТВ}-газ).



- равновесная трехфазная поверхность $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_3\text{O}_4$ - газ;
- равновесная трехфазная поверхность $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{FeO}$ - газ;
- равновесная трехфазная поверхность $\text{FeO} - \text{Fe}$ - газ;
- равновесная трехфазная поверхность $\text{Fe} - \text{C}_{\text{тв.}}$ - газ;
- изотермы поверхности углеродоотложения

Рисунок 1 - Диаграмма равновесий в системе Fe-C-O₂-H₂

В газовой фазе, содержащей CO, CO₂, O₂, H₂ и H₂O, на довольно широком интервале изменяются состав и свойства газовых смесей от окислительной атмосферы с преимущественным содержанием CO₂ (H₂O) до восстановительной, в которой преобладает CO (H₂). Охарактеризовать состав и окислительно-восстановительные свойства газовой фазы системы Fe-O₂-C-H₂ возможно при помощи величины кислородного потенциала.

В таблице 1 количественно оценено изменение значений lg pO₂ в зависимости от концентрации водорода в системе.

Можно отметить, что при температуре ниже 1000 К и содержании водорода в системе более 50% восстановительные свойства атмосферы увеличиваются, в основном, за счет протекания реакций с участием водорода, так как изменение отношения концентрации CO к CO₂ сравнительно малы. Вблизи температуры 1100 К равновесный состав газовой фазы изменяется в сторону больших величин CO/CO₂. Для достижения термодинамически наилучших показателей восстановления, достаточная концентрация водорода в газовой фазе системы Fe-O₂-C-H₂ составляет 10-40 %. Дальнейшее увеличение содержания H₂ в газовой фазе не влияет на термодинамику восстановительного процесса.

Таблица 1 - Изменение значений lg pO₂, в %, в зависимости от количества водорода в газовой фазе C-O₂-H₂ и температуры

Концентрация H ₂ в газовой фазе C-O ₂ -H ₂ , % моль	Температурный интервал, К	Уменьшение lg pO ₂ , в %
20	1300-1500	2,0
30	1200-1400	2,5
40	1100-1200	2,7
50	1000-1100	3,0

60	900-1000	6,0
70	800-900	8,0
80	700-800	10,0

Выводы:

1. Рассчитана и построена диаграмма фазово-химических равновесий в системе Fe-O₂-C-H₂.

2. Охарактеризованы окислительно-восстановительные свойства газовой фазы системы Fe-O₂-C-H₂ посредством изменений значений кислородного потенциала, выраженного через lg pO₂.

3. Установлено, что увеличение концентрации водорода до 40% в газовой фазе повышает эффективность углетермического восстановления оксидов железа, а также снижает температуру начала восстановления.

Список источников:

1. Филиппов, С.И. Теория металлургических процессов / С.И. Филиппов - М. : Металлургия, 1967. - 280 с.
2. Якушевич, Н.Ф. Определение параметров окислительно-восстановительных процессов в системе Fe-C-O₂-H₂ / Н.Ф. Якушевич, И.В. Строкина, О.А. Полях // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2011. - № 8. - С. 13-18.
3. Страхов, В.М. Получение металлизированных окатышей с использованием бурого угольного полукокса / В.М. Страхов, А.Е. Аникин, И.В. Строкина, Н.Ф. Якушевич, Феоктистов А.В. // Кокс и химия. 2015. - № 1. - С. 20 – 25.
4. Якушевич, Н.Ф. О возможности интенсификации процесса металлизации железорудного сырья / Якушевич Н.Ф., Строкина И.В., Полях О.А., Ноздрин И.В., Безрукова Е.С., Ноздрин Е.В. // Металлургия: технологии, инновации, качество «Металлургия – 2022»: сб. тр. XXIII Междунар. науч.-практ. конф. Часть 1. – СибГИУ. – Новокузнецк, 2022. – С. 162 – 168.

УДК 669.296

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ ХЛОРА НА ПРОЦЕСС ХЛОРИРОВАНИЯ БАДДЕЛЕИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

А.А. Бабинцев¹, Д.И. Головкин², Д.А. Рогожников³

¹ лаборант-исследователь Научной лаборатории перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов, ИНМТ, ФГАОУ ВО «УрФУ», г. Екатеринбург, e-mail: babintsev.a.a@yandex.ru.

² младший научный сотрудник Научной лаборатории перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов, ИНМТ, ФГАОУ ВО «УрФУ», г. Екатеринбург, e-mail: dmitry.golovkin@urfu.ru.