

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 поглотительных 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. Лонцих, Хэ Цзе Дун, Н.П. Лонцих, 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

[4].Szymczyk K., Zdziennicka A., Jańczuk B. Adsorption and aggregation properties of some polysorbates at different temperatures// Journal of solution chemistry. 2018. V 47. P. 1824-1840.

УДК 669.168.782.046

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

О.А. Полях¹, И.В. Ноздрин², Н.Ф. Якушевич³, Е.Н. Чернева⁴, А.А.
Хорощенко⁴

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

³д.т.н., профессор 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

Технология плавки ферросилиция в руднотермических печах аналогична выплавке кремния. Основное отличие заключается во введении в шихту железной стружки, что приводит к значительным изменениям технологического режима и структуры схемы физико-химических взаимодействий в ванне печи. Схемы механизма взаимодействий, протекающих при получении ферросилиция подробно систематизированы и описаны в работах [1- 3] . Целью настоящей работы является ее дополнение за счет новых данных, полученных экспериментальным и расчетным путем.

Наиболее важной особенностью по сравнению с плавкой кремния является появление жидкого металлического расплава при низких температурах (≤ 1600 К), что обуславливает: изменение последовательности протекания химических реакций; увеличение их скорость за счет роста межфазной реакционной поверхности; ускорение доставки компонентов в реакционную зону путем диффузии через жидкий металлический расплав; растворение карбидных пленок, образующихся на поверхности и в порах углеродистого восстановителя и затрудняющих доставку монооксида кремния к атомам углерода.

Появляются новые физико-химические процессы, такие как растворение углерода в металлическом расплаве, взаимодействие железоуглеродистого расплава с карбидом кремния, приводящее к его разрушению и переходу кремния и углерода в металлический расплав, с монооксидом кремния газовой фазы с восстановлением кремния и

3 Твердофазное контактное взаимодействие кварцита с коксом, результатом которого является газификация диоксида кремния.

4-5 Контактное взаимодействие углерода, растворенного в металлическом расплаве, с кремнекислородным расплавом или твердым кварцитом с восстановлением кремния и переходом его в металлический расплав.

6 Взаимодействие металлического расплава с монооксидом кремния газовой фазы с восстановлением кремния и переходом его в металлический расплав.

7 Взаимодействие восстановленного кремния с кремнекислородным расплавом с образованием газообразного монооксида.

8-9 Взаимодействие образовавшегося на поверхности кусков кокса карбида кремния с железом расплава (8) и его парами (9), в результате которого происходит разрушение карбида.

10 Плавление оксида кремния с переходом его в кремнекислородный расплав.

11-13 Расслоение кремнекислородного расплава с выделением из него расплава, обогащенного примесями (CaO, Al₂O₃ и др.), и жидкого кремния с возможным переходом его в пар (12) и железокремниевый расплав (13).

14 Взаимодействие кремнекислородного расплава с карбидом кремния с образованием кремния, растворяющегося в ферросплаве, и монооксидов кремния и углерода.

15 Взаимодействие монооксида кремния с карбидом.

16 Диссоциация карбида кремния в зоне высоких температур (выше 2800 К) с образованием паров кремния и твердого углерода.

17-18 Испарение карбида кремния с последующим взаимодействием его паров с кремнием и другими компонентами газовой фазы с образованием молекул Si₂C, SiC₂ и др.

19 Испарение кремния из металлического расплава в подэлектродном пространстве и последующая конденсация пара кремния на стенках реакционного тигля.

20 Испарение железа в зоне электрических дуг и конденсация его паров вблизи поверхности реакционного тигля.

21 Вторичные процессы конденсации монооксида кремния в зоне низких температур.

Список источников:

1. Особенности физико-химических процессов, протекающих в ванне электропечи при производстве ферросилиция / Якушевич Н.Ф., Полях О.А., Ноздрин И.В. [и др.] // *Металлургия: технологии, инновации, качество «Металлургия – 2022»*: сб. тр. XXIII Междунар. науч.-практ. конф. Часть 1. – СибГИУ. – Новокузнецк, 2022. – С. 168 – 175.

2. Якушевич Н.Ф. Механизм межфазных взаимодействий в ванне ферросилициевой печи / Н.Ф. Якушевич, О.А. Коврова, И.М. Кашлев // Компьютерные методы в управлении электротехнологическими режимами руднотермических печей : Материалы Всероссийского науч. - техн. совещания. – Санкт - Петербург : С-ПтГИ, 1998. – С. 59 – 65.

3. Полях О.А. Физико-химические процессы пылеобразования при выплавке ферросилиция // О.А. Полях, Г.В. Галевский, Н.Ф. Якушевич [и др.]. // Сб. науч. тр.: Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии / СибГИУ. - Новокузнецк, 1999. - Вып. 8.- С. 41-45.

УДК 662.732

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА СИНТЕЗА КАРБИДА КРЕМНИЯ В ПЕЧАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ

О.А. Полях¹, И.В. Ноздрин², Н.Ф. Якушевич³, С.А. Сюльдина⁴, М.А. Ядыкина⁴

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

³д.т.н., профессор 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

Карбид кремния – материал, обладающий большим набором уникальных свойств: тугоплавкостью, химической стойкостью по отношению к газам и кислотам, высокой твердостью, электропроводностью и др., благодаря которым он широко используется в различных отраслях промышленности (металлургии, химии, электротехнике) в качестве восстановителей, абразивных и огнеупорных материалов, высокотемпературных, электронагревателей, полупроводниковых элементов.

Условия образования карбида кремния в наиболее распространенном варианте синтеза в керновых печах Ачесона требуют тщательного теоретического анализа. Основные представления о механизме образования карбида кремния систематизированы в [1-5]. Целью настоящей работы является уточнение существующей модели на основе современных экспериментальных и расчетных данных.

Несмотря на то, что процесс образования карбида кремния хорошо описывается суммарной реакцией: