

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

**МАТЕРИАЛЫ
IX ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

24 – 26 апреля 2019 г.



**ИРКУТСК
2019 г.**

УДК 658.52
ББК 65.291.8.4
П 27

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: мат-лы IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 24–26 апреля 2019 г.). – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2019. – 192 с.

Представлены материалы, посвященные актуальным проблемам металлургии руд и концентратов; химии и химической технологии; интенсификации, контроля и автоматизации технологических процессов; экологическим проблемам производства; обогащения полезных ископаемых.

Редакционная коллегия:

Анциферов Е.А. – директор Института высоких технологий (отв. ред.);
Франтенко В.К. – зам. директора по НИР Института высоких технологий;
Немчинова Н.В. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой металлургии цветных металлов, ИВТ;
Ёлшин В.В. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автоматизации производственных процессов;
Дьячкова С.Г. – д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химической технологии, ИВТ;
Половнева С.И. – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов, ИВТ;
Подгорбунская Т.А. – канд. хим. наук, доцент кафедры химической технологии, ИВТ;
Бельский С.С. – канд. техн. наук, доцент кафедры металлургии цветных металлов, ИВТ.

Технический редактор:

Рыбина М.Н. – магистрант кафедры металлургии цветных металлов, ИВТ

Публикуется с файлов, предоставленных авторами
Оформление обложки – Франтенко В.К.
Подписано в печать. Формат 60 x 90 / 16
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 13,75
Тираж 100 экз. Зак. 132. Поз. плана 16.
Отпечатано в типографии издательства
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
Исследовательский технический университет»
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

© ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», 2019

СЕКЦИЯ № 1
ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ВИДЫ ФЛЮСОВ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

А.А. Тимофеев¹, М.П. Кузьмин²

¹ студент гр. МЦб–15–1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: atimofeev1997@gmail.com

² к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»,
г. Иркутск, e-mail: mike12008@yandex.ru

Многообразие флюсов обусловлено их многоцелевым назначением и разнообразием номенклатуры алюминиевых сплавов. По назначению флюсы подразделяются на *покровные* (для защиты сплава от окисления при плавке); *флюсы для переработки скрапа и шлаков*; *рафинирующие*; *модифицирующие*; *флюсы специального назначения*, например, для защиты футеровки от проникновения в неё алюминиевых сплавов, очистки футеровки от настыли или для легирования.

Несмотря на широкое разнообразие флюсов, как правило, основой флюсов являются хлориды щелочных (ЩМ) и щелочно-земельных металлов (ЩЗМ), которые дополняют добавками простых фторидов ЩМ и ЩЗМ, фтористого алюминия, криолитов натрия и калия, кремнефтористого натрия, калия, а также фтористых солей некоторых переходных металлов. Технологические схемы производства флюсов отличаются в зависимости от компонентов, входящих в их состав, а также от вида и формы конечного продукта, применяемого в дальнейшем в конкретных технологических операциях [1–4].

Например, для производства *порошкообразного покрывного флюса* с минимальными затратами достаточно обеспечить необходимую степень измельчения компонентов, их качественное механическое перемешивание и удаление избытка влаги. Однако данный продукт будет иметь ограниченное применение вследствие высоких значений пылеуноса (а многие металлургические агрегаты оборудованы системами принудительной аэрации) и низкой степенью усвоения [1].

При производстве *плавленных флюсов* необходимым является исследование состава отходящих газов с целью выявления в них вредных примесей – летучей золы; кислых примесей: HCl, HF, SO₂; оксидов азота; полихлорированных диоксидов и фуранов. Для нейтрализации выделяющихся вредных веществ необходимо совершенствование температурного ре-

жима обработки металла, а также использование в процессе системы газоочистки.

С точки зрения эффективности взаимодействия с алюминиевым расплавом, удобства транспортировки и загрузки наиболее перспективным является **гранулированный флюс**. Для получения данного флюса установленного качества необходимым является отработка режимов получения гранул определённого размера и прочности, подбор связующих материалов, а также отработка режимов сушки полуфабриката в печи [3].

В последнее время широкое распространение в алюминиевом производстве находят **таблетированные флюсы**. Основной проблемой при их производстве является сегрегация (расслоение) его компонентов, вызванная различным фракционным составом компонентов флюса. Следствием сегрегации компонентов флюса является изменение его химического состава, температуры плавления, времени расплавления, рафинирующей и реакционной способности. Решением проблемы сегрегации флюсов является усреднение фракционного состава их составляющих, либо их замена гранулированными флюсами.

Технология производства флюсов в укрупнённом виде состоит из шести последовательных операций: *подготовка шихты; выплавка флюса; грануляция; обработка; контроль качества произведенного флюса; упаковка* [1–4].

При **подготовке шихты** выполняются крупное, среднее и мелкое дробление кусковых материалов, а также их мойка и сушка. Далее производятся взвешивание компонентов, дозировка и их последующее смешение. **Выплавка флюса** осуществляется в электродуговых или газопламенных печах. **Грануляция флюса** может выполняться мокрым и сухим способом. При мокрой грануляции расплав выливается в наполненный водой бассейн и при соприкосновении с холодной водой распадается на мелкие частицы. При грануляции сухим способом расплав сливают в металлический поддон или изложницу, а затем производят дробление полученного слитка. При **обработке флюса** выполняются его сушка, дробление и просеивание. При **контроле качества флюса** проверяются размер зёрен, удельный вес, химический состав, влажность и другие характеристики. **Упаковка флюса** может осуществляться в полиэтиленовые мешки, пятислойные бумажные мешки, металлические барабаны или ящики.

Библиографический список:

1. Кузьмин П.Б., Кузьмина М.Ю. О производстве чушек первичных силицидов, модифицированных стронцием // Литейное производство. – 2014. – № 8. – С. 2–5.
2. Кузьмина М.Ю. Электрохромный эффект в тонких плёнках оксида титана // Материалы научно-практической конференции «Перспективы развития тех-

нологии, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств», 29–30 апреля 2008 г. – Иркутск, 2008. – С. 76–78.

3. Журавлёва А.С., Петрова О.Д., Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Влияние условий электрохимического окисления на морфологию и устойчивость анодных плёнок ZnO // Вестник ИрГТУ. – 2016. – № 1 (108). – С. 107–115.

4. Юркинский В.П., Махалова М.Ю. (Кузьмина М.Ю.), Морачевский А.Г. Исследования пассивации титана в расплаве $KNO_3 - NaNO_3$ // Электрохимия. – 1986. – Т. 61. – № 1. – С. 1658–1660.

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛЮСОВ В МЕТАЛЛУРГИИ АЛЮМИНИЯ

С.А. Шумилов¹, А.А. Тимофеев², М.П. Кузьмин³

¹ студент гр. МЦб–15–1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: kir9_bat9_45@mail.ru

² студент гр. МЦб–15–1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: atimofeev1997@gmail.com

³ к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: mike12008@yandex.ru

Флюсы, используемые в металлургии алюминия подразделяются на две основные группы – *покровные* и *рафинирующие* [1–4]. В литейном производстве ещё используются флюсы для модифицирования силуминов.

Основным назначением *покровных флюсов* является увеличение выхода продукции годного и, как следствие, сокращение её себестоимости. Функционально покровные флюсы предназначены для предотвращения окисления алюминия, снижения алюминия в шлаке и предотвращения окисления алюминия в шлаке после съёма [1].

Предотвращение окисления алюминия во время транспортировки алюминия в вакуум-ковше из электролизного отделения в литейное и во время плавки необходимо, поскольку алюминиевый расплав вступает во взаимодействие со всеми компонентами воздуха и печной атмосферы: O_2 , N_2 , CH_4 , CO_2 , CO . Для расплавленного алюминия не существует защитной атмосферы и даже азот (активно используемый для продувки металла) Это обусловлено тем, что азот (являющийся инертным газом при нормальных условиях) при рабочих температурах выше $720\text{ }^\circ\text{C}$ образует нитрид алюминия.

Поскольку алюминий хорошо смачивает оксиды, то при съёме шлака вместе с ними замешивается большое количество металла. При разных способах съёма (ручной или механический) содержание алюминия без обработки флюсом может составлять от 50 до 70 %. Поэтому шлак необходимо обеднять с помощью флюса – простой и дешёвой операции.

Не редко, особенно на сплавах, где легирующие выступают катализаторами возгорания шлака, после съёма алюминия загорается по реакции $4Al(ж) + 3O_2(г) \rightarrow 2Al_2O_3$. За одну минуту интенсивного горения шлака окисляется 1 % алюминия. Перемешиваясь со шлаком, снятым с миксера расплавленный флюс снижает доступ воздуха к алюминию в шлаке, тем самым не даёт ему разгораться.

Рафинирующие флюсы предназначены для очистки жидкого алюминия от неметаллических и газовых включений, таких как, водород, оксид алюминия, карбид алюминия, шпинели и нитрида алюминия, а так же от примесей щелочных (ЩМ) и щелочно-земельных металлов (ЩЗМ) – натрия, лития, магния и кальция [1,3]. Действие рафинирующих флюсов основано на флотации при очистке от неметаллических и газовых включений (рисунок 2, а).

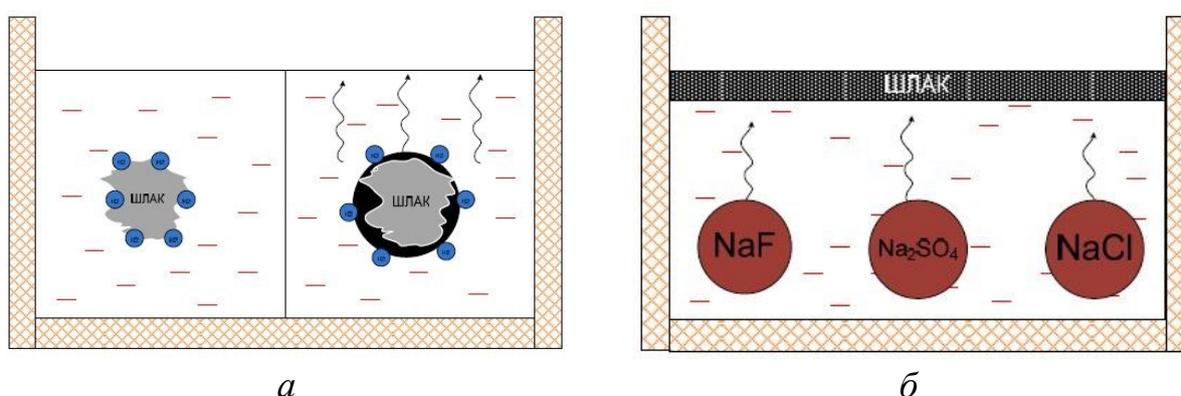
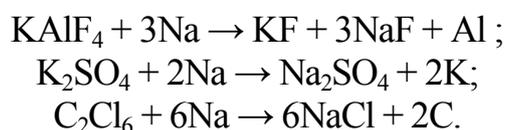


Рисунок 1 – Схема очистки алюминия от неметаллических включений, газов (а) и примесей ЩМ и ЩЗМ (б)

Поскольку на поверхности неметаллических включений адсорбируется водород, при введении в расплав флюса происходит совместное удаление неметаллических включений и водорода. Процесс рафинирования алюминия от примесей ЩМ и ЩЗМ основан на их химическом взаимодействии с активными составляющими флюса – фторидами, сульфатами или хлоридами (рисунок 2, б). Рафинирование происходит в результате протекания следующих основных реакций:



Библиографический список:

1. Кузьмин П.Б., Кузьмина М.Ю. О производстве чушек первичных силицинов, модифицированных стронцием// Литейное производство. – 2014. – № 8. – С. 2–5.
2. Кузьмина М.Ю. Электрохромный эффект в тонких плёнках оксида титана // Материалы научно-практической конференции “Перспективы развития

технологии, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств”, 29–30 апреля 2008 г. – Иркутск, 2008. – С. 76–78.

3. Журавлёва А.С., Петрова О.Д., Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Влияние условий электрохимического оксидирования на морфологию и устойчивость анодных плёнок ZnO // Вестник ИрГТУ. – 2016. – № 1 (108). – С. 107–115.

4. Юркинский В.П., Махалова М.Ю. (Кузьмина М.Ю.), Морачевский А.Г. Исследования пассивации титана в расплаве $KNO_3 - NaNO_3$ // Электрохимия. – 1986. – Т. 61. – № 1. – С. 1658–1660.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПОДИНЫ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

А.А. Горлова¹, О.В. Згербач¹, Г.В. Галевский²

¹ студент гр. МЦМ-15, МЦМ и ХТ, ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: alina97.8g@mail.ru

² д.т.н., заведующий кафедрой металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, kafcmetsibsiiu.ru

Одним из основных показателей работы алюминиевого электролизера является срок службы подины катодного устройства. В период работы электролизера происходит проникновение криолит-глиноземного расплава в открытые поры подовых блоков и швов, образованных во время обжига и пуска электролизеров, что сопровождается разрушениями углеграфитовых подовых блоков футеровки катодного устройства вследствие внедрения натрия в кристаллическую решетку углеграфитового материала, что в итоге, приводит к преждевременной остановке электролизера[1]. В настоящее время разработаны следующие способы повышения срока службы и стойкости подовой футеровки алюминиевого электролизера. Наиболее эффективными являются следующие:

1) Способ защиты углеграфитовых подовых блоков алюминиевого электролизера [2] заключается в том, что защитный слой формируют из шихты, содержащей кокс, карбонат лития и кристаллический кремний, после формирования слоя проводят обжиг подины при $t = 950 - 970^\circ\text{C}$. Продолжительность обжига составляет не менее 48 часов, и зависит от размера и параметров шахты электролизера, электрического сопротивления, а также количества теплоизоляционных материалов, применяемых на обжиге.

2) Способ защиты углеродной футеровки [3] заключается в том, что при обработке парами лития углеродного блока на поверхности образуется защитный слой. Катодный блок устанавливают наружной поверхностью на чугунный поддон, заполненный предварительно прокаленным карбонатом лития, помещают в газопламенную печь и нагревают до $t =$

1300-1400 °С с последующей выдержкой в течение 2-3 часов, обеспечивая непрерывную дозированную подачу карбоната лития под слой кремния.

3) В способе защиты подины с применением модифицирующих добавок на основе лития [4] для приготовления жидкого углеродного связующего в стальную емкость вводят необходимое количество каменноугольного пека, нагревая до $t = 120^{\circ}\text{C}$, добавляют модифицирующую добавку и перемешивают, а при $t = 50^{\circ}\text{C}$ заливают поглотительное масло. Для приготовления холоднотвердеющей подовой массы в растворосмеситель загружается $3/4$ количества электрокальцинированного антрацита, затем добавляют жидкое стекло и перемешивают с заливкой жидкого углеродного связующего. Далее при перемешивании добавляют оставшийся антрацит.

4) Способ изготовления катодного блока для алюминиевого электролизера [1] заключается в том, что при подготовке исходных материалов проводится прокалка антрацита и нефтяного кокса в электрокальцинаторе при $t = 1200 - 1300^{\circ}\text{C}$ в течение 2 - 3 часов, далее продукт перемешивается с искусственным графитом, каменноугольным пеком и модифицирующей добавкой в количестве 2,5 - 6,0 мас. %, состоящей из карбоната лития и кристаллического кремния при массовом соотношении 4:1.

5) Способ нанесения различных вариантов катодных покрытий с диборидом титана TiB_2 [5]: горячепрессованные плитки из TiB_2 , композиционное покрытие (TiB_2 +порошок графита + смола/пек; 30-60 % TiB_2 +40-60 % антрацита +5-20 % порошка графита +5-20 % пека; TiB_2 + смола/пек, $\text{TiB}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$) заключается в том, что покрытия наносятся на подину плиточной облицовкой, заливкой и уплотнением вибрацией, распылением, окрашиванием. Инженерно-технологический центр ОК «РУСАЛ» в 2016 г. совместно с группой «Энергопром» начал производственные испытания с применением защитных покрытий катодов на основе композиции TiB_2 + пек в условиях АО «РУСАЛ-Красноярск». Предлагаемый способ повышает средний срок службы электролизера с 1625 до 2555 суток.

Библиографический список:

1. Саитов, А.В. Применение литиевых добавок при электролитическом производстве алюминия для повышения стойкости подовой футеровки алюминиевого электролизера [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.16.02 / Саитов А. В.; СПбГТУ. – Санкт-Петербург, 2018. – 146 с.

2. Пат. 2626128, Россия, МПК С25С 3/20. Способ защиты углеграфитовой подины алюминиевого электролизера / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», В.Ю. Бажин, А.В. Саитов, Р.Ю. Фещенко, заявл. 10.10.2016; опубл. 21.07.2017, Бюл. № 21.

3. Пат. 2522928, Россия, МПК С25С 3/20. Способ защиты углеродной футеровки / Федеральное государственное образова-

тельное учреждение высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», В.Ю. Бажин, Р.Ю. Фещенко, В.М. Сизяков, Р.К. Патрин, А.В. Саитов, заявл. 26.04.2013; опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20.

4. Пат. 2548875, Россия, МПК С25С 3/00. Холодноабивная подовая масса / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный минеральносырьевой университет «Горный», В.Ю. Бажин, А.В. Саитов, Р.Ю. Фещенко, Р.К. Патрин, Э.Ю. Георгиева, заявл. 27.12.2013; опубл. 20.04.2015, Бюл. № 11.

5. Ефимова, К.А. Исследование и технологическая реализация процессов боридообразования при плазмометаллургической переработке титан-борсодержащего сырья [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.16.02/ Ефимова К.А.; СибГИУ. - Новокузнецк, 2017.- 166 с.

РАЗРАБОТКА И АТТЕСТАЦИЯ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРЕДПРИЯТИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

А.В. Таскина¹, Н.В. Немчинова²

¹ магистрант гр. МЦм-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: anna.taskina@rusal.com

² д.т.н., профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ninavn@istu.edu

В современном промышленном производстве алюминия применяют электролизеры с двумя типами анодного устройства: ванны с предварительно обожженными анодными блоками и ванны с самообжигающимися анодами — с боковым и с верхним подводом тока [1]. Однако предприятия, использующие ванны с боковым подводом тока практически не эксплуатируются на заводах компании «РУСАЛ». Электродным материалом, из которого формируются самообжигающиеся аноды, является анодная масса, состоящий примерно на 70 % из электродного кокса (пекового или нефтяного) и на 30 % из связующего, в качестве которого используется каменноугольный пек. Он состоит в основном из ароматических углеводородов с конденсированными ядрами, некоторые из них являются канцерогенными веществами [2]. На крупных заводах Компании РУСАЛ (БрАЗ, КрАЗ, НКАЗ, ИркАЗ, ВгАЗ, БАЗ) анодная масса изготавливается непосредственно в собственных цехах. Коксование пека и цементирование им наполнителя составляет основу технологического процесса спекания анода. В этой связи качество электродного кокса, пека и термические условия его коксования играют в этом процессе очень важную роль [3].

На промышленных предприятиях контроль качества электродного кокса (пекового и нефтяного), а также пека каменноугольного осуществляется в лабораториях служб качества. Контроль качества сырья и материалов включать в себя регулярное использование аттестованных стандартных образцов или внутренний контроль качества с использованием стандартных образцов предприятия [4]. Проблема обеспечения аккредитованных лабораторий аттестованными отраслевыми стандартными образцами (ОСО), стандартными образцами предприятия (СОП) по определяемым показателям была выявлена при проведении входного контроля указанных материалов (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели кокса пекового электродного, кокса нефтяного прокаленного, диапазоны измерений и аттестованные образцы для контроля

| Продукт | Определяемый показатель | Рабочий диапазон измерений, % | Аттестованный образец | Аттестованное значение образца, % | Погрешность $\pm\Delta$, % | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----|
| Кокс пековый электродный | зольность | 0,10 - 0,50 | СОП Кп 53-02 | 0,290 | 0,040 | |
| | выход летучих | 0,2 - 0,8 | - | | | |
| | Содержание Na | 0,004 -0,148 | ГСО 723-87П | 0,051 | 0,004 | |
| | Содержание S | 0,2 - 0,6 | ГСО 723-87П | 1,34 | 0,01 | |
| Кокс нефтяной прокаленный | зольность | 0,15 - 0,6 | СОП Кп 53-02 | 0,290 | 0,040 | |
| | Na | 0,004 -0,020 | - | | | |
| | D истинная | 2,04 - 2,12 г/см ³ | ОСО 147-2-2014 | 2,071 г/см ³ | 0,006 | |
| | Содержание: | Si | 0,010-0,200 | ГСО 10613-2015 | Si 0,0502 | 4,0 |
| | | Fe | 0,030-0,600 | СОП 469-1-2013 | Fe 0,095 | 5,5 |
| | | V | 0,0002-0,1000 | СОП КНП 01-2016 | V 0,0298 | 3,0 |
| | | Cr | 0,0003-0,0500 | | Cr 0,00101 | 5,0 |
| Mn | | 0,0005-0,0020 | | Mn 0,00054 | 12 | |
| S | 1,0 - 3,5 | ГСО 723-87П | 1,34 | 0,01 | | |

Как видно из данных таблицы 1, для кокса пекового электродного отсутствуют стандартные образцы для контроля по выходу летучих веществ. Для контроля содержания S в коксе пековом, аттестованный в лаборатории государственных стандартных образцов (ГСО) ГСО 723-87П с содержанием S 1,34%, не может быть использован в рабочем диапазоне измерений от 0,2 до 0,6% [5]. Следовательно, возникла необходимость в разработке стандартного образца предприятия для проведения контроля указанных в таблице 1 показателей.

Последовательность работ при создании стандартного образца предприятия состоит из трёх этапов: начальная стадия, на которой разрабатывается техническое задание, этап установления метрологических характеристик, а также заключительный контроль и экспертиза технической документации на стандартный образец предприятия.

При отсутствии в лаборатории ГСО, ОСО кокса пекового электродного, метрологическую аттестацию стандартного образца предприятия необходимо проводить посредством межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) [6]. При этом необходимо разработать программу работ, в которой определены этапы работ: разработка, исследования и аттестация методики выполнения измерений, а также приводятся сведения о сроках выполнения работ, участники, требования к средствам и методикам измерений, порядок рассылки проб, форма представления результатов и др.

Для разработки программы по аттестации стандартного образца кокса пекового на определение выхода летучих веществ, зольности и содержания S были определены участники и направлены запросы на участие в проведении МСИ: ЗАО «БоАЗ», ПАО «РУСАЛ Братск», ОАО «РУСАЛ Красноярск», АО филиал «РУСАЛ ВгАЗ», ОАО «РУСАЛ САЗ», ОАО «РУСАЛ НкАЗ» (таблица 2).

Таблица 2 – Методы определения качественных показателей кокса, применяемые на предприятиях

| Вид сырья | Качественные показатели | Ед. изм. | Нормативные документы на методы анализа | Участники МСИ |
|---------------------------|-------------------------|----------|---|------------------------------|
| Кокс пековый электродный | Зольность | % | ГОСТ 55661-2013 ГОСТ 3213-91 | ИркАЗ, ВгАЗ, НкАЗ |
| | Массовая доля серы | % | ГОСТ 8606-93 | ИркАЗ, ВгАЗ, БрАЗ, САЗ |
| | Выход летучих веществ | % | ГОСТ 55660-2013 | ИркАЗ, ВгАЗ |
| Кокс нефтяной прокаленный | Зольность | % | ГОСТ 22692-77 | ИркАЗ, ВгАЗ, НкАЗ, КрАЗ |
| | Массовая доля серы | % | ГОСТ 8606-93 | ИркАЗ, ВгАЗ, БрАЗ, САЗ, КрАЗ |
| | Выход летучих веществ | % | ГОСТ 6382-91 | ИркАЗ, ВгАЗ, КрАЗ |

Как следует из данных таблицы 2, не все предприятия могут принять участие в МСИ. Так, ОАО «РУСАЛ Красноярск» используют в производ-

стве только нефтяной кокс, следовательно, не могут участвовать в определении зольности и выхода летучих веществ в коксе пековом.

Для метрологической аттестации стандартного образца предприятия кокса пекового посредством МСИ необходимо отобрать такое количество исходного материала, чтобы из него можно было получить достаточное количество экземпляров стандартных образцов для обеспечения ими многих потребителей на протяжении определенного периода времени [6]. Данная партия материала должна быть однородной по всем указанным в таблице 2 определяемым показателям [7].

Подготовка партии материала весом 15 кг проводилась в 3 этапа. На первом этапе проводилось дробление материала весом 0,5 кг на щековой дробилке с размерностью измельчения до 3 мм. На втором этапе измельчение проводилось на дисковой мельнице фирмы Fritch с размерностью 1 мм. Финальная стадия измельчения проводилась на вибрационно-инерционной мельнице фирмы Fritch с размерностью частиц до 0,063 мм. Наличие указанного оборудования не позволило провести пробоподготовку одновременно 15 кг образца, что может привести к неоднородности усредненной пробы по гранулометрическому составу.

Подготовленная партия материала стандартного образца направлялась в лабораторию для определения аттестованных значений качественных показателей.

Для метрологической аттестации стандартного образца на содержание серы в коксе пековом электродным методом Эшка было взято 30 навесок по 2 параллельных определения весом 1 г исследуемого материала. Подготовленную пробу кокса вместе со смесью Эшка сжигали в окисляющей среде с целью удаления горючей массы и преобразования серы в сульфаты. Далее сульфаты экстрагировали раствором соляной кислоты и определяли гравиметрическим способом после осаждения их хлоридом бария [8]. Массовую долю общей серы в пробе, %, вычисляли по формуле (1):

$$S = \frac{13.74(m_2 - m_3 + 0.03348\rho K_2SO_4)}{m_1} \quad (1)$$

Полученные результаты параллельных определений превышали значение 0,05% абс. Следовательно, был сделан вывод о неоднородности отобранного материала.

Таким образом, рассмотрены основные проблемы, которые возникли при разработке и аттестации СОП кокса пекового электродного.

Библиографический список:

1. Янко Э.А. Производство алюминия: Пособие для мастеров и рабочих цехов электролиза алюминиевого производства. – С.-Петербург, 2007. – 304 с.
2. Борисоглебский Ю.В. Металлургия алюминия. – М, 1999. – 437с.

3. Походенко Н.Т. Получение и обработка нефтяного кокса. – М,1986. – 313 с.

4.ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М.: Стандартиформ, 2018. – 17 с.

5. ГОСТ 8606-96 Топливо твердое минеральное. Определение общей серы. Метод Эшка. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.

6. РМГ 52-2002 ГСИ. Общие методические рекомендации по применению положений ГОСТ 8.315-97 при разработке и применении стандартных образцов. – М.: Стандартиформ, 2004. – 28с.

7. ГОСТ 8.315-97 Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основное положение. ИПК: Издательство стандартов, 1998. - 31с.

8. ГОСТ Р 8606-93 Топливо твердое минеральное. Определение общей серы. Метод Эшка. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 10с.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ

О.Е.Лысенко¹, Г.В. Галевский².

¹ студент гр. МЦМ-15, ИМиМ, ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: lysenko.o.e@mail.ru

² д.т.н., профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Уже длительное время технологическая стратегия ведущих алюминиевых производящих компаний основана на развитии электролизного производства с использованием обожженных анодов. Это обеспечивает разработку и последующую эксплуатацию высокоамперных электролизеров, работающих с высокими технико-экономическими показателями, улучшение санитарно-гигиенических условий труда персонала в корпусах электролиза, в целом повышение экологической безопасности алюминиевых заводов. В настоящее время по этой технологии производится более 80 % выпускаемого в мире первичного алюминия. Реализуемые технологии высокоамперного электролиза на электролизерах с обожженными анодами мощностью 300-500 кА доказали, что возможно дальнейшее повышение эффективности процесса за счет усовершенствования конструкции и прогрессивных технических решений при использовании новых материалов. Применение обожженных анодов значительно снижает выбросы смолистых веществ, в том числе бензапирена, и других вредных компонентов. Снижению выбросов вредных веществ на высокоамперных электролизерах

способствует возможность применения более герметичных укрытий с высоким КПД, систем автоматизированного питания глиноземом, уменьшающих время работы электролизеров с открытыми укрытиями.

ОК РУСАЛ в своих среднесрочных и долгосрочных проектах также предусматривает постоянное увеличение объемов производства алюминия с использованием обожженных анодов. По этой технологии полностью работает Саяногорский (530 тыс. т Al / год), Хакасский (300 тыс. т Al / год), частично Красноярский (1024 тыс. т Al / год), Иркутский (415 тыс. т Al / год), Новокузнецкий (213 тыс. т Al / год) алюминиевые заводы. В стадии пуска находятся Богучанский алюминиевый завод (проектная мощность 600 тыс. т Al / год), в стадии строительства – Тайшетский алюминиевый завод (проектная мощность 750 тыс. т Al / год). По данным [1], в 2019 г. глобальная емкость мирового алюминиевого рынка может увеличиться до 70 млн. т при ожидаемом его дефиците ~ 1,2 млн. т. При сложившихся в 2015-2017 гг. соотношениях в объемах производства первичного и вторичного алюминия это позволяет прогнозировать объем производства первичного алюминия на уровне 43,0 млн. т, а потребность в обожженных анодах - на уровне 19 млн. т. Крупнейшие заводы по производству обожженных анодов с объемом производства более 1 млн. т в год находятся в Китае. Ведущие алюминийпроизводящие компании - RIO TINTO, ALCAN, ALCOA, РУСАЛ, EMAL, ALBA предпринимают серьезные усилия по расширению собственного производства обожженных анодов.

ОК РУСАЛ производят ежегодно на российских заводах 3,5 – 3,7 млн. т первичного алюминия, в том числе с использованием обожженных анодов 1,05 – 1,10 млн. т. С освоением производственных мощностей Богучанского алюминиевого завода эти показатели могут достичь 1,5 млн. т, для чего потребуется порядка 810 тыс. т в год обожженных анодов. Мощности по производству обожженных анодов ОК РУСАЛ на территории России включают действующие анодные производства Саяногорского алюминиевого завода (330 тыс. т в год). Порядка 140 тыс. т в год производят предприятия компании ЭНЕРГОПРОМ [2]. Общий дефицит обожженных анодов составляет порядка 440 тыс. т и покрывается за счет импорта из Китая. В связи с этим проблема импортозамещения является достаточно острой. Для ее решения компания ОК РУСАЛ реализует следующие проекты по наращиванию объемов производства обожженных анодов:

- запуск на рубеже 2018 - 2019 гг. производства обожженных анодов на Волгоградском алюминиевом заводе [3] с объемом выпуска 104 тыс. т в год. Стоимость проекта составляет 8 млрд. руб.

- поэтапное строительство анодного производства Тайшетского алюминиевого завода с объемом выпуска 870 тыс. т в год [4]. В настоящее время реализуется первый этап с объемом выпуска 217,5 тыс. т в год. Ввод в промышленную эксплуатацию производственных мощностей первого этапа планируется в третьем квартале 2019 г.

Библиографический список:

1. Чернавина Д. А., Чернавин Е. А., Фаллер А. В., Зданович М. Ю. Мировой рынок алюминия: тенденции развития, перспективы и ключевые проблемы // Молодой ученый 2018 г. — №17. — С. 206-210. — URL <https://moluch.ru/archive/203/49838/> (дата обращения: 28.02.2019).
2. Обожженные аноды ЭНЕРГОПРОМ [Электронный ресурс]. - http://epmhosting.nichost.ru/ru/our_business/products/prebaked_anodes (дата обращения: 01.03.2019).
3. Плешаков В. Алюминиевый завод Волгограда готов запускать производство анодов [Электронный ресурс]. - <https://vpravda.ru/ekonomika/alyuminievyu-zavod-volgograda-gotov-zapuskat-proizvodstvo-anodov-58439/>.(дата обращения: 01.03.2019).
4. Тайшетский алюминиевый завод. Строительство [Электронный ресурс]. <http://visinform.ru/?action=view&id=4345&module=articles&rubric=20> (дата обращения: 01.03.2019).

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ПЛАЗМООБРАБОТКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ**

Г.Н. Черновский¹, Г.В. Галевский², В.В. Руднева³

¹ магистрант гр. МММ-17, ИМиМ, ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

² д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

³ д.т.н., профессор, кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Термодинамическое моделирование плазменных процессов модифицирования проведено с целью прогнозирования оптимальных параметров получения карбида кремния (соотношения компонентов и температуры), определения равновесных показателей процесса (степени превращения сырья в карбид, составов газообразных и конденсированных продуктов), оценки вклада в процессы карбидообразования газофазных реакций, обеспечивающих в условиях плазмометаллургических технологий эффективную переработку дисперсного сырья [1, 2].

В связи с использованием в процессах модифицирования в качестве кремнийсодержащего сырья карбида кремния и плазмообразующего газа – азота объектами исследования являлись системы Si-C-N и Si-C-H-N. Сле-

дует отметить, что система Si-C-H-N анализировалась ранее, но применительно к условиям использования в качестве восстановителя и карбидизатора пропана и без учета возможности образования в газовой фазе таких соединений, как HCN, Si₂C, SiC₂, углеводородных радикалов типа C₂H, C₃H и ряда других. Поэтому использование имеющихся данных о равновесных составах этих систем не представляется возможным вследствие существенного отличия соотношения компонентов по сравнению с достигаемыми в исследуемых плазменных процессах.

Необходимые для анализа равновесные составы газообразных и конденсированных продуктов синтеза рассчитывались "константным" методом. «Константный» метод основан на совместном решении следующих уравнений: закона действующих масс, материального баланса, суммарного числа молей газовой смеси, существования конденсированной фазы, закона Дальтона. При расчетах рассматривалась область температур 1000-6000 К при общем давлении в системе 0,1 МПа. Исходными данными служили константы равновесия реакций образования соединений из элементов. Температурная зависимость составов продуктов взаимодействия для исследуемых систем рассчитывалась с использованием программ компьютерного моделирования «PLASMA» (ИХТТИМ СО РАН – СибГИУ).

Результаты термодинамических расчетов для системы Si-C-H-N приведены на рисунке 2 а, б. 100 %-ное превращение кремния в карбид достигается уже при стехиометрическом соотношении компонентов (рисунок 2б).



В системе Si-C-N (рисунок 1), отвечающей условиям процесса модифицирования карбида кремния, карбид образуется в основном по реакции 1, реализация которой в условиях плазменного потока представляется кинетически маловероятной. Введение в систему водорода делает возможным развитие процесса карбидообразования по газофазной реакции (2) с участием циановодорода в соответствии с закономерностями высокотемпературных взаимодействий в системе Si-C-H-N (рисунок 2).

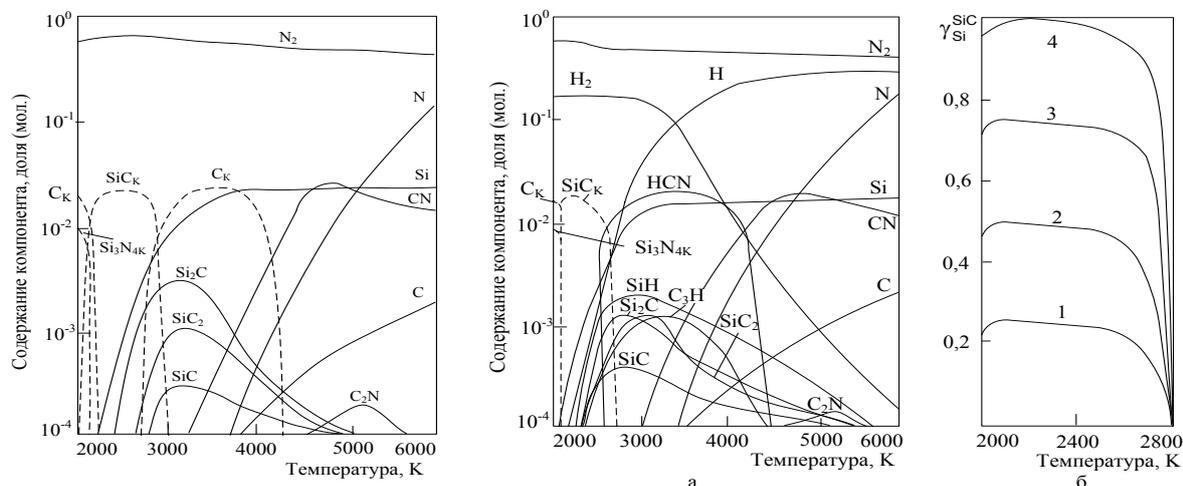


Рисунок 1 – Равновесные составы

а) равновесные составы газовой и конденса-

вы газовой и конденсированной фаз системы Si-C-N при соотношении Si:C:N = 1:1:60

рованной фаз в зависимости от температуры при соотношении (4) Si:C:H:N = 1:1:12:60
б) зависимость степени превращения Si в SiC от соотношения Si:C = 1:0,25 (1); 1:0,5 (2); 1:0,75 (3); 1:1 (4)

Рисунок 2 – Результаты термодинамических расчетов системы Si-C-H-N

Библиографический список:

1. Сурис А.Л. Термодинамика высокотемпературных процессов: справочник /А.Л. Сурис. – М.: Металлургия, 1985. – 568 с.
2. Руднева В.В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография. В 3 т. Дополнительный том. Плазменный синтез и компактирование нанокарбида кремния / В.В. Руднева, Е.К. Юркова ; научный редактор Г.В. Галевский; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2011. – 241 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ПЕСКА ДЛЯ ЕГО ВОЗМОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ В МЕТАЛЛУРГИИ

Е.А. Гусева¹, Г.В. Евсюков²

¹. к.т.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: el/guseva@rambler.ru

² студент гр.СМ 16 - 2 ИАМИТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: D00w@mail.ru

Песок в металлургическом производстве могут применять не только как формовочный материал при литье, но и как набивочный материал для утепления. Для этого интересно определить теплоемкость песка.

Озеро Байкал и территория, прилегающая к нему неповторима не только наличием эндемичной фауной и флорой, но и минеральными ресурсами. Лед, свойства воды, рельеф дна и поверхности – все имеет свои особенности [1, 2].

Для исследования была взята проба, отобранная на берегу озера Байкал в г. Слюдянка Иркутской области.

На теплоемкость почв влияет ее химический состав. Значительное влияние оказывает размер частиц, количество воды, воздуха, органических веществ, содержащихся в почве, а также ее пористость [3].

Предварительно был проведен гранулометрический анализ пробы песка. Нами был определена удельная теплоемкость фракции с самым большим размером частиц. Это частицы размером 2 мм и более. Масса всей пробы 183 г., масса выбранной фракции составила 36 г.

Для того, чтобы выполнить данную работу нужны следующее приборы и материалы:

- песок и дистиллированная вода;
- калориметр, термостат, секундомер, мешалка, термометр Бекмана, толстостенный контейнер из стекла, аналитические весы, колба мерная.

При работе применялся метод смешивания, который заключался в том, что исследуемый песок и дистиллированная вода вступают в термический контакт. Среднюю теплоемкость небольшого количества вещества определяют экспериментальным путем [4, 5].

Воспользуемся уравнением теплового баланса. Тепловое равновесие в системе наступает тогда когда температуры обеих веществ становятся равными друг другу. В этом случае уравнение теплового баланса будет выглядеть следующим образом:

$$(W+C_1 \cdot m_1) \cdot \Delta T = (K+C_2 \cdot m_2) \cdot (T_1 - T_{\text{равн}}),$$

где:

K – тепловая константа пробирки;

W – тепловая константа калориметра;

T_1 – начальная температура пробирки, равная температуре термостата

$T_{\text{равн}}$ – температура пробирки после установления равновесия

C_1 – теплоемкость воды;

m_1 – масса воды, залитой в калориметр;

C_2 – теплоемкость песка;

m_2 – масса навески исследуемого вещества, т.е. песка;

ΔT – изменение температуры.

В результате экспериментальной работы установлено, что удельная теплоемкость исследуемого песка с размером частиц более 2 мм равна 772,5 Дж/кг·К.

Справочное значение теплоемкости сухого песка составляет 835 Дж/кг·К [3]. Сравнивая полученную характеристику со справочной мы видим сходимость результатов.

Библиографический список:

1. Чемезов А. В. Техногенные россыпи (образование, оценка и эксплуатация): монография / В. В. Чемезов, Б. Л. Тальгамер – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 238 с.

2. Потемкина Т.Г., Потемкин В.Л., Гусева Е.А. Устьевые области рек озера Байкал// Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2014 – № 9. – С.185-192.

3. Почвоведение с основами растениеводства: учеб. пособие /Т.П. Марчик, А.Л. Ефремов; Учреждение образования "Гродненский гос. ун-т им. Я.Купалы".- Гродно: ГрГУ, 2006. – 249 с.

4. Яковлева А. А. Коллоидная химия : учебное пособие. Изд-во Юрайт Сер. 11 Университеты России (2-е изд., испр. и доп), М.: 2017. – 209 с.

5. Гусева Е.А., Константинова М.В. Технология конструкционных материалов. Краткий курс: учеб. пособие – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015 – 156с.

ПЛАЗМЕННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Г.Н. Черновский¹, Г.В. Галевский², В.В. Руднева³

¹ магистрант гр. МММ-17, ИМиМ, ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

² д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

³ д.т.н., профессор, кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

В связи с постоянным ростом цен на синтетические алмазы для разнопрофильного абразивного инструмента активно исследуются возможности замены их в ряде случаев ближайшим кристаллографическим аналогом – карбидом кремния. При этом технологически более целесообразно использование карбида кремния в виде порошковой композиции, содержащей частицы микро- и наноразмерных диапазонов [1, 2]. Однако известные способы смешивания порошков не позволяют решить эту задачу. Смесь нано- и микрочастиц карбида кремния может быть получена при плазменном модифицировании особо тонкого микрошлифпорошка карбида.

Плазменной обработке подвергался особо тонкий микрошлифпорошок карбида кремния марки КЗ 64С М2.

При проведении исследований в качестве теплоносителя использовался азот технической чистоты, содержащий до 5 % об. водорода. Начальная температура плазменного потока в зависимости от подводимой к реактору мощности составляла 4000, 4500, 5000, 5400 К. Закалка конденсированных продуктов обработки осуществлялась при температуре 3000 К путем адиабатического расширения газового потока на выходе из реактора в закалочную-осадительную камеру.

Изучалось влияние на процесс начальной температуры плазменного потока, крупности и массовой расходной концентрации микропорошка карбида кремния. Полученные результаты представлены в таблице и на рисунке.

При массовой расходной концентрации для микропорошка карбида кремния М2 0,06 кг/кг основным продуктом модифицирования является β-SiC, причем чем выше начальная температура плазменного потока, тем больше удельная поверхность, а, следовательно, и дисперсность частиц

порошка. При более высокой массовой расходной концентрации микропорошка карбида кремния структурное превращение $\alpha\text{-SiC}_{II} \rightarrow \beta\text{-SiC}$ полностью не происходит. При этом дисперсность продуктов плазменного модифицирования с возрастанием начальной температуры потока изменяется незначительно.

Таблица – Влияние начальной температуры плазменного потока на фазовый состав и дисперсность продуктов модифицирования микропорошка карбида кремния М2

| Начальная температура плазменного потока, К | Массовая расходная концентрация микропорошка, кг/кг | Фазовый состав, % масс. | | Удельная поверхность, м ² /кг |
|---|---|-------------------------|--------------------------|--|
| | | $\beta\text{-SiC}$ | $\alpha\text{-SiC}_{II}$ | |
| 5400 | 0,06 | 95,0 | 5,0 | 30000 |
| 5000 | 0,06 | 89,0 | 11,0 | 24000 |
| 4500 | 0,06 | 39,0 | 61,0 | 19000 |
| 4000 | 0,06 | 25,0 | 75,0 | 18000 |
| 5400 | 0,12 | 23,0 | 77,0 | 22000 |
| 5000 | 0,12 | 22,0 | 78,0 | 17000 |
| 4500 | 0,12 | 15,0 | 85,0 | 13000 |
| 4000 | 0,12 | 12,0 | 88,0 | 11000 |

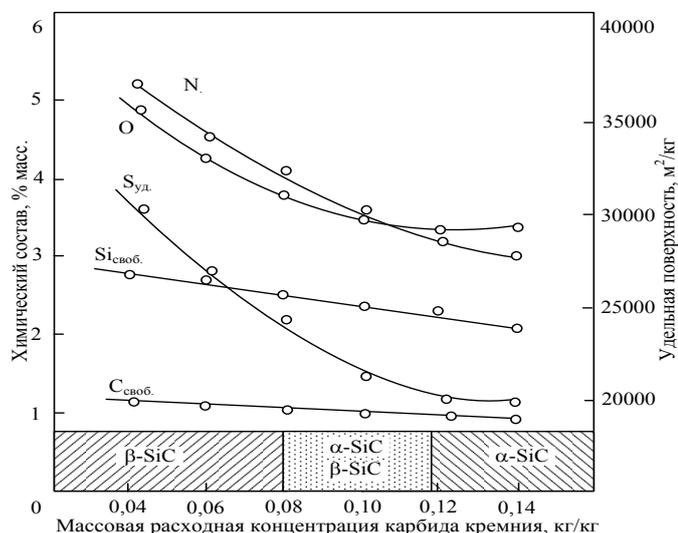


Рисунок – Зависимость фазового и химического составов, удельной поверхности продуктов плазменного модифицирования от массовой расходной концентрации для микропорошка карбида кремния М2

Библиографический список:

1. Гаршин А.П. Абразивы и материалы конструкционного назначения на основе карбида кремния / А.П. Гаршин, В.М. Шумячер, О.И.

Пушкарев. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. – 189 с.

2. Витязь П.А. Синтез и применение сверхтвердых материалов / П.А. Витязь, В.Д. Грищук, В.Т. Сенють. – Мн. : Бел. наука, 2005. – 359 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАФИНИРОВОЧНОГО ШЛАКА, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРЕМНИЯ

Т.А. Карканица¹, Н.В. Немчинова²

¹ аспирант гр. аМЦМ -17-1, ИМХТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: buzik2009@mail.ru

² д.т.н., заведующая кафедры металлургии цветных металлов, профессор ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ninavn@yandex.ru

Кремний стал известен как самостоятельный химический элемент лишь в 1825 году. Несмотря на это кремний широко применяют в различных областях промышленности. К примеру, в металлургии Si используют в качестве добавки к стали, в производстве сплавов, в электронике для изготовления полупроводниковых приборов [1].

Получают кремний в рудотермических печах (РТП), как правило, данные печи трехфазные имеющие три электрода, открытого типа, мощностью 16,5 и 25 МВ×А. Печи для выплавки кремния вращающиеся. Вращение происходит в пределах узких секторов и предназначается для улучшения схода шихты в глубину горна, что способствует лучшему восстановлению.

Данная выплавка считается бесшлаковым процессом, однако незначительное количество шлака образуется (от 1 до 8 % в зависимости от мощности печи). Шлак имеет плотность значительно выше (2,6–2,8 г/см³), чем у кремния (2,2 г/см³ при 1600°С), поэтому шлак, опускаясь на подину печи, образует подовую настыль. Данный продукт способствует снижению общего извлечения кремния, а также снижает срок работы печи до предупредительно-планового ремонта [2-5].

Как правило, полученный кремний по химической чистоте не соответствует требованиям потребителей. Для этого в производстве используется комплексная операция очистки кремния от примесей – рафинирование. Данная процедура предполагает снижение концентрации в готовом продукте алюминия, калия, железа, титана и других примесей, а также полное удаление мелких и крупных включений шлака. Несмотря на то, что концентрация примесей в готовом продукте незначительная, для более высокого качества необходим поиск новых путей отчистки конечного продукта. Изучение распределение примесей в процессе рафинирования и их

переход в рафинировочный шлак позволит приблизиться к решению поставленной задачи [6,7].

Результаты производственной практики и анализ литературных данных показал, что в рафинировочном шлаке помимо основных примесей (CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , SiC , Si) в процесс поступает (с сырьевыми материалами) значительное количество других элементов (Na , P , B и др.) с целью повышения качества рафинированного кремния необходимо детальное изучение химического состава шлака. Однако в литературных данных практически нет информации о возможных механизмах формирования основных оксидов с другими элементами.

Для наших исследований были отобраны образцы рафинировочного шлака с предприятия АО «Кремний» ОК «РУСАЛ» (г. Шелехов, Иркутская обл.), при нормальном технологическом режиме РТП.

Шлак исследовали двумя методами анализа (рентгеноспектральный, металлографический).

Рентгеноспектральный анализ проводили при помощи рентгеновского спектрометра ARL 9900. Полученные данные были проанализированы. Оптимальный состав шлака для полного отделения его от расплава кремния должен составлять в среднем, мас. %, соответственно: 69 SiO_2 , 18 Al_2O_3 , 13 CaO . По данным металлографического анализа, выполненного с помощью металлографического микроскопа «Olympus GX-51» (Olympus, Япония). Было обнаружено, что шлак имеет сложную структуру.

Нами был исследован рафинировочный шлак карботермического процесса получения кремния, в котором было обнаружено присутствие карбида кремния (5,0-11,9 мас.%), оксиды кремния, кальция, алюминия, интерметаллические и неметаллические включения.

Работа выполнена по НИР 11.7210.2017/8.9 в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ

Библиографический список:

1. Катков О.М. Выплавка технического кремния. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. - 244 с.
2. Попов С.И. Металлургия кремния в трехфазных рудотермических печах. – Иркутск: ЗАО «Кремний», 2004. -237 с.
3. Немчинова Н.В. Физикохимия и карботермия кремния: учебн. пособие. - Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – 287 с.
4. Немчинова Н.В. Поведение примесных элементов при производстве и рафинировании кремния. – М.: Академия естествознания, 2008. - 272 с.
5. Минеев Г.Г., Минеева Т.С., Жучков И.А., Зелинская Е.В. Теория металлургических процессов: учебник. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. - 522 с.

6. Немчинова Н.В., Бузикова Т.А. Исследование фазово-химического состава печных шлаков кремниевого производства// Известия вузов. Цветная металлургия. – 2017. – №1. – С. 31-39.

7. Немчинова Н.В., Тютрин А.А., Бузикова Т.А. Исследование шлаков пирометаллургии кремния// Журнал СФУ. Техника и технологии. – 2015. Т.8. №.4. – С. 457-467.

УДК 669.620.19 + 544.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ БЛОК-СХЕМЫ ПРИ КОРРОЗИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

О.П. Гудкова¹, С.В. Садловский², Е.А. Анциферов³

¹ студент гр. МЦб-15-1, ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,

² аспирант гр. аФХ-18-1 ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: vip.sadlovskiy@mail.ru

³ к. х. н., доцент кафедры химии и пищевой технологии им. проф. Тутуриной В.В., директор ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: antsiferov@istu.edu

Изучение механизмов коррозии металлов в агрессивных средах является актуальной задачей современного материаловедения и связано с разработкой способов защиты поверхности.

В ходе проведения исследований защитных покрытий на основе органического связующего на коррозионную устойчивость стали Ст3 определяли убыль массы образцов во времени. В качестве сред, имитирующих морскую воду, использовали водопроводную воду, растворы хлорида натрия и соляной кислоты. Объектами исследования служили стальные пластины прямоугольной формы, их физическая площадь составляла 7 см².

Перед испытаниями проводили подготовку образцов согласно требованиям ГОСТ 9. 905 – 2007. Предварительно взвешенные образцы размещали в стакане с коррозионной средой в наклонном положении, после окончания эксперимента образцы доставали, промывали под проточной водой, сушили, удаляли продукты коррозии и остатки защитных покрытий с поверхности и проводили повторное взвешивание. Продолжительность экспонирования составляла от 0,5 до 24 часов для незащищенных образцов и до 8 суток для образцов с покрытиями.

Опыты проводили при комнатной температуре.

Были использованы защитные покрытия на основе акриловой эмали «Ржавостоп» с черным и белым пигментами. В составе первого композита в качестве действующего вещества использован 2-этилгексилэфир 3-ди(2-гидроксиэтиламино) пропионовой кислоты, наполнителем слу-

жит тетраоксихромат цинка. В состав второго входил пигмент на основе фосфата цинка белого цвета и нитрит натрия как наполнитель.

Результатом исследований стало доказательство эффективности обогащения акриловой эмали «Ржавостоп» черным пигментом.

На рисунке показаны некоторые количественные закономерности, полученные в ходе коррозионных исследований. Их вид является типичным для кинетических кривых, которые обычно получают в ходе изучения гидromеталлургических процессов, таких как растворение металлов [1, 2].

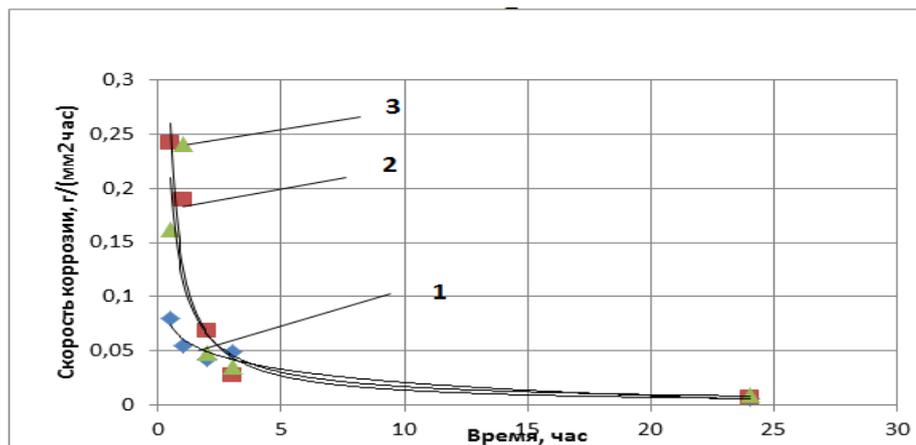


Рисунок – Коррозия исходных образцов стали Ст3 в водопроводной воде (1), растворах хлористого натрия (2) и соляной кислоты (3)

К полученным экспериментальным данным был применен подход, предполагающий оптимизацию их анализа и обработки [3, 4]. Была использована универсальная блок-схема, предназначенная для всех типов сложных химических реакций, когда по небольшому набору экспериментальных данных можно сделать заключение о типе химической реакции. Установлено, что математическая обработка результатов коррозионных исследований подчиняется логике, заложенной в кинетической блок-схеме, что подтверждает ее универсальность.

Библиографический список:

1. Яковлева А.А., Бегунов А.И., Яковлев С.А. Кинетические закономерности растворения магния в кислых средах. Известия вузов. Цветная металлургия. М.: МИСИС, 2006, № 2, с. 9-12.
2. Яковлева А.А., Бегунов А.И., Бегунова Л.А., Штельмах С.И. Кинетические закономерности растворения алюминия и галлия в растворах электролитов. Известия ВУЗов. Цветная металлургия. 2002, № 6, с.11-14.
3. Яковлева А.А., Соболева В.Г., Филатова Е.Г. Создание математического описания реакций металлического галлия с помощью кинетической блок-схемы Международная конференция «Информационные техно-

логии в промышленности и производстве» Томский политехнический университет, Томск, Россия, январь, 2018.

4. Немчинова Н.В., Яковлева А.А. Оптимизация кинетических исследований в металлургии. // Вестник ИрГТУ, 2016, № 9, с. 119-129.

МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ЦИАНИДА

А.А.Козлов¹, Н.В.Немчинова²

¹ аспирант группы аТМТ-18-1, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Zaxfer@mail.ru

² д.т.н., профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» г. Иркутск e-mail: Ninavn@yandex.ru

Самой затратной статьей при переработке золотосодержащих руд классическим цианистым процессом является стоимость затрачиваемого NaCN. Для переработки 1 т руды или концентрата затраты на NaCN лежат в диапазоне от 30 до 40 %.

Теоретический расход цианида на растворение золота небольшой. В пересчете на 1 г золота по стехиометрии реакции расходуется всего 0,49 г цианистого натрия. Однако практический расход цианистого натрия в сотни раз превышает теоретический. Это обусловлено тем, что минералы меди находящиеся в исходном сырье при взаимодействии с NaCN образуют медноцианистые комплексы: $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$, $\text{Cu}(\text{CN})_3^{2-}$, $\text{Cu}(\text{CN})_4^{3-}$, что и приводит к значительному увеличению расхода цианида натрия в процессе выщелачивания золота. Опираясь на практику работы золотоизвлекательных фабрик (ЗИФ), применяющих процесс цианирования, известно, что фактический расход цианида в расчете на 1 г золота в руде при переработке золотосодержащих руд составляет от 100 до 160 г (т.е. в 200–320 раз больше теоретического), а при переработке золотосодержащих флотоконцентратов – от 140 до 180 г (в 280–360 раз).

С учетом того, что сырьевая база с годами изменяется, золотодобывающим предприятиям приходится использовать руды с все более сложным химическим составом и различной степенью упорности. Встал вопрос о разработке технологий, способствующих снизить затраты на расход NaCN [1].

В настоящее время разработаны методы, обеспечивающие регенерацию NaCN из оборотных растворов и, как следствие, снижение капитальных затрат на процесс цианирования. К таким технологиям относятся: AVR (подкисление – возгонка – ренейтрализация) - процессы: AVR, Vitrokele, Cyanisorb; процессы, основанные на извлечении меди из растворов в виде сульфида: Cutch, MNR, SART, Sceresini; процессы с использованием ионообменных смол – AuGment, Hannah, ELUTECH.

Среди технологий рециклинга цианида **ARV-процесс** был открыт одним из первых. ARV-процесс включает несколько операций.

1. Подкисление растворов до значений $\text{pH} > 7$ путем добавления серной кислоты.
2. Образование HCN и улетучивание его с воздухом.
3. Газообразный HCN нейтрализуют щелочью до достижения значений $\text{pH} > 10,5$.

ARV-процесс позволяет регенерировать более 90% цианида. Следует отметить, что в процессе применения технологии при $\text{pH} \leq 3$ образуется высокотоксичный продукт CuCN, что приводит к ее ограниченному использованию для оборотных растворов, так как осадок цианистой меди имеет невысокий спрос на рынке. При снижении $\text{pH} \leq 2$ медь выпадает в виде осадка CuSCN, на что требуются дополнительные затраты кислоты.

Принципиальная технологическая схема AVR приведена на рис.1.

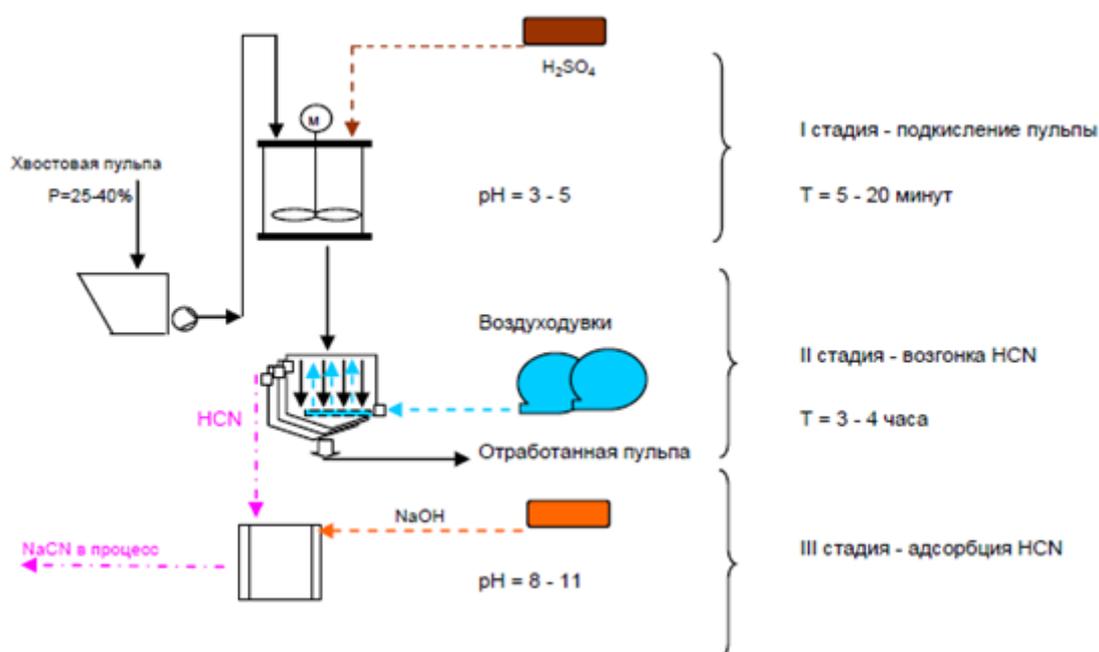


Рисунок 1 – Принципиальная схема AVR-технологии

MNR-процесс

Процесс, разработанный MNR, включает твердо-жидкостную сепарацию для получения осветленного Cu-CN раствора, в который добавляются водорастворимые сульфиды (NaHS или Na₂S). Растворы анализируют на содержание меди, реагент вводят в соответствии с ее концентрацией. Затем раствор подкисляется серной кислотой до $\text{pH} < 5$ с целью осаждения меди. Подкисление необходимо проводить в реакторе при перемешивании. Получаемый при этом сульфид меди извлекается посредством фильтрации, цианистый водород возгоняется и абсорбируется щелочью. Все реакции осуществляют под давлением 0,15-1,5 МПа.

Образовавшаяся пульпа поступает на пресс-фильтр для разделения твердого и жидкого. Фильтрат, содержащий цианид, подщелачивают до необходимого значения рН. Для этого при перемешивании в смесителе добавляется известковое молоко или каустическая сода. После достижения $pH > 10,5$ раствор доукрепляется цианидом натрия в соответствии с содержанием, необходимым для проведения растворения.

Медь, ртуть, кадмий, серебро и свинец могут быть осаждены при таком уровне рН, но цинк и никель образуют нерастворимые формы сульфидов в щелочной области.

Полученный кек-сульфид меди отправляют на рафинировочный завод для плавки. Обычно сырой кек содержит 60% влаги. Сухой концентрат содержит более 50% меди (иногда более 75%) и суммарного цианида – 1-5%.

Вся система находится под давлением, которое предотвращает улетучивание HCN. Воздушные потоки с HCN спускаются в выхлопную систему и систему сбора воздуха и нейтрализуются NaOH. Для поддержания рН используют известковое молоко или соду.

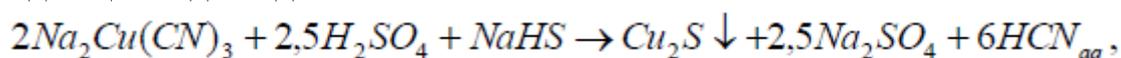
Регенерация цианида в процессе MNR составляет около 90% [2].

SART-процесс.

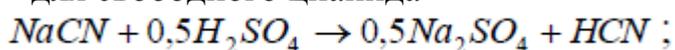
Данная технология протекает в несколько стадий в соответствии со следующими химическими реакциями:

Процесс подкисления хвостовой цианидсодержащей пульпы в присутствии гидросульфида натрия (NaHS) с образованием искусственного сульфида меди:

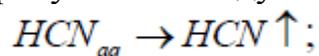
– для цианида меди



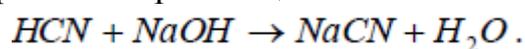
– для свободного цианида



Процесс возгонки в присутствии воздуха



Процесс повторной нейтрализации



Если на обработку поступает не рабочий раствор, а хвостовая пульпа при определенном содержании твердой фазы, то технологии SART предшествует предварительное разделение твердой и жидкой фаз пульпы путем противоточной декантации и/или фильтрования. Осадок сульфида меди после обезвоживания смешивается с флотоконцентратом и/или реализуется как отдельный товарный продукт.

Графически данная технология может быть представлена как технологическая цепочка, которая включает разделение жидкой и твердой фаз, например, путем противоточной декантации, собственно SART-процесс,

возгонка, обработка цианида в скруббере и нейтрализация отходов (рис. 2) [2].

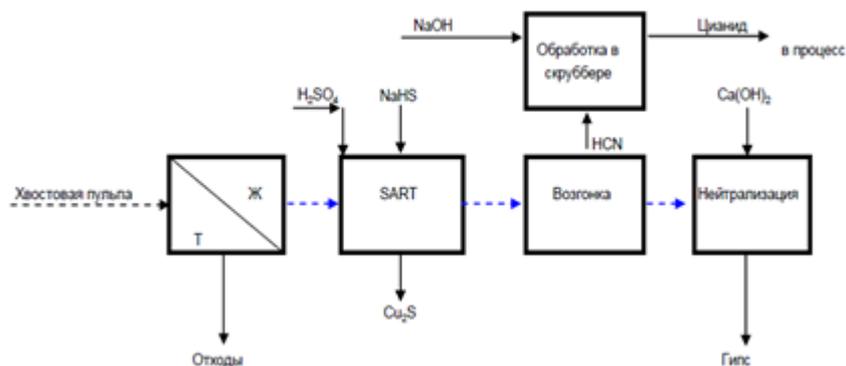


Рисунок 2 – Концептуальная схема SART-процесса

AuGMENT процесс

Процесс разработан для медноцианидных растворов и пульп с применением ионообменных смол. Механизм заключается в образовании различных медноцианидных комплексов, в которые медь и цианид входят в различных соотношениях. Три-цианистый комплекс меди наиболее стабилен в широком диапазоне соотношений CN/Cu. Контроль соотношений CN/Cu – ключ к достижению высоких технологических показателей AuGMENT-процесса. Тот факт, что осадок CuCN частично осаждается – это ключевой момент AuGMENT-процесса.

В ходе загрузочного цикла смола рециркулирует в стадии элюации и регенерации. В последней стадии RIP основное количество CuCN осаждается в порах смолы. Когда смола попадает в хвосты золотодобывающих предприятий, CuCN, содержащийся в смоле, вступает в реакцию с трицианистым комплексом меди, в результате чего образуется дицианоанионный комплекс. Этот вид комплексов очень привлекателен для сильноосновных смол за счет отрицательного заряда, что обеспечивает высокую емкость смолы. С каждой функциональной группой смолы взаимодействует медноцианидный анион.

AuGMENT-процесс включает операцию ионного обмена, жидкостной экстракции и электролиза, в результате чего получают металл Доре (Au-Ag), (Cu-Au) -Доре медные катоды или другие медьсодержащие продукты [2].

Библиографический список:

1. Лодейщиков В.В., Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: в 2-х томах. – Иркутск: ОАО «ИРГИРЕДМЕТ», 1999. Т.2. – 452 с.
2. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра. – М.: МИСИС, 2001. – 336 с.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО СТАЛИ И ЕЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

М.В. Константинова¹, В.С. Вологин²

¹ к.х.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: mavikonst@mail.ru,

² студент гр.МЦб-17-1 ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: vologin.v@mail.ru

Формирование у сплавов требуемого комплекса свойств достигается в настоящее время весьма разнообразными способами. Материалы изделий, которые при эксплуатации подвергаются различным воздействиям – как механическим нагрузкам, так и воздействию окружающей среды – должны обладать структурой, гарантирующей не только прочность, но и долговечность и надежность. Долговечность предполагает работу изделий в условиях постепенного отказа, который определяется такими явлениями, как усталость, коррозия, ползучесть и пр. Надежность определяется способностью материала противостоять внезапному отказу, который часто происходит по причине хрупкого разрушения и может привести к авариям [1].

Повышенные требования конструкционной прочности предъявляются, в частности, к сложно нагруженным изделиям, таким, как рельсы. Одно из важнейших требований к микроструктуре рельсовых сталей – ограничение по количеству неметаллических включений, таких, как оксиды, сульфиды и др. Присутствие включений приводит к тому, что при эксплуатации в изделии вблизи них напряжения оказываются повышенными, а это снижает как долговечность, так и надежность. Количество неметаллических включений связывают с металлургическим качеством сталей [2].

Удаление из состава стали при ее производстве примесей, т.е. повышение качества стали, достигается более требовательным подходом к составу шихтовых материалов, а также применением специальных металлургических переплавов. Использование при этом вакуума позволяет удалять в основном растворенные газы, а обработка синтетическим шлаком позволяет снизить до минимума содержание серы.

Определение загрязненности стали неметаллическими включениями является важным этапом металлографических исследований.

В данной работе была изучена структура рельсовой стали. Оценка степени загрязненности проводили в соответствии с ГОСТ 1778-70, метод испытаний Ш.

Для проведения исследования из рельса вырезали образцы в продольном и поперечном направлении. Методика приготовления микрошлифа состояла в следующем. Образец шлифовали с использованием шкур

различной зернистости, каждый раз меняя направление шлифования. Окончательной стадией явилось полирование. Исследование производили с применением металлографического микроскопа марки Микромет 2. Фотографирование и обработку изображений микроструктуры выполняли с использованием камеры и программы обеспечения Topr View.

Производился анализ всей площади нетравленных шлифов с продольным и поперечным направлением волокон, с последующим сравнением полученных результатов со стандартными эталонными шкалами при стократном увеличении.

Изучение загрязненности металла в пределах площади поверхности исследуемых образцов показало, что единичные включения расположены достаточно равномерно, без выявленных мест их повышенной концентрации, вне зависимости от направления вырезки образца (рис.1).

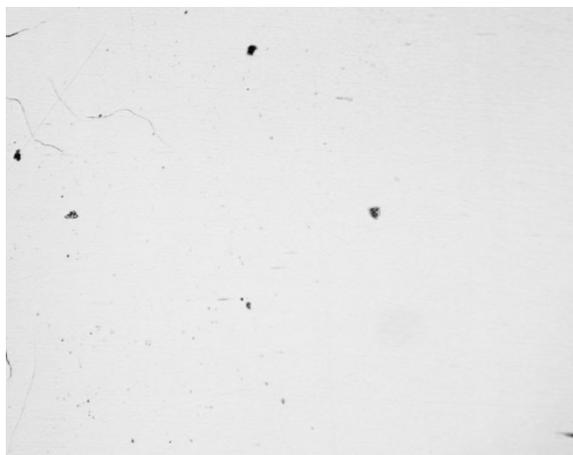


Рисунок 1. – Полированный микрошлиф (поперечное направление), x100

Наблюдаемые нами включения были темного цвета, непрозрачные, равноосной формы, распределены хаотично, достаточно равномерно. Это, предположительно, включения оксидов (рис.1). Сравнение наблюдаемых включений со стандартными эталонными пятибалльными шкалами позволило установить балл загрязненности равным 1 (ГОСТ 1778-70). Это позволяет определить качество стали как достаточно высокое [3], что способствует повышению конструкционной прочности.

Библиографический список:

1. Золоторевский В.С. Механические испытания и свойства металлов. М.: Металлургия, 1983 – 350с.
2. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение: учеб. пособие для вузов – М.: Металлургия, 1989 – 455с.

3. Козлов Л. Я., Колокольцев В.М., Тен Э.Б., Вдовин К.Н. и др. Производство стальных отливок – Магнитогорск: изд-во МГГТУ им. Г.И. Носова, 2011 – 351с.,

СВОЙСТВА ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ОКСИДИРОВАНИЕМ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ В СЕРНОКИСЛОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ

М.А. Демидов¹, М.Ю. Кузьмина²

¹ магистрант гр. МЦМ–17–1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: maxdem28@mail.ru

² к.х.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: kuzmina.my@yandex.ru

Электрохимическое оксидирование (анодное оксидирование, анодирование) позволяет образовать на поверхности металла оксидную (анодную) пленку одного из трех типов [1–3]:

– тонкую барьерную пленку толщиной 0,1–1 мкм. Данные пленки формируются в электролитах, не растворяющих оксидов и находят применение при изготовлении электроизоляционных материалов;

– анодную пленку средней толщины (1–50 мкм), используемую при защите алюминия и его сплавов от коррозии и при декоративной отделке изделий различного назначения;

– толстую анодную оксидную пленку толщиной 50–300 мкм применяемую для защиты поверхности от износа и истирания, тепло- и электроизоляции.

Анодная пленка, сформированная на поверхности электрода (детали из алюминия или его сплава), состоит из примыкающего к основному металлу тонкого барьерного слоя и пористого наружного слоя [2, 3].

Свойства анодных оксидных пленок определяются их пористостью, твердостью, износостойкостью, тепловыми, а также электроизоляционными и коррозионными характеристиками. Анодные оксидные пленки, обладающие повышенной твердостью и коррозионной стойкостью, формируются в электролитах на основе серной кислоты [3].

Пористость оксидных пленок определяется объемом пустот, имеющих в пленке, отнесенным к объему всей пленки. Общая пористость включает микропористость, обусловленную механизмом формирования пленки, и макропористость – трещины и механические разрушения. Она зависит от природы сплава, режима электролиза и состава электролита и колеблется для различных сплавов от 10 до 40 %. Для толстых оксидных пленок, полученных на сплавах алюминия, содержащих медь, в серной кислоте, пористость чистого алюминия составляет 10 %, сплава Д16 – 26

%, бинарного сплава – 32 %. Присутствие в сплаве Si, Mn и Mg незначительно сказывается на пористости, оставляя ее в пределах 10–15 %.

Твердость оксидных пленок зависит от концентрации электролита, температуры и плотности тока. Микротвердость анодных оксидных пленок меняется от $1,5 \cdot 10^4$ МПа на чистом алюминии до $(2,5–3,0) \cdot 10^3$ МПа на технических сплавах.

Износостойкость оксидных пленок (способность оказывать сопротивление истиранию) зависит от свойств пленок и условий их изнашивания – трение скольжения или воздействие твердых частиц. Полирование оксидированной поверхности снижает износ и коэффициент трения пленок.

Теплоизоляционные свойства оксидированных алюминиевых сплавов выше, чем у не оксидированного металла. *Теплопроводность* оксида алюминия равна 0,004–0,012 Дж/(см·с·град), что в 200–500 раз ниже, чем у чистого алюминия. *Коэффициент теплового излучения* анодированной поверхности в 10 раз выше по сравнению с чистым металлом. Толстые пленки на алюминиевых сплавах обладают повышенной стойкостью против воздействия высоких температур. Поэтому оксидирование используют при изготовлении изложниц для разлива алюминиевых и магниевых сплавов.

Электроизоляционные свойства оксидных пленок на алюминии обусловлены высоким *удельным электрическим сопротивлением* оксида алюминия ($4 \cdot 10^{15}$ Ом·см при 20 °С для анодной оксидной пленки на алюминии, толщиной 5 мкм). Таким образом, барьерный слой обладает высоким электрическим сопротивлением. Электрическое сопротивление пленки зависит от состава алюминиевого сплава, режима оксидирования, последующей обработки оксидных пленок, наполнения и условий эксплуатации.

Для анодных оксидных пленок характерны высокие адгезия, жаростойкость, теплопроводность, механическая прочность и химическая стойкость. *Коррозионные свойства* оксидных пленок определяются их стойкостью к химическому воздействию окружающей среды без нарушения сплошности пленок. Коррозионная стойкость оксидированных алюминиевых изделий уменьшается в щелочных средах и средах с присутствием галогенсодержащих ионов. Увеличение пористости и растрескивание также снижают коррозионную стойкость оксидированных алюминиевых изделий в результате ухудшения изолированности металла от коррозионной среды.

Библиографический список:

1. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Мотивация труда на предприятиях алюминиевой промышленности // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 9 (56). – С. 195–201.
2. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Ликвация и повышение качества проб литейных алюминиевых сплавов // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 12 (83). – С. 210–213.

3. Демидов М.А., Кузьмина М.Ю. Получение защитных оксидных покрытий на алюминии электрохимическим методом // Переработка природного и техногенного сырья : сборник науч. трудов студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий. – Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2018. – С. 81–86.

ВОЗМОЖНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ

В.Г. Ситникова¹, М.Ю. Кузьмина²

¹ магистрант гр. МЦм–17–1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНТУ», г. Иркутск, e-mail: stiven7@mail.ru

² к.х.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, ФГБОУ ВО «ИРНТУ», г. Иркутск, e-mail: kuzmina.my@yandex.ru

Оксидирование – процесс искусственного образования на поверхности металлов устойчивой оксидной пленки химическим или электрохимическим способом с целью защиты от коррозии, декоративной отделки и повышения сопротивления износу. Наибольшее распространение получило оксидирование алюминия и его сплавов, применяемых в качестве конструкционных материалов в самолетостроении, авиационном моторостроении и автомобилестроении, а также для изготовления различных изделий из данного металла [1–9]. Ряд покрытий, получаемых химической обработкой алюминия, включает защитные покрытия, образующие непосредственно на поверхности металла. Химическое оксидирование алюминия позволяет получать сплошные слои с малой пористостью и хорошей адгезией, которые имеют защитные свойства в атмосфере с низкой степенью коррозионной агрессивности. Оксидные слои на алюминии, полученные химическим оксидированием, существенно повышают стойкость не только самого металла, но и лакокрасочных покрытий, нанесенных на оксидный слой [1,2].

Химическое оксидирование, как более дешевое и не требующее электрооборудования, целесообразно использовать в тех случаях, когда полученные пленки будут использованы для защиты от коррозии или в качестве грунта под окраску. Оксидные покрытия применяют в комбинации с лакокрасочными покрытиями и самостоятельно. В качестве окислителей применяют хромовую кислоту и ее соли, нитриты и персульфаты щелочных металлов. Оксидирование проводят в кислой или щелочной среде. Продолжительность процесса оксидирования при 15–20 °С составляет 10–20 мин. После оксидирования детали промывают в холодной, а затем в теплой воде, после чего сушат при температуре не выше 60 °С или обдувают теплым воздухом. Для защитно-декоративного оксидирования применяется следующий состав раствора (в г/дм³): 40–50 ортофосфорной кислоты, 3–5 кислого фтористого

калия, 5–7 хромового ангидрида. Рабочая температура процесса – 15–25 °С, выдержка 5–7 мин [1,2,4].

Химическое оксидирование алюминия часто проводят в слабощелочных растворах, содержащих в качестве окислителя хромат натрия. Толщина оксидных пленок при этом составляет 0,5–4,0 мкм. В сухом воздухе оксидные пленки достаточно стойки, а во влажной атмосфере, и особенно в воде, защитные свойства от коррозии их крайне невысоки. Защитные свойства оксидных пленок повышают пропиткой их маслом [1,2,4].

Химическое оксидирование, находит широкое применение в промышленности, так как целью оксидирования является улучшение декоративных и защитных свойств металлов. Образующиеся на поверхности металла покрытия способствуют значительному повышению адгезии лакокрасочных материалов [1–4, 6]. Преимуществами этого способа по сравнению с анодированием являются простота, экономичность и малая продолжительность процесса. Покрытия, получаемые химическим оксидированием, используют не только как подслои для лакокрасочных покрытий, но и для временной защиты деталей при хранении на отапливаемых складах.

Библиографический список:

1. Кузьмина М.Ю. Защита металлургического оборудования от коррозии: учеб. пособие. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. – 160 с.
2. Kuz'min M.P., Xiao-Yuan Li, Kuz'mina M.Y., Begunov A.I., Zhuravlyova A.S. Changing the properties of indium tin oxide by introducing aluminum cations // *Electrochemistry Communications*. – 2016. – V. 67 – P. 35–38.
3. Бегунов А.И., Кузьмин М.П. Энтальпия и энергия Гиббса интерметаллических химических соединений в техническом алюминии // *Вестник ИрГТУ*. – 2013. – № 4 (75). – С. 111–114.
4. Кузьмин М.П. Эффект замещения индия алюминием в тонких плёнках оксида индия-олова // *Вестник ИрГТУ*. – 2013. – № 9 (80). – С. 196–201.
5. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Мотивация труда на предприятиях алюминиевой промышленности // *Вестник ИрГТУ*. – 2011. – № 9 (56). – С. 195–201.
6. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Изменения параметров оксидных плёнок TiO_2 при длительной работе модельной электрохромной ячейки // *Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств: материалы науч.-практ. конф., посвященной 80-летию ИрГТУ и ХМФ, апр. 2010 г.* – Иркутск, 2010. – С. 169–171.
7. Кузьмин М.П. Разработка сравнительного метода оценки устойчивости интерметаллидов в алюминии и его сплавах, Сб. докладов Международного научно-технического Уральского школы-семинара металлургов-молодых учёных, нояб. 2013. Екатеринбург, 2013. – С. 44–46.

8. Кузьмин М.П., Кондратьев В.В., Ларионов Л.М., Кузьмина М.Ю., Иванчик Н.Н. Возможность получения сплавов системы Al–Si с использованием аморфного микрокремнезема // *Металлург.* – 2017. – № 1 – С. 101–105.

9. Ларионов Л.М., Кондратьев В.В., Кузьмин М.П. Пути использования углеродсодержащих отходов алюминиевого производства // *Вестник ИрГТУ.* – 2017. – Т. 21. – № 4 (123). – С. 139–146.

ЗАМЕНА ТЕРМИЧЕСКИХ МАССОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ SIERRA 640S НА ТРУБОПРОВОДАХ ПОДАЧИ РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДУХА НА ФОРСУНКИ СКРУББЕРА-ОХЛАДИТЕЛЯ ПЛАВИЛЬНОГО АГРЕГАТА

Е.Н. Кусаинов¹, Н.В. Немчинова²

¹ магистрант гр. МЦМ-18-1, ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: erkosh-96@bk.ru

² доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов, ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: ninavn@yandex.ru

В Заполярном филиале ПАО «ГМК «Норильский никель» на Надеждинском металлургическом заводе им. Б.И. Колесникова (НМЗ) производят тяжелые цветные металлы. В процессе производства образуются шлаки, богатые по содержанию ценных компонентов: меди, никеля и др. Направлять их в отвал экономически не выгодно. С целью доизвлечения ценных компонентов используется процесс обеднительной электроплавки (ОЭП), которую проводят в руднотермической печи с тремя самообжигающимися электродами. Процесс ОЭП – это процесс восстановления оксидов цветных металлов, содержащихся в шлаках восстановительной плавки, конвертерных шлаках, с получением металлизированного штейна и отвального шлака. Он основан на использовании тепловой энергии, выделяемой в ванне печи при прохождении электрического тока через слой шлака [1].

Очистка технологических запыленных газов в ОЭП осуществляется в установках очистки газов (УОГ) двух типов: «мокрое» механическом пылеуловителе – скруббере-охладителе и «сухое» механическом пылеуловителе – рукавном фильтре [2].

В скруббере-охладителе очистка газов от пыли осуществляется при контакте пылегазового потока с водяным туманом, в результате чего частицы пыли увлажняются, утяжеляются и выводятся из пылегазового потока под действием гравитационных сил. Размер улавливаемой крупной фракции пыли составляет от 15 до 20 мкм. Газ из плавильного агрегата по газоходу поступает в скруббер-охладитель и попутно дожигается через два распределительных кольца, одновременно охлаждаясь до температуры $\approx 1050^\circ\text{C}$, после второго распределительного кольца температура газа со-

ставляет $\approx 950^{\circ}\text{C}$, а после третьего кольца на входе в скруббер-охладитель температура должна быть ниже 800°C . По периметру крыши скруббера-охладителя установлены шесть водо-воздушных форсунок и одна боковая форсунка на подводящем газоходе, через которые в скруббер-охладитель поступает распылённая сжатым воздухом вода. Суммарная производительность форсунок составляет $21 \text{ м}^3/\text{ч}$. В образующемся водяном тумане происходит охлаждение отходящих газов ниже 230°C с одновременной коагуляцией (слипанием взвешенных в газовой среде частиц при их соприкосновении). Слипшаяся пыль осаждается на дно бункера скруббера-охладителя, откуда по мере накопления (уровень пыли должен быть ниже решётки) транспортируется скребковым транспортёром в приемный бункер и возвращается в плавильный агрегат [3].

На трубопроводах подачи распылительного воздуха на форсунки скруббера-охладителя плавильного агрегата установлены термические массовые расходомеры SIERRA 640S. Существенным недостатком данного метода измерений является не прогнозируемое во времени изменение стабильности и точности показаний, вызванное загрязнением и снижением чувствительности калориметрических сенсоров расходомера. Данный тип средств измерений не обеспечен периодической поверкой ввиду отсутствия специальной калибровочной установки. Отсутствие достоверных показаний приводит к неправильному ведению технологического процесса очистки отходящих газов в части распыления воды в скруббере-охладителе. Скруббер-охладитель испарительного охлаждения является одним из важных узлов системы газоочистки и отсутствие правильной регулировки распыла на форсунках приводит к увеличению или уменьшению количества воды, подаваемой для охлаждения отходящего газа и дальнейшей его очистки в рукавном фильтре. Увеличение количества воды приводит к увлажнению фильтровальных элементов, что приводит к уменьшению пропускной способности всего фильтра в целом.

Уменьшение количества воды приводит к увеличению температуры перед рукавным фильтром, что в свою очередь может привести к выгоранию всех фильтровальных элементов [2].

В связи с этим возникла необходимость замены термических массовых расходомеров SIERRA 640S, установленных на трубопроводах подачи распылительного воздуха, на форсунках скруббера-охладителя УОГ, на диафрагму камерную. Расчет комплекса измерений расхода методом переменного перепада, возможно, осуществить в программе «ФЛОУМЕТРИКА» (разработчик - ООО «Институт Гипроникель»), силами специалистов лаборатории метрологии. Преимуществом данного вида измерений является возможность обеспечения комплекса измерений регулярной метрологической поверкой как диафрагмы камерной, так и датчика перепада давления, установленного в комплексе с диафрагмой.

Таким образом, обеспечение стабильности и точности показаний расхода распылительного воздуха на форсунки скруббера-охладителя УОГ, обеспечение стабильной работы УОГ, исключение внеплановых простоев плавильных агрегатов и обеспечение выполнения производственной программы в части переработки шихты и получения низких по содержанию цветных и драгоценных металлов отвальных шлаков. Тем самым достигается снижение потерь Ni, Cu, Pt, Co, Pd, Au и Ag [4].

Библиографический список:

1. Воскобойников В. Г., Кудрин В. А., Якушев А.М. Общая металлургия. 6-изд., перераб. и доп. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 768 с.
2. Техническая инструкция ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» Надеждинского металлургического завода им. Б.И. Колесникова ТИ 44577806.14.91-36-2013 . – 2013.
3. Технологический регламент. Разработка технологического регламента на реконструкцию ПМП НМЗ с учетом изменившейся структуры сырья и увеличения мощности для переработки всего никелевого сырья ЗФ: договор № 021-143н от 05.07.2014 г. с ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель») / ООО «Институт Гипроникель». – 2015. – 110 с.
4. Цемехман Л.Ш., Фомичев В.Б., Кайтмазов Н.Г. Атлас минерального сырья, технологических промышленных продуктов и товарной продукции ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель». – М.: ИД «Руда и металлы», 2010. – 336 с.

КУЧНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ МОЛИБДЕНА

А.Э. Савелов¹, А.А. Васильев²

¹студент гр. МЦБ-16-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Savelovv1998@mail.ru

²к.т.н, доцент кафедры «Металлургия цветных металлов» ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: vasiliev@tomsmineral.ru

В мире более 95% молибдена производится из сульфидных руд, в которых он представлен в виде минерала молибденит MoS_2 . Такие руды подвергают флотационному обогащению с последующей металлургической переработкой концентратов. Однако зачастую в месторождениях молибдена содержится зона окисления, в которой молибден представлен окисленными минералами, такими как ферримолибдит ($\text{Fe}_2[\text{MoO}_3]_3$) и повеллит (CaMoO_4). В настоящее время молибден из таких минералов не извлекается, и такие руды складываются в отвалах [1].

Молибден из окисленных руд может быть извлечен по технологии кучного выщелачивания.

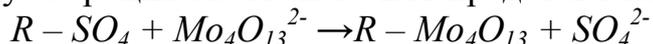
По данной технологии окисленную руду укладывают в штабель кучного выщелачивания с предварительным дроблением и орошают 2% раствором серной кислоты.

Форма нахождения молибдена в растворе зависит от pH среды. При pH 6,5 присутствуют только молибдат-анионы Mo_4O^{2-} . В интервале pH = 6,5 – 2,5 происходит полимеризация с образованием полианионов $Mo_7O_{24}^{6-}$, $Mo_8O_{26}^{2-}$, $Mo_6O_{20}^{4-}$, $Mo_4O_{13}^{2-}$. [2]

Молибденсодержащие растворы, подвергают сорбции. В качестве сорбента предлагается использовать ионообменную смолу марки *Purolite A100Mo*.

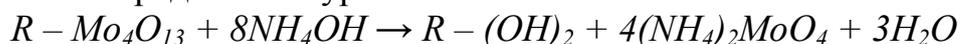
После сорбции смолу подвергают донасыщению подкисленными растворами от конверсии смолы в *OH* форму и растворами от осаждения тетрамолибдата. Оптимальный pH растворов стадии на сорбции 3 - 3,2. Данный pH необходимо поддерживать на операции донасыщения смолы.

Для сорбции применяется анионообменная смола, в процессе сорбции концентрация анионов молибдена в растворе снижается и за счет сдвига равновесия молибден из катионной формы переходит в анионную форму. Сорбция Mo может быть представлена уравнением:

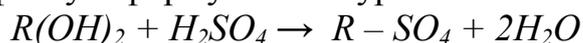


Смола, насыщенная по молибдену, после грохочения, отмывки от илов и конверсии в *OH* форму поступает на стадию десорбции.

Десорбцию проводят 15% раствором аммиака. Процесс десорбции может быть представлен уравнением:



Смолу после десорбции подвергают конверсии в SO_4^{2-} форму и направляют в оборот на стадию сорбции молибдена. Перевод смолы в сульфатную форму описан уравнением:



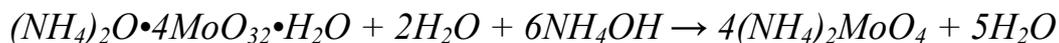
Богатые по молибдену элюаты направляют на очистку от фосфора и осаждение парамолибдата аммония (ПМА), а также на конверсию смолы в *OH* форму. Очистку товарного регенерата от фосфора проводят сорбцией на свежесаживаемом осадке $Mg(OH)_2$. Образующийся в ходе очистки осадок отфильтровывают и возвращают на кучное выщелачивание. Из очищенного товарного регенерата осаждают полимолибдаты аммония $(NH_4)_2O \cdot 4MoO_3 \cdot 2H_2O$. Осаждение ведут при непрерывном перемешивании, подавая улучшенную серную кислоту в раствор до pH = 2,5 - 3,5 при температуре 55 °С.



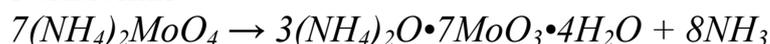
Выпавший осадок фильтруют. Превращение сопровождается измельчением кристаллов. Образуется дисперсный труднофильтруемый осадок. Осадки тетрамолибдата имеют высокую степень чистоты, так как в слабокислом маточном растворе остаются примеси ионов щелочных, щелочноземельных металлов, никеля, цинка, меди, соединений мышьяка,

фосфора, серы. В осадок полимолибдат увлекает ионы хлора и вольфрама. Данные примеси удаляются перекристаллизацией осадка.

Для перекристаллизации полимолибдат растворяют в 8-10% растворе аммиака при температуре 70-80 °С. Растворение ведут до плотности 1,41-1,48 г/см³.



Охлаждая раствор до температуры 15-20 °С кристаллизуют парамолибдат аммония.



В кристаллы выпадает 50-60% молибдена, маточный раствор служит для последующей перекристаллизации. После перекристаллизации примерно 7 партий осадков, маточный раствор выводится на осаждение полимолибдатов, так как в нем накапливаются примеси.

Выпавшие кристаллы фильтруют и промывают на фильтре дистиллированной водой (конденсатом). Отфильтрованные кристаллы парамолибдата сушат, прокаливают и направляют на склад готовой продукции.

Библиографический список:

- 1 Зеликман А. Н. *Металлургия тугоплавких редких металлов* – М.: *Металлургия*, 1980, – 326 с.
- 2 Зеликман А.Н. *Молибден*, М.: *Металлургия*, 1970, – 441 с.

УДК 669.7

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПЕСКОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СУХИХ БАРЬЕРНЫХ СМЕСЕЙ (ОБЗОР И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ)

О.П. Гудкова¹, Т.Ч. Нгуен², А.А. Яковлева³

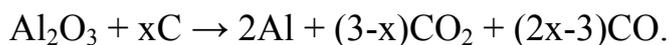
¹ студент гр. МЦб-15-1, ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: go_pavlovna@mail.ru

² аспирант гр. аФХ-18-1 ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: nguyentrungthuy_irk@mail.ru

³ д. т. н., профессор кафедры химии и пищевой технологии им. проф. Тутуриной В.В., ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: ayakovistu@mail.ru

Процесс Эру–Холла является промышленным способом производства первичного алюминия уже более века [1]. Он основан на электролитическом разложении глинозема, растворенного в жидком криолите при температуре 940–970 °С. Поскольку алюминий плотнее жидкого криолита, он остается на дне электролизера, а ионы кислорода вступают в реакцию с

угольным анодом, что приводит к получению парниковых газов согласно уравнению:



Эта информация, знакомая большинству из нас из курса «Общей химии», оказывается таящей множество задач и проблем, нерешенных до сих пор, особенно когда дело касается технологических аспектов.

Нас заинтересовали проблемы прочности подины электролизера.

Как известно, подина электролизера – сложное устройство, его монтаж и эксплуатация составляют существенную часть производственных расходов. Высокая температура и агрессивные среды рабочего пространства обуславливают активное разрушение огнеупорных материалов, составляющих футеровку цоколя. Анализ литературы показывает, что поиск способов защиты и сохранности подины является актуальной задачей [2–3].

Проникновение компонентов электролита в подкатодное пространство обусловлено неоднородностью подовых блоков и футеровочных материалов. Заполнив все поры угольной футеровки, впитывающиеся вещества скапливаются между угольной и шамотной футеровкой пода, образуя постепенно увеличивающийся слой солевых отложений.

Установлено, что эффективным барьером такому проникновению служит насыпной слой мелкодисперсного огнеупорного материала или смеси. Сейчас такие смеси называются сухими барьерными смесями (СБС), они являются новым поколением катодных барьерных материалов. Наблюдения показали, что ванны, имеющие СБС вместо глинозема, имеют меньший расход криолита и увеличивают срок службы электролизера до 70–90 месяцев.

Когда расплавленные компоненты электролита просачиваются через зазоры между подовыми блоками и соприкасаются с СБС, то образуется вязкий слой на поверхности, содержащий соединения с малой проникающей способностью.

В настоящее время сформированы основные принципы подбора химического состава, физических свойств и структуры исходных материалов при создании СБС:

- содержание оксида алюминия в пределах 27,4–53 %;
- открытая пористость не выше 15 %;
- кажущаяся плотность изделий не ниже 2,20 г/см³ и др.

Часто СБС представляет смесь из шамотной крупки с 29-36% Al_2O_3 и 65-68% SiO_2 . Соотношение оксидов алюминия и кремния может варьироваться, но считается, что повышенное содержание SiO_2 при взаимодействии с агрессивной средой благоприятствует образованию вязкого экранящего слоя.

Анализируя публикации материалов Международной конференции «Алюминий Сибири», мы пришли к выводу, что СБС являются предметом

многочисленных исследований российских и зарубежных ученых. Из публикаций очевидно, что создание СБС во многом определяется сырьевой базой, т. е. содержанием глинозема и кремнезема в исходных глинах и песках. В связи с этим возникает интерес к местным пескам и их потенциальной пригодности для изготовления сухих барьерных смесей.

Таким образом, обзор публикаций позволил сформулировать познавательную задачу, удовлетворяющую критериям научной новизны и практической значимости. Решение подобной задачи предполагает изучение минералогического состава песков, образцы которых отобраны на территории Прибайкалья, и оценку термодинамической возможности их взаимодействия с компонентами электролита.

Библиографический список:

1. Гринберг И.С., Зельберг Б.И., Чалых В.И. и др. Электрометаллургия алюминия. – СПб.: Из-во МАНЭБ, 2005. – 414 с.
2. Сакулин А.В., Маргишвили А.П., Гершкович С.И. и др. Теплоизоляционные и барьерные материалы для футеровки катодов электролизеров. Труды Международной конф. «Алюминий Сибири-2018», Красноярск, 2018, с. 430 – 435.
3. Патрахин И.Ю., Погодаев А.М., Прошкин А.В., Поляков П.В. и др. Испытания барьерных материалов на криолитоустойчивость: методика и опыт работы. Труды Международной конф. «Алюминий Сибири-2015», Красноярск, 2005, с. 331-338.

УДК 669 : 658.567.1(075.8)

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ КАТОДНОГО УСТРОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

Н.В. Немчинова¹, А.И. Кобелева²

¹ д.т.н., профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ninavn@istu.edu

² магистрант гр. МЦМ-18-1 ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: nastyakobeleva8@gmail.com

Производство алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов осуществляется в электролизере, состоящем из катодного и анодного устройств. Катодное устройство является наиболее «уязвимым» местом электролизера - при длительной эксплуатации оно выходит из строя раньше, чем любой другой конструктивный элемент ванны [1]. На практике срок службы электролизной ванны в среднем составляет 3-5 лет на отечественных заводах, и 6-8 лет на зарубежных.

Специалистами отмечаются несколько основных причин снижения срока службы электролизера:

- нарушение технологии пуска в пусковой период электролизера;
- резкие отклонения температурного режима в период эксплуатации;
- физико-химическое взаимодействие углеродсодержащих футеровочных материалов с компонентами расплава;
- инфильтрация натрия в подину и его диффузия в огнеупорную и теплоизоляционную составляющие футеровки [2];
- разрушение и деформация стального кожуха электролизера.

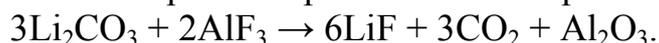
При этом основными являются вторая и третья причины [3].

Картина разрушения подин, которую можно наблюдать при демонтаже электролизеров, обычно состоит в следующем: катодные блоки в средней части ванны подняты и центральный шов раскрыт. Устройство центрального шва вперевязку позволяет несколько усилить подину, но подъем блоков приводит к образованию трещин, возникает как бы два центральных шва. При подъеме блоков изгибаются стальные катодные стержни; торцы блоков давят на боковую футеровку и вызывают деформацию кожуха, его продольные и торцевые стороны в верхней части выгибаются наружу, форма кожуха в плане приближается к эллипсу. Возникающие напряжения настолько значительны, что могут привести к разрыву кожуха в углах или к отрыву анкерных болтов (в ваннах, имеющих кожух без днища) от кожуха.

При этом в образовавшиеся трещины проникает алюминий и электролит. Металл растворяет стальные катодные стержни, и содержание железа в алюминии в связи с этим быстро нарастает. Вместе с алюминием через футеровку проникают составляющие электролита и взаимодействует с кирпичной кладкой, образуя различные фторкремнеземсодержащие соединения между подушкой и цоколем ванны, отчего также увеличиваются напряжения в подине. Поэтому, чтобы снизить влияние компонентов расплава электролита и металла на разрушение футеровочных материалов катода, производителями алюминия предпринимается ряд технологических мер и технических мероприятий.

Для повышения срока службы за рубежом практикуется в качестве литийсодержащего компонента (как добавки в электролит) использование карбоната лития.

При введении в электролит карбоната лития происходит реакция:



По данным компании SQM, владеющей богатейшими ресурсами рассолов, содержащих хлорид лития (Чили), для производства алюминия расходуется 18% всего производимого лития в мире.

Кроме этого, существенными статьями экономии при ведении электролиза с добавками литийсодержащих соединений являются уменьшение расхода фторида алюминия (на 22-38%), уменьшение расхода угольного

анода (1-5%) и увеличение срока службы катодного устройства. Последнее объясняется тем, что насыщение катодных углеродных блоков литием с атомами радиусом меньшим, чем у натрия, более благотворно сказывается на напряженно-деформированном состоянии катода. В среднем за год работы ванны с добавкой LiF срок службы увеличивается на 70 суток. Существенным также является уменьшение удельного расхода энергии на 2-5%, или (при том же расходе энергии) повышение производительности на 3% и более.

ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров» разработало ряд новых видов продукции для футеровки цоколя электролизеров, предназначенных для получения первичного алюминия. Приведены результаты научно-исследовательских работ по теплоизоляционным вермикулитовым изделиям серии ИТОМ и барьерным материалам: плотным шамотным изделиям, мастике для заполнения швов BorAluPlast, сухой барьерной смеси. Вновь разработанные продукты позволяют предложить производителям алюминия комплексное решение для футеровки катода электролизера современными огнеупорными и теплоизоляционными материалами с высоким техническим ресурсом.

Таблица 1 – Химический состав и свойства

| Смесь | Плотность г/см ³ | MgO | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | п.п.п. |
|-----------|--------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|-------------------|------------------|--------|
| Аналог | 1,43 | 0,19 | 28,13 | 3,47 | 64,2 | 1,50 | 0,16 | 0,56 | 2,05 |
| BorAluMix | 1,36 | - | 33,77 | 2,99 | 60,79 | 0,21 | 0,23 | 0,46 | 3,53 |

Применение этих материалов позволяет кратно продлить срок службы электролизера [4].

В 2004 году Ночевкин Е. А. предложил применять торцевые грани катодных блоков в форме обратно симметричных выступов и углублений из клеящего или цементирующего раствора. В качестве блоков использованы угловые блоки, выполненные из карбида кремния в форме полосы толщиной 65 мм, длиной 650 мм, согнутой посередине вокруг продольной оси под углом 90°, боковые грани которой расположены строго вертикально. Торцевые грани выполнены в форме обратно симметричных выступов и углублений, имеющих в сечении форму трапеции с основаниями 22 мм и 24 мм, высотой 8 мм, которые расположены также вертикально, за счет этого можно не только увеличить срок службы и экономию футеровочного материала, но и увеличить полезный объем электролизной ванны [5].

ООО «Русская инжиниринговая компания» предложило формирование бесшовных футеровочных слоев подины алюминиевого электролизера, который включает засыпку порошкообразного материала в кожух электролизера, разравнивание его с помощью рейки, укрытие засыпанного мате-

риала слоем пленки (в качестве пылеизоляции) и уплотнение материала, осуществляемое в два этапа: предварительного статического и окончательного динамического уплотнения. Процесс уплотнения осуществляется через слой из жесткой резины толщиной от 5 до 25% высоты барьерного слоя. Данное изобретение позволяет повысить срок службы за счет замедления скорости проникновения компонентов криолит-глиноземного расплава в теплоизоляционную часть цоколя и сохранения теплофизических свойств футеровочных материалов [6].

Таким образом, вопрос увеличения срока службы алюминиевого электролизера за счет применения новых конструктивных решений или новых огнеупорных материалов на сегодняшний день является актуальным.

Библиографический список:

1. Sorlie M., Oye H. A. Cathodes in aluminum electrolysis. 3rd edition. – Düsseldorf : Aluminum Verlag GmbH, 2010. – 678 p.
2. Юрков А.Л. Огнеупоры и углеродные катодные материалы для алюминиевой промышленности. – Красноярск: Бона компании, 2005. – 258 с.
3. Патрин Р.К. Повышение эффективности ресурсосбережения при производстве алюминия электролизом на основе использования футеровочных материалов катода: дис... канд. техн. наук: 05.16.02 /Р.К. Патрин. – СПб., 2015. – 127 с.
4. Сакулин В.Я., Скурихин В.В., Мигаль В.П., Маргишвили А.П.. Комплексное решение для футеровки цоколя электролизера современными огнеупорными и теплоизоляционными материалами // Новые огнеупоры. – 2007. – № 3. – С. 99 – 108.
5. Пат. № 2237112, Российская Федерация, 7С25С 3/08 А. Боковая футеровка алюминиевого электролизера / Е.А. Ночевкин; заявитель и патентообладатель Е.А. Ночевкин. – заявл. 25.07.2003, публ. 27.09.2004.
6. Пат. № 2296819, Российская Федерация, С25С 3/06, С25С 3/08. Способ формирования бесшовных футеровочных слоев в алюминиевых электролизерах и устройство для его осуществления / А.В. Прошкин, В.В. Пингин, В.С. Тимофеев, С.Я. Левенсон, Л.И. Гендлин, Ю.И. Ерёменко, В.А. Голдобин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Русская инжиниринговая компания». – заявл. 17.08.2005, публ. 10.04.2007.

УДК 669.712.1

**ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОДИСПЕРСНОГО ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ
ПРИ ПЕРЕБОТКЕ НЕФЕЛИНОВОГО СЫРЬЯ**

Т.Ю. Никитина¹, Е.В.Сизякова²

¹ магистр гр. МЦМ-17, ФПМС, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, e-mail: nikatatka@yandex.ru

² к.т.н., доцент кафедры металлургии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, e-mail: evsi2006@yandex.ru

Актуальность работы. В настоящее время, приоритетным направлением деятельности глиноземного комбината, перерабатывающего низкокачественное нефелиновое сырье ($Al_2O_3 \approx 24,0-27,5\%$) [1], выступает развитие производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Некоторым из таких продуктов является высокодисперсный гидроксид алюминия (НДАН – highly dispersed aluminium hydroxide). Одним из приоритетных направлений развития технологии комплексной переработки низкокачественного алюминийсодержащего сырья, является расширение ассортимента выпускаемой продукции. На современном этапе развития спрос материалов на основе НДАН увеличивается, это объясняется разнообразными сферами применения как в традиционных областях, так и в современных высокотехнологических производствах.[2] Среди значимых сфер применения НДАН можно выделить их использование в составе наполнителей-антипиренов и дымопоглотителей, антипиренов для полимерных материалов в авиа-, автомобиле-, судостроении, абразивы для оптической промышленности, сырье для алюмооксидной керамики.[3,4] В тоже время формируется необходимость в обеспечении специальных характеристик материалов на базе НДАН, например, крупность частиц, однородность фракционного состава, форма частиц, фазовый состав и дополнительных характеристик.

Цель работы. Получение гидроксида алюминия высокой дисперсности с необходимыми свойствами.

Описание лабораторной установки. Экспериментальные исследования выполнялись в реакторе из нержавеющей стали, перемешивание рабочего раствора происходило при помощи механической мешалки, подача газа (CO_2) осуществлялась из баллона высокого давления через расходомер газа. Образующийся в процессе взаимодействия НДАН отводился на вакуум-фильтр. Полученный осадок отмывался от щелочи дистиллированной водой до содержания $[Na_2O_k]$ 0,001-0,009 г/л, а затем отправлялся в сушильную печь до постоянной массы. Схема установки, представленная на рис. 1., состоит из: мешалка – 1, закрытый реактор – 2, баллон подачи CO_2 – 3, расходомер газа – 4, трубки для барботирования газа – 5, микросайзер (анализатор частиц) – 6, вакуум-фильтр – 7, сушильная печь – 8, бункер для хранения НДАН – 9.

Методика проведения эксперимента.

1. Приготовление синтетического алюминатного раствора со следующими параметрами: $\alpha_k = 1,5-1,9$; $[\text{Na}_2\text{O}_k]_{\text{экв.}}$ 26-95 г/л. 2. Нагрев приготовленного алюминатного раствора от 20 до 40 °С при перемешивании в реакторе из нержавеющей стали. 3. Карбонизация алюминатного раствора газом, перемешивание. 4. Нейтрализация раствора со скоростью по Na_2O_k 2,2 до 80 г/л·час в течение 1-15 часов, при содержании CO_2 в газе от 12 до 98%. 5. Фильтрация пульпы, промывка осадка дистиллированной водой при 60 °С и сушка осадка при 60 °С до постоянной массы. [5]

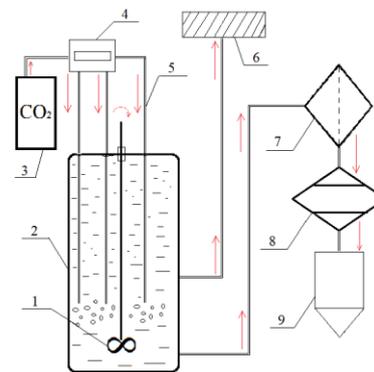


Рисунок 1 – Схема установки

Полученные результаты. Метод низкотемпературной карбонизации позволяет получить гидроксид алюминия высокой дисперсности, в качестве побочного продукта при переработке нефелинового сырья. Экспериментально установлены наиболее благоприятные факторы для получения тонкодисперсного гидроксида алюминия. Температура процесса карбонизации 20-40 °С; каустический модуль раствора 1,5; расход газа CO_2 0,5-1 л/мин., продолжительность карбонизации от 6 мин 20 сек до 11 минут 20 сек.

Вывод. Результаты данной работы показали, что методом карбонизации алюминатного раствора с заданными параметрами, описанными выше, можно получить НДАН, который будет отвечать характеристикам продукта с высокой добавленной стоимостью. Это в целом приведет к увеличению экономических показателей глиноземного производства и расширит спектр дополнительно-выпускаемой продукции при переработке низкокачественного алюминий содержащего сырья.

Библиографический список:

1. Конев А.В. Повышение показателей производства глинозема за счет рудоподготовки нефелина и известняка / А.В. Конев, Л.Н. Кузина, К.А. Шульгина, С.Б. Богдановская, Ж.В. Миронова // VII INTERNATIONAL CONGRESS «NON-FERROUS METALS AND MINERALS. ALUMINA AND BAUXITE PRODUCTIO. PART II, 2015. –187 с.

2. Бричкин В.Н. Промышленный синтез тонкодисперсного гидроксида алюминия при переработке алюминий содержащего сырья / В.Н. Бричкин, В.М. Сизяков, И.С. Облова, Д.В. Федосеев // Журнал «Цветные металлы.» Выпуск №910, 2018. – 45-51 с.

3. [Электронный ресурс] / – Алюминиевая Ассоциация – объединение производителей – Режим доступа: <http://www.aluminas.ru>, свободный. Дата обращения: 28.02.19.

4. Цыбизов А.В. Технология получения высокодисперсного гидроксида алюминия карбонизационным методом: дис... канд. техн. наук: 05.16.02 / Цыбизов Алексей Васильевич. – СПб., 2007. – 8-28 с.

5. Федосеев Д.В. Синтез тонкодисперсного гидроксида и оксида алюминия при переработке нефелинового сырья: дис... канд. техн. наук: 05.16.02 / Федосеев Дмитрий Васильевич. – СПб., 2018. – 65-118 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АНОДНОЙ МАССЫ

Н.А. Горяшин¹, М.С. Ковалев², И.О. Дошлов³

¹ студент гр. ХТТбп-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г.Иркутск, e-mail: ngoryan2000@gmail.com

² студент гр. ХТТбп-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г.Иркутск, e-mail: kovaliev1990@inbox.ru

³ аспирант гр. аХТТ-15-1, ИЭ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г.Иркутск, e-mail: ivandoshlov89@icloud.com

В настоящее время резко повысились требования к качеству углеродных материалов и санитарно-гигиеническим условиям, которые связаны с получением и переработкой пеко-коксовых композиций в виде анодной массы, графитовых электродов, обожженных анодов, электроугольных изделий в цветной и энергетической промышленности. Каменноугольный пек, который традиционно используется для приготовления этих углеродных материалов, обладает высокой канцерогенной активностью, ввиду высокого содержания в своем составе бенз [а] пирена.

ОК «РУСАЛ» ведет крупномасштабную модернизацию и перевооружение алюминиевой промышленности России, для улучшения экологической безопасности, в том числе внедрение технологии с применением «сухой» анодной массы на Красноярском, Братском, Иркутском и Новокузнецком заводах.

С целью улучшения качества анодной массы, сокращения количества полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и фенолов, снижения выбросов 3,4 бенз[а]пирена и серы, расширение сырьевой базы, предлагается использование компаундированного связующего, состоящего из смеси каменноугольного пека и нефтесодержащего материала, состоящего из нефтяного битума, мазута, крекинг остатка и др.

Нефтесодержащий материал имеет более высокую реакционную и пластифицирующую способность, меньшую зольность и содержание серы но, особенно, практически в десять раз меньше содержания ПАУ, фенолов и бенз[а]пирена, а также в смеси с каменноугольным пеком соответствует основным требованиям алюминиевой отрасли, таким как: температура размягчения, пористость, вязкость, коксовый остаток, содержание летучих

веществ.

Проведённые научно-исследовательские работы показывают возможность значительного снижения содержания каменноугольного пека, что позволяет получать анодную массу без изменения температурных режимов работы оборудования по переделу пекоподготовки и смешивания в цехах анодной массы.

Работы, выполненные группой компаний «Катализ», показывают возможность получения нефтяного пека с заданными физико-химическими свойствами, отвечающим основным требованиям для получения качественной анодной массы; имеется возможность совместного коксования нефтяного сырья с различными добавками, например, пылью электрофильтров цехов анодной массы.

Большой интерес представляют продукты нефтехимической переработки: битум, мазут, крекинг остатки и др., с повышенным содержанием летучих веществ, которые могут быть снижены не только на нефтеперерабатывающем заводе, но и в условиях формирования самообжигающегося анода при температуре 300-400°C, когда происходит разложение сложных органических веществ, повышение температуры размягчения и увеличения плотности нефтесодержащего материала.

В дальнейшем имеется возможность проведения работ и отказаться от «сухой» анодной массы, учитывая достаточно серьезные сложности по её внедрению и в дальнейшем работать на традиционной анодной массе с содержанием связующего 28-32%, повысив долю нефтесодержащего материала с значительным технико-экономическим и экологическим эффектом.

Библиографический список:

1. Д.Г. Лазарев, И.О. Дошлов, Е.А. Вершилло, М.Н. Рыжов, Д.И. Осипов, Н.А. Ёлшин. Анодная масса для формирования самообжигающегося анода алюминиевого электролизера.
2. Хайрудинов И. Р. Опыт промышленного производства нефтяного пека, 1992 №5 Нефтепереработка и нефтехимия.
3. Храменко, С. А. Оценка эмиссии полиароматических углеводородов с поверхности анодов Содерберга [Текст] / С. А. Храменко, А. Н. Анушенков, Е.Н. Маракушина, Я. А. Третьяков // Цветные металлы. — 2012. № 6. - С. 34-37.
4. Дошлов О.И. Адгезия и адгезивы. //ИРНТУ. 2017. 280с.
5. Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.
6. Патент 2397276 С1 от 20.08.2010 Бюл. №23. И.В. Лубинский, О.И. Дошлов, М.И. Лубинский, И.П. Лебедева, Дошлов О.И. Органические адгезивы и спекание дисперсных систем. //Изд. МАНЭБ. Санкт-Петербург. 2019. 194с.

КВАРЦЕВОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

А.А. Попов¹, Н.В. Немчинова²

¹ аспирант группы аМЦМ-18-1, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: antonpopov2018@yandex.ru

² д.т.н., профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ninavn@yandex.ru

Рудным компонентом шихты при производстве кристаллического кремния служат горные породы с высоким содержанием кремнезёма. Главными кристаллическими полиморфными модификациями кремнезёма являются: кварц, тридимит и кристобалит.

Крупные месторождения свободного кремнезёма высокой степени чистоты, которые для электрометаллургии кремния представляют наибольший интерес расположены в Украине, в Казахстане, на Урале и в Восточной Сибири [1].

1. Бакальское месторождение

Бакальская группа месторождений находится на западном склоне Южного Урала в Саткинском районе Челябинской области. В пределах Бакальского рудоуправления эксплуатируется 7 карьеров (рудники: Тяжёлый, Успенский, Казённый Бокал, Ельничный, Старо-Бакальский, Ново-Бакальский, Ивановский, Александровский) и шахта «Сидеритовая». Всего выявлено 194 рудных тела. На площади 150 км² - 13 железорудных месторождений (сидеритов и бурых железняков) и четыре месторождения кварцитов [2].

2. Антоновское месторождение

Антоновское месторождение расположено на территории Анжеро-Судженского района Кемеровской области. Для месторождений Антоновской группы характерно их постоянство минерального и химического состава. Высокое (96,0-99,55%) содержание кремнезёма равномерно выдерживается по всей площади (как на поверхности, так и на глубину), составляя в среднем по месторождениям: гора Брусничная -98,32; «Сопка 248»; «Правобережное» - 98,23 [3].

3. Первоуральское месторождение

Первоуральское месторождение находится в Свердловской области и представлено большим массивом горы Караульной. Кварциты этого месторождения представляют собой очень плотную кристаллическую породу темно-серого, серого и светло-серого цвета с голубоватым оттенком; реже

встречаются образцы серого цвета с грязно-желтым оттенком, обусловленным присутствием оксидов железа между кристаллами кварца. Объемный вес кварцитов находится в пределах 2,63-2,65; удельный вес - 2,64-2,65; содержание кремнезема - 97,5-98,0%.

4. Черемшанское месторождение

Черемшанское месторождение находится в нижнем течении р. Селенги в Прибайкальском районе Бурятии в 60 км от г. Улан-Удэ. Кварциты этого месторождения характеризуются высоким содержанием свободного кремнезема (98,6-99,7; среднее – 99,2%) и незначительным – вредных примесей: оксидов железа, алюминия, кальция и др., а также представляют высококачественное сырье, пригодное для производства листового, оптического, увиолевого и других ценных видов технических стекол. Они пригодны также для получения кристаллического кремния, используемого в дальнейшем для изготовления электронных приборов и солнечных батарей. Вредные примеси (в первую очередь оксиды железа и титана) в песчаниках сравнительно легко удаляются при обогащении [4].

5. Бурал-Сарьдагское месторождение

Бурал-Сарьдагское месторождение кварцитов находится в юго-восточной части Восточного Саяна в вершине р. Хойто-Гаргана - правого притока р. Оки. На месторождении Бурал-Сарьдаг кварциты представляют собой самую распространенную группу пород. По геологическому положению и минералого-петрографическим признакам они подразделяются на ряд разновидностей: 1) углеродсодержащие микрокварциты темно-серого до черного цвета с пятнисто-полосчатой текстурой (размер зерен от 0,008x0,008 до 0,15x0,04 мм); 2) осветленные (светло-серые и серые, изредка до темно-серых) кварциты зон метасоматической проработки первичных кварцитов (размер зерен основной массы возрастает до 0,5x0,2 мм); 3) «суперкварциты» – мономинеральная порода белого цвета со специфической грубо-неравнозернистой, часто крупнозернистой структурой (размер зерен от 0,5x0,3 до 1,4x0,6 мм, а порфирировидных включений – от 1,6x0,5 до 4x2 мм, редко до 9,4 мм и составляют в них от 5 до 50% общей массы), являющаяся конечным продуктом метасоматоза на изученных участках. Среди углеродсодержащих микрокварцитов темно-серого и черного цвета отмечаются участки ультрамикрозернистых (с величиной зерна менее 0,004 мм) почти сливных кварцевых пород в виде реликтов исходных слабометаморфизованных пород («силицитов»).

Визуально высокочистые разновидности кварцитов месторождения Бурал-Сардык, представляют собой мономинеральную породу белого цвета с порфирировидной структурой. На фоне тонкозернистой или микрозернистой молочно-белой основной массы выделяются прозрачные бесцветные удлиненные зерна кварца размерами до 3 мм. Они ориентированы либо

субпараллельно, либо не имеют четкой ориентировки. Минералогопетрографические исследования показали наличие двух генераций кварца: реликтовый (1-й генерации) и новообразованный (2-й генерации).

Кварц 1-й генерации – это крупные (до 3 мм) удлинённые зерна, для которых характерно блочно-волнистое погасание и наличие трещин, связанных с пластической и хрупкой деформацией соответственно. Для зерен реликтового кварца характерны зазубренные границы и присутствие мелкодисперсного графита, развивающегося по трещинам и по межзеренным границам. Кроме того, в кварце присутствуют первичные газово-жидкие включения, приуроченные к зонам роста, либо вторичные, приуроченные к залеченным трещинам. Кварц 2-й генерации - это мелкие (от 0.01 до 0.1 мм) зерна без следов пластической и хрупкой деформаций. Такой кварц развивается вдоль границ зерен реликтового кварца и в областях развития трещин, часто расчленяя исходные зерна кварца. В кварцитах месторождения Бурал-Сардаг выявлены включения ряда минеральных фаз: диккита, алунита, пирита, мусковита [5].

Ниже приведены данные о химическом составе кварцита некоторых месторождений России (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав,%, кварцита различных месторождений

| Месторождение | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | P ₂ O ₅ |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|-------------------------------|
| Бакальское | 96-98 | 0,7-0,9 | 0,8-1,2 | 0,3-0,6 | 0,4-0,2 | 0,007 | - |
| Антоновское | 96,18 | 0,23 | 0,53 | 0,60 | 0,05 | - | 0,014 |
| Первоуральское | 98,25 | 0,41 | 0,24 | 0,70 | - | 0,150 | - |
| Черемшанское | 97-99,8 | 0,25-0,01 | 0,1-1,2 | 0,2-1,0 | 0,2-0,4 | - | - |
| Бурал-Сарьдагское | 99,982 | 0,00156 | - | - | - | - | - |

Библиографический список:

1. Ёлкин К.С., Варюшенков А.М, Козинец В.И. О развитии сырьевой базы производства кремния в Восточной Сибири // Горнодобывающие комплексы Сибири их минерально–сырьевая база: тез. докладов Всесоюзной конференции (г. Улан-Удэ, январь 1991 г.). – Улан-Удэ, 1991. – С. 127-128.
2. Яницкий Я.Л., Сергеев О.П. Бакальские железорудные месторождения и их генезис. - М.: изд-во АН СССР, 1962. - 111 с.
3. Буянов Ю.Ю., Краснопольский И.О. Разработка месторождений нерудных полезных ископаемых. – М.: Недра, 1980. – 431 с.
4. Ёлкин К.С., Баймашев Д.З., Варюшенков А.М. и др. О развитии сырьевой базы производства кремния в Восточной Сибири // Горнодобывающие комплексы Сибири и минерально-сырьевая база. тез. докладов

Всесоюзной конференции (Улан-Удэ, январь 1990 г.). –Улан-Удэ, 1990. – С.110-111.

5. Непомнящих А. И., Демина Т.В., Жабоедов А.П., Елисеев И.А., Лесников П.А., Паклин А.С., Романов В.С., Сапожников А.Н., Сокольникова Ю.В., Федоров А.М., Шалаев А.А., Шендрик Н. Ю. Оптическое кварцевое стекло на основе суперкварцитов Восточных Саян // Физика и химия стекла. - 2017. - Т. 43, № 3. - С. 289-290.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАСС ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.О.Зяблова¹, И.О.Дошлов²

¹студентка гр.ХТОБП-15-, ИВТ,ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e.mail: O.zyablowa2014@yandex.ru

²аспирант гр.аХТТ-15-1,ИЭ,ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e.mail: ivandoshlow89@icloud.com

В настоящее время химическая промышленность России активно использует электродную массу для получения самообжигающихся электродов электротермических печей черной, цветной металлургии.

Электродная масса представляет собой композицию твердых углеродистых материалов различных классов крупности (дисперсности) со связующим. Твердые ингредиенты составляют 70-80% ее состава. Каждый из компонентов массы как наполнитель, так и связующее выполняет свои особые функции в формировании ее эксплуатационных характеристик.

Реологические характеристики массы являются ответственными за формирование самообжигающегося электрода, во-первых, при заполнении кожуха электрода массой, во-вторых, определяющими адсорбционное упрочнение этого композитного материала при коксовании в монолитный блок[1].

Реологические свойства электродной массы в основном определяются вязкопластическими характеристиками, такими как текучесть и пластичность. Они определяются совокупностью качества и природы применяемых углеродистых материалов, рецептуры и технологии изготовления массы.

Для определения этих характеристик электродной массы разработаны методы. В основе этих методов лежит растекание (или деформация) образца или определенной навески массы в динамике нагрева или при определенной температуре[2].

Например, метод определения коэффициента текучести включен в технические условия, а коэффициент текучести является браковочным при изготовлении и отгрузке массы потребителю. Метод является экспресс-

ным, не требует больших трудозатрат, прост в аппаратурном оформлении и имеет небольшую погрешность измерений.

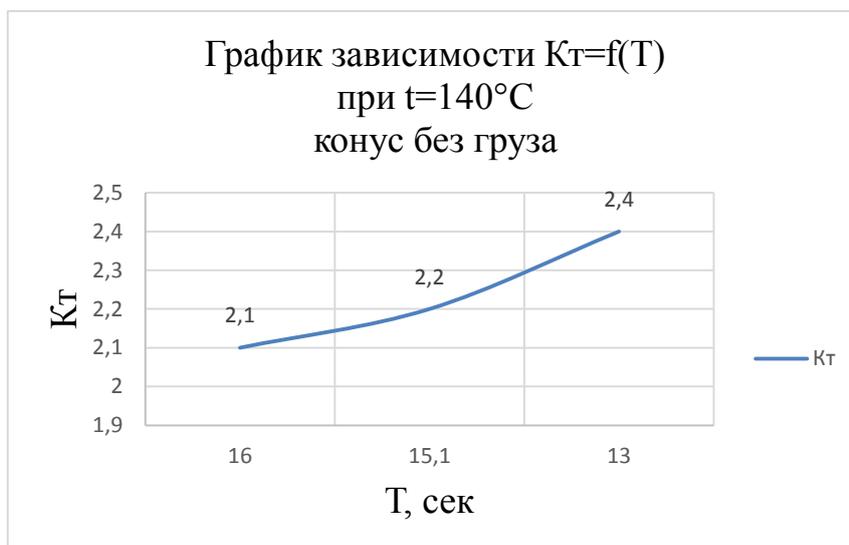


Рисунок 1- График зависимости коэффициента текучести от времени при температуре 140°C

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что коэффициент текучести зависит от соотношения наполнителя и связующего, а также от физических условий, в данном случае от температуры. При прочих условиях увеличение количества пека против принятой величины приводит к росту K_T (коэффициента текучести), и наоборот[3].

Нарушение дозировки материалов тонкого помола соответствует уменьшению или увеличению навески пека, что отражается на значениях K_T .

Библиографический список:

1. Галевский Г.В., Жураковский В.М., Кулагин Н.М. и др. Технология производства электродных масс для алюминиевых электролизеров: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Металлургия". Новосибирск.1999. - 294с.

2. Терентьев В.Г., Сысоев А.В., Гринберг И.С., и др. Производство алюминия-М.: Metallurgy, 1997-350с.

3. Дошлов О.И. Органические адгезивы и пекание дисперсных систем. Иркутск.2019-196с.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.А. Гусева¹, К.И. Алексеенко²

¹к.т.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: el.guseva@rambler.ru

² студентка гр.СМ-18-1 ИАМИТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ksyu.alekseenko.2001@mail.ru

Металлургическая промышленность использует песок в качестве формовочного материала, применяемого в литейном производстве или набивочного для утепления.

Для литейного дела самым распространенным считается кварцевый песок, который обладает многими достоинствами [1, 2]. Существует несколько фракций песков в зависимости от крупности.

В литейном производстве, согласно ГОСТУ [3] используют пески размером не более 0, 2 мм.

Другие виды песков тоже применяются в металлургии, такие как цирконовые и хромитовые, оливиновые, которые необходимы для изготовления изделий из чугуна и сталей.

Мы исследовали пески озера Байкал. Был проведен гранулометрический анализ [4] песков с побережья Слюдянки, Ангасолки, Байкальска. Результаты представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1. – Гранулометрический состав песка (г. Байкальск)

| Вес | Фракции песка, % | | | | | | | Итого |
|-----------------------|------------------|------|--------|-----------|-------------|--------------|--------|---------|
| | +2 | +1-2 | +0,5-1 | +0,25-0,5 | +0,125-0,25 | +0,063-0,125 | -0,063 | |
| Масса фракции, г | – | 0,5 | 25,229 | 75,986 | 7,655 | – | 0,978 | 110,348 |
| Содержание фракции, % | – | 0,45 | 22,87 | 68,89 | 6,92 | – | 0,87 | 100 |

Таблица 2. – Гранулометрический состав песка (п. Ангасолка)

| Вес | Фракции песка, % | | | | | | | Итого |
|-----------------------|------------------|-------|--------|-----------|-------------|--------------|--------|--------|
| | +2 | +1-2 | +0,5-1 | +0,25-0,5 | +0,125-0,25 | +0,063-0,125 | -0,063 | |
| Масса фракции, г | – | 0,138 | 3,617 | 15,554 | – | 25,143 | 0,453 | 44,905 |
| Содержание фракции, % | – | 0,31 | 8,05 | 34,64 | – | 56,00 | 1,00 | 100 |

Таблица 3. – Гранулометрический состав песка (г. Слюдянка)

| | Фракции песка, % | | | | | | | Итого |
|--|------------------|------|--------|-----------|-------------|--------------|--------|-------|
| | +2 | +1-2 | +0,5-1 | +0,25-0,5 | +0,125-0,25 | +0,063-0,125 | -0,063 | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Масса фракции, г | 36,306 | 25,474 | 38,482 | 30,516 | 24,821 | 17,316 | 10,524 | 183,439 |
| Содержание фракции, % | 20 | 14 | 21 | 17 | 14 | 9 | 6 | 100 |

Анализируя полученные нами результаты можно сделать вывод, о том, что пески, находящиеся на побережье г. Слюдянки обладают грубым строением: более 55 % песчинок имеют размер более 1–2 мм, около 30 % – более 0,25 мм. Такой материал не пригоден для проведения литейных работ.

Пески, находящиеся на побережье города Байкальск и поселка Ангосолка более мелкие.

В пробе из Байкальска преобладает (70%) фракция 0,25–0,5 мм. В пробе поселка Ангосолка фракция 0,25–0,5 мм составляет приблизительно 35 %, а фракция 0,063–0,125 мм составляет 56 %. По гранулометрическому составу данные пробы более подходят для литейного производства.

Библиографический список:

1. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. – Изд-во МИР. – М., 1976. 316 стр.

2. Яковлева А.А., Гусева Е.А., До Ван Туан. Поглочительные свойства песков рекреационных зон юго-западного побережья Байкала по отношению к некоторым агентам // Биотехнология в интересах экологии и экономики Сибири и Дальнего Востока: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (Улан – Удэ 25-27 июня 2018г.) – Улан – Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2018. – С.94–100.

3. ГОСТ 29234.3-91 Пески формовочные. Метод определения среднего размера зерна и коэффициента однородности М.: Издательство стандартов, 1992 – 5стр.

4. Виктор Волков. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник. Изд. 2-е, испр. Изд.: Лань, 2015. 659 с. ISBN 978-5-8114-1819-0

ПЕРСПЕКТИВА ПЕРЕРАБОТКИ ЗАБАЛАНСОВЫХ ЗОЛОТОСУЛЬФИДНЫХ И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД, И ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КУЧНОГО БИООКИСЛЕНИЯ

А.Н. Селезнев¹, С.В. Баликов², Л.Е. Шкетова³.

¹ аспирант, АО «Иргиредмет», г. Иркутск, e-mail: alex1869@yandex.ru

² д.т.н, главный научный сотрудник, АО «Иргиредмет», г. Иркутск, e-mail: balikov@irgiredmet.ru

³ к.т.н, старший научный сотрудник, АО «Иргиредмет», г. Иркутск.

Перспективным сырьевым источником металлургической промышленности являются отходы горнодобывающих предприятий (забалансовые руды, хвосты обогатительных и металлургических комплексов), которые содержат драгоценные и цветные металлы. Их переработка по традиционным технологиям экономически не целесообразна. Особый тип отходов, содержащих ценные компоненты связанные с сульфидными минералами, может быть переработан с применением малозатратного метода кучного бактериального окисления (выщелачивания) [1,2]. Этот метод позволяет переводить в раствор медь, никель, цинк, уран и другие цветные металлы, а также высвободить заключённые в сульфиды драгоценные металлы, делая их доступными для выщелачивания соответствующими растворителями [3-5].

Многолетняя практика использования кучного выщелачивания на зарубежных и российских предприятиях показывает высокую эффективность этой технологии. Кучное бактериальное окисление (КБО) наиболее широко применяется для медных руд Чили, а также в Австралии, США, Перу и др. странах [6,7], для переработки медных отвалов ВНР Billiton (Чили) [8, 9], при извлечении золота из бедных руд компании Newmont Gold (США) [10, 11]. Одним из самых крупных проектов КБО за последнее время в мировой практике является отработка колчеданно-полиметаллического никельсодержащего рудника «Talvivaara» в условиях субарктического климата (Северо-Восточная Финляндия) [12].

Объектами исследований являлись пиритные медь-цинк- и золото-содержащие хвосты обогащения медной руды (проба 1 – «пиритные хвосты»), отвальные продукты переработки сульфидной медно-никелевой руды (проба 2 – «медно-никелевые отвалы») и забалансовая золотосульфидная руда «двойной упорности» (проба 3 – «золотосульфидная руда»). Общая продолжительность кучного биоокисления для проб 1, 2 и 3 составила 6, 10 и 16 месяцев соответственно.

Извлечение меди и цинка из материала пробы 1 составило 68 и 71 % соответственно. Извлечение меди и никеля из материала пробы 2 составило 50 и 75 % соответственно.

После биоокисления материалы проб 1 и 3 отмывали от кислоты дренированием воды в колоннах и защелачивали раствором гидроксида натрия до $\text{pH} = 10,5 - 11,0$. Далее проводили выщелачивание золота цианистыми растворами. Извлечение золота из пробы 1 составило 65 % из пробы 3 – 85 %.

Библиографический список:

1. Minglin, Wu., Alin Li. Industrialized heap bioleaching research on the secondary sulphide ore in Yulong copper mine. Biohydrometallurgy: Biotech

key to unlock mineral resources value // 19th International Biohydrometallurgy Symposium (IBS). Changsha. 2011: Vol. 2. P. 760-763.

2. Helen R. Watling, Denis W. Shiers, David M. Collinson. Extremophiles in Mineral Sulphide Heaps: Some Bacterial Responses to Variable Temperature, Acidity and Solution Composition // *Microorganisms* 2015, 3, 364-390; doi:10.3390/microorganisms3030364.

3. Емельянов Ю.Е., Шкетова Л.Е., Гудков С.С., Копылова Н.В., Верхозина В.А. Кучное бактериальное выщелачивание золотосодержащих руд // *Горный журнал*. 2012. № 8. С. 108-111.

4. Шкетова, Л.Е., Селезнев А.Н. Применение биоготехнологии при извлечении золота из сульфидных углистых руд // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2014. № 1. С. 34–42.

5. Seleznev A.N., Balikov S.V., Shketova L.Ye., Kopylova N.V. Biogotechnology application in the recovery of metals from the wastes of processing plants // 21st International Biohydrometallurgy Symposium (IBS) 2015. Bali. P. 688-693.

6. G. J. Olson, J. A. Brierley, C. L. Brierley. Bioleaching review part B: Progress in bioleaching: applications of microbial processes by the minerals industries // *Microbiol Biotechnol*. 2003. PP 249-257.

7. Michael Gunn, Pamela Tittes, Paul Harvey, Enrique Carretero. Laboratory and Demonstration-Scale Operation of the Caraiba Heap Leach using GEOCOAT. // *Hydroprocess* 2008. Arizona. 2008. P.121-125.

8. Pamela Soto, Mauricio Acosta, Pierina Tapia, Yasna Contador, Antonio Velásquez, Cristian Espoz, Carlos Pinilla, Pedro Galleguillos, Cecilia Demergasso. From mesophilic to moderate thermophilic populations in an industrial heap bioleaching process. *Advanced Materials Research* Vol. 825 (2013) pp 376-379. Online available since 2013/Oct/07 at www.scientific.net © (2013) Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.825.376

9. Juan Carlos Gentina, Fernando Acevedo. Application of bioleaching to copper mining in Chile. *Electronic Journal of Biotechnology*. ISSN: 0717-3458 <http://www.ejbiotechnology.info> DOI: 10.2225/vol16-issue3-fulltext-12. (2013) by Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

10. R. Dunne, M. Levier, S. Acar, R. Kappes. Keynote Address: Newmont's contribution to gold technology // *World Gold Conference*. 2009. PP 221-230.

11. K. Tempel. Commercial biooxidation challenges at Newmont's Nevada operations // 2003 SME Annual Meeting Feb. 24-26, Cincinnati, Ohio

12. Halinen A-K. (2015). Heap Bioleaching of Low-grade Multimetal Sulphidic Ore in Boreal Conditions. (Tampere University of Technology. Publication; Vol. 1347). Tampere University of Technology.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОФАЗНЫХ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.Д. Колосов¹, М.В. Константинова²

¹ магистрант гр. ИЭм 18 – 1, ИЭ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Akolosov.irk@gmail.ru

² к.х.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: mavikonst@mail.ru

Производство алюминия является одной из наиболее энергозатратных и ресурсоемких отраслей промышленности. Алюминиевое производство ежегодно образует огромное количество твердых и газообразных отходов. Газообразные отходы, в основном, представлены в виде выбросов фтористого водорода и диоксида серы [1]. Несмотря на различные меры, направленные на поддержание экологии периодические технические отказы и общее несовершенство действующего оборудования не позволяют снизить выбросы газообразных отходов до безопасного уровня. Основные твердые отходы – это угольная пена и хвосты её флотации, а также отходы, получающиеся при капремонте электролизеров [2]. Основные отходы при электролизном производстве алюминия можно классифицировать следующим образом (рис.1).



Рисунок 1 – Классификация отходов при электролизе алюминия

Не улавливается, а, соответственно, и не подлежит переработке пыль, поступающая с газообразными отходами в систему газоочистки, а также пыль, которая поступает в фонарь корпуса вместе с отходящими от ванн газами.

Твердофазные отходы обычно перерабатывают, в отличие от газообразных. Отходы, образующиеся при капитальном ремонте, можно разде-

лить на угольные (подовые и боковые блоки) и футеровочные (теплоизоляционная и огнеупорная футеровка). Первые подвергается измельчению с целью дальнейшего извлечения фторсодержащих солей из частиц углерода посредством выщелачивания. Впоследствии растворы выщелачивания направляются на регенерацию криолита, а угольные частицы могут использоваться для производства анодных блоков. Огнеупорная и теплоизоляционная футеровка также содержит в своем составе немало фтористых соединений, и существуют технологии её переработки [3], однако на данный момент в промышленности не применяется.

Угольная пена, состоящая, в основном, из электролита и углерода, измельчается и подвергается флотационному переделу. В основном весь углерод переходит в пенный продукт, а электролит остается в камерном продукте. Электролит с примесью углерода и глинозема возвращается в производственный процесс, а пенный продукт – хвосты флотации – отправляется на шламовое поле. Таким способом угольная пена перерабатывается практически на всех российских заводах. Недостатком данного подхода является получение значительного объема не подлежащих переработке хвостов флотации.

Трудности при переработке хвостов флотации угольной пены вызваны малым размером частиц. Более половины частиц в хвостах флотации имеют размеры менее 0,06 мм. Механические флотомашин не позволяют производить флотационное разделение частиц такой крупности. Благодаря специальным приемам аэрации, а также особенностям своей конструкции пневмогидравлические флотомашин позволяют производить селективную флотацию при наличии частиц малого размера [4].

Таким образом, внедрение пневмогидравлических флотомашин может привести к заметному снижению потерь электролита, а также значительно снизить загрязнение окружающей среды.

Библиографический список:

1. Баранов А.Н., Гусева Е.А. Янченко Н.И. Утилизация диоксида серы при переходе на сухую газоочистку отходящих газов алюминиевых заводов. // Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств: Материалы научно – практической конференции. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ – 2007.С.125–127.
2. Зельберг Б. И. и др. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе // Иркутск: Издательство ИрГТУ. – 2015.
3. Колосов А. Д., Ершов В. А., Сысоев И. А. Технологические решения переработки фторсодержащих отходов алюминиевого производства //Экологические проблемы регионов. – 2017. – С. 145–149.
4. Kondratiev V. V. et al. The Development of a Test Stand for Developing Technological Operation Flotation and Separation of MD2. The Deposition of Nanostructures MD1 Produce Nanostructures with Desired Properties

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА ИЗ ХВОСТОВ ФЛОТАЦИИ УГОЛЬНОЙ ПЕНЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ

А.Д. Колосов ¹, Е.А. Гусева ²

¹ магистрант гр. ИЭм 18–1, ИЭ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Akolosov.irk@gmail.ru

² к.т.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: el.guseva@rambler.ru

К твердофазным отходам электролизного производства алюминия относится, в том числе, угольная пена, удаляемая из электролизеров. При производстве одной тонны алюминия образуется от 13 до 45 кг угольной пены. На данный момент в России угольная пена подвергается переработке, и часть электролита возвращается в электролиз.

Угольная пена дробится в щековой дробилке, затем измельчается на шаровой мельнице мокрого помола с классификатором. Классификацией добиваются основного класса крупности менее 75 мкм. Затем следует стадия флотации на механических флотомашинах, при которой несмачиваемые углеродные частицы переходят в пенный продукт, а смачиваемые частицы электролита оказываются в камере флотомашины и извлекается отдельно. Гидрофобные свойства углерода усиливаются при помощи флотореагентов, например, керосина и соснового масла. Так как, интересующим компонентом, является электролит, остающийся в камере, хвостами флотации является концентрат углерода, выходящий в виде пенного продукта.

Хвосты флотации угольной пены обычно складываются на шламовых полях и не подлежат дальнейшей переработке [1]. Однако в хвостах флотации остается очень большое количество ценного электролита. В таблице 1 приведен усредненный фазовый состав угольной пены и хвостов ее флотации по нескольким пробам.

Таблица 1 – Фазовый состав угольной пены и хвостов флотации

| | Na_3AlF_6 | Al_2O_3 | $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$ | CaF_2 | С |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------|-------|
| Угольная пена | 67,05 | 14,81 | 6,66 | 1,26 | 10,23 |
| Хвосты флотации | 39,62 | 5,65 | 3,55 | 1,95 | 49,23 |

Более половины отходов представляют собой полезные вещества, которые впоследствии могут быть возвращены в производство. Проблемой

выделения ценных компонентов является небольшой размер частиц хвостов флотации и сложность при их последующей флотации.

Для флотационного разделения сред с низкой крупностью применяются пневмогидравлические флотомашины определенной конструкции. В таблице 2 представлен состав камерного продукта флотации, полученного при эксперименте по переработке хвостов флотации, изъятых из шламохранилища.

Таблица 2 – Камерный продукт перечистной флотации

| | Na_3AlF_6 | Al_2O_3 | $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$ | CaF_2 | C |
|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------|------|
| Камерный продукт | 54,81 | 17,97 | 23,42 | 1,26 | 2,54 |

Продукт, полученный в лаборатории, практически удовлетворяет требованиям к флотационному криолиту, получаемому заводах по производству алюминия.

Делаем вывод, что флотационное разделение хвостов флотации угольной пены, возможно. Следовательно, есть возможность вернуть в производство значительный объем электролита, скопившегося в виде отходов на шламовых полях. Помимо перечистки хвостов флотации возможно проведение экспериментов по пневмогидравлической флотации самой угольной пены. Если при такой переработке появится возможность увеличить долю извлечения и качество продукта, то это может дать заметный экономический эффект.

Библиографический список:

1. Баймаков Ю. В., Конторович Я. Е., Костюков А. А. Справочник металлурга по цветным металлам: Производство алюминия. – "Металлургия", 1971.
2. Кондратьев В. В. и др. Новые технологические решения по переработке отходов кремниевого и алюминиевого производств // Металлург. – 2013. – №. 5. – С. 92-95.
3. Ржечицкий Э. П., Кондратьев В. В. Регенерация фтористых соединений на алюминиевых заводах // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – №. 2 (49).
4. Ржечицкий Э. П., Кондратьев В. В. Экологическая и экономическая эффективность переработки растворов газоочистки и фторуглеродсодержащих отходов производства алюминия // Экология и промышленность России. – 2011. – №. 8. – С. 28–31.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФАЗОВОГО СОСТАВА КАМЕРНЫХ ПРОДУКТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ФЛОТАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ШЛАМА

А.Д. Колосов¹, М.В. Константинова²

¹ магистрант гр.ИЭм18 – 1, ИЭ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Akolosov.irk@gmail.ru

² к.х.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: mavikonst@mail.ru

Электролизный шлам алюминиевого производства является одним из основных твердофазных отходов электролиза. На сегодняшний день, на шламовых полях всех алюминиевых заводов России накоплено огромное количество данного отхода [1]. Переработка электролизного шлама с целью извлечения ценных компонентов может быть одним из перспективных направлений развития алюминиевой отрасли в двадцать первом веке.

Состав электролизного шлама содержит большое количество электролита. Если его извлечь и вернуть в процесс электролиза, то это приведет к повышению эффективности производства алюминия [2].

Помимо компонентов электролита и глинозема, в составе электролизного шлама присутствуют частицы углерода, и они имеют весьма малый размер. Этот углерод может быть использован в качестве технического углерода в промышленности.

Для разделения фаз электролита и углерода на алюминиевых заводах России используется флотация [3]. Данным способом перерабатывается измельченная угольная пена, а хвосты ее флотации – это электролизный шлам. Проблема флотационного разделения электролизного шлама кроется в крупности его частиц. Подавляющее большинство этих частиц имеет крупность менее 50 мкм [4]. Механическая флотация не подходит для флотации частиц такого размера, гораздо лучшие результаты обеспечивает пневмогидравлическая флотация.

Сравнительный анализ фазового состава продуктов механической и пневмогидравлической флотации электролизного шлама помогает сделать дифрактограмма (рис.1).

На рисунке 1 приведены графики, полученные при анализе исходного электролизного шлама, камерного продукта механической флотации электролизного шлама, и камерного продукта пневмогидравлической флотации электролизного шлама.

На представленной дифрактограмме пик, отвечающий за фазу углерода, располагается на углах в диапазоне 20–30 °. Количество углерода в пробе можно оценить по площади под графиком в соответствующем диапазоне.

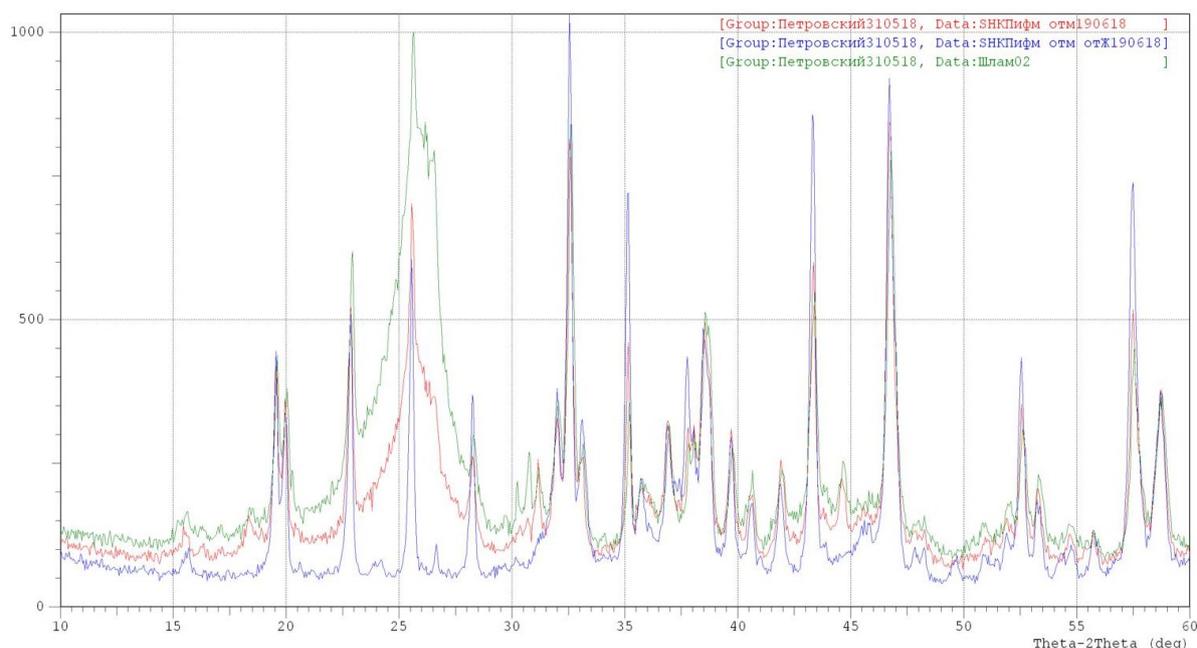


Рисунок 1 – Дифрактограмма продуктов флотации электролизного шлама

Механическая флотация снижает количество углерода в камерном продукте – возможно, это связано с флотацией более крупных частиц электролизного шлама. Количество углерода в камерном продукте пневмогидравлической флотации невелико и значения приближаются к фоновому.

Вывод: для переработки электролизного шлама целесообразно использовать пневмогидравлическую флотацию. Получаемый камерный продукт по своему составу очень близок к флотационному криолиту и может быть возвращен в процесс электролиза.

Библиографический список:

1. Баранов А. Н., Гавриленко Л.В., Янченко Н.И., Гусева Е.А. К вопросу о техногенной опасности шламовых полей алюминиевых заводов // Сб. науч. ст. Алюминий Сибири – 2004 / Красноярск: Бона компании 2004 С. 299–300
2. Головных Н. В. Моделирование процессов электролизного производства алюминия и обеспечение его экологической безопасности // Экология промышленного производства. – 2009. – №. 3. – С. 2–8.
3. Седых В. И. и др. Пути сокращения выбросов фторидов в алюминиевом производстве // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2005. – №. 2. – С. 26-28.
4. Головных Н. В., Мартынихин В. В., Полонский С. Б. Новые методы в технологии переработки и утилизации фторсодержащих отходов алюминиевого производства // Экология промышленного производства. – 2007. – №. 3. – С. 18–23.

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ АВТОКЛАВНО ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ ЗОЛОТА

О.В. Лазарева¹, Д.Е. Боровых²

¹к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: lazarevaov@istu.edu;

²студент гр. АТбп-17, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск;

Автоклавные процессы в металлургии цветных металлов используются для выщелачивания сырья, очистки растворов, осаждения металлов в элементной форме. Рабочая среда в автоклаве включает в себя: сульфидный флотационный концентрат, раствор серной кислоты (до 100 г/л), сульфаты металлов, кислород, азот, углекислый газ, водяной пар. Среда коррозионноактивная, абразивная. Режимы работы автоклава - рабочее давление 3 МПа, температура 180-220 °С. Применение на практике столь высоких давлений (температур) при выщелачивании требует решения задачи выбора материала для автоклавов.

Обычно изготовитель дает рекомендации по выбору материалов для конкретных химических сред, однако, это не гарантирует 100% высокой их устойчивости к коррозии, кроме того, величина коррозии зависит и от параметров протекающих реакций (температуры, давления, концентраций веществ и т.п.).

Для изготовления аппаратов и сосудов, работающих под давлением, при температуре до 350°C (при наличии агрессивных сред) преимущественно применяется сталь коррозионно-стойкая, жаростойкая аустенитного класса марки X18H9T, марки 06ХН28МДТ.

Основным недостатком этих сталей является склонность к межкристаллитной коррозии. При взаимодействии агрессивной среды со сталью, склонной к межкристаллитной коррозии, неустойчивые пограничные зоны зерен металла вступают в химическую реакцию с этой средой, что приводит к нарушению металлической связи между зёрнами. Приложение даже незначительной нагрузки к такому металлу приводит к его разрушению. В таблице 1 приведена зависимость скорости коррозии конструкционных сталей от концентрации серной кислоты.

Таблица 1 – Скорость коррозии сплава 06ХН28МДТ (0X23H28M3D3T ЭИ943, AISI 904L) в серной кислоте при 80 °С на базе 100 ч испытаний

| $H_2SO_4, \%$ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| $v_{кор}, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ | 0,015 | 0,0080 | 0,230 | 0,140 | 0,009 | 0,20 | 1,14 | 0,31 | 0,27 |

По экспериментальным данным, хромоникелевые стали, содержащие до 10% Ni, по коррозионной стойкости в разбавленной серной кислоте даже уступают сталям без хрома, т. е. хром при низком содержании никеля ухудшает коррозионную стойкость стали в этой кислоте. При содержании же никеля свыше 10% вплоть до 28 – 30% хром в количестве от 15 до 20% оказывает благоприятное, хотя и не столь существенное влияние на стойкость стали против действия серной кислоты, впрочем хромоникелевые стали без молибдена являются практически не стойкими в серной кислоте средних концентраций. Только очень разбавленные или очень концентрированные растворы серной кислоты оказывают малое воздействие на нержавеющие стали.

Однако практические меры, предотвращающие появление этого вида коррозии, хорошо известны и широко применяются в металлургии. Появление склонности аустенитной стали к межкристаллитной коррозии тем вероятнее, чем продолжительнее металл находится нагретым в критическом интервале температур и чем выше содержание углерода в нем. Повысить коррозионную стойкость хромоникелевой стали в серной кислоте можно дополнительным легированием электроположительными элементами, в том числе молибденом и медью. При добавлении к хромоникелевой стали 2,0 – 3,5% Mo последняя становится стойкой в серной кислоте низких и средних концентраций pH при умеренных температурах. Температурную стойкость стали в условиях воздействия серной кислоты можно повысить путем дополнительного легирования медью и кремнием. Если концентрация и температура серной кислоты не превышают указанных для стали данного состава, то через некоторое время происходит быстрое пассирование стали путем образования на ее поверхности защитной пленки, состоящей главным образом из труднорастворимых сульфидов и оксидов.

Таким образом, устойчивость стали против межкристаллитной коррозии достигается ее закалкой при температуре 900-1000⁰С с охлаждением в воде или на воздухе. Снижению склонности к межкристаллитной коррозии способствует уменьшение содержания углерода в стали, а добавка кремния придает свойства прочности и упругости, кроме того легирование молибденом, медью, в том числе кремнием, делают ее более устойчивой к воздействию серной кислоты.

Библиографический список:

1. Маннапов Р.Г. Статистические закономерности коррозионного разрушения поверхности металлов. // Надежность и контроль качества, 1988, № 9, с. 48-52;
2. Колотыркин Я.М. Металл и коррозия. – М.: Металлургия, 1985.

УДК 669 : 658.567.1(075.8)

КУЧНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЗОЛОТА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А.В. Гриженаускас¹, А.В. Аксенов²

¹ магистрант гр. МЦм-18-1 ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: algerdas.grizhenauskas.94@mail.ru

² к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: aksenov2008@yandex.ru

Технология добычи золота методом кучного выщелачивания (КВ) известна на протяжении порядка ста лет. Успешному внедрению данной технологии способствуют небольшие капиталовложения, сокращенные сроки подготовки производства, низкая себестоимость извлечения золота, возможность отработки малых рудных месторождений, тех, которые экономически нецелесообразно обрабатывать традиционным фабричным методом, быстрая окупаемость проектов, высокая производительность труда при минимальной численности рабочих и отсутствие энергоёмких и материалоёмких операций [1].

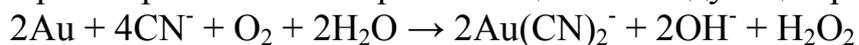
В США сегодня действуют более 100 предприятий, применяющих технологию кучного выщелачивания золота. В России также в настоящее время проходит успешное промышленное освоение ряда месторождения с применением данного способа. Всего действует более 20 объектов КВ. На сегодняшний день объемы добычи золота по этой технологии в нашей стране возрастают.

Основные запасы золота в России сосредоточены в районах с холодным климатом – северный регион (Сибирь, Дальний Восток, Урал). Опыт внедрения технологии кучного выщелачивания показал, что на эффективность процесса, в условиях свойственных этим регионам, отрицательное тормозящее влияние имеет холодный климат. Это объясняется тем, что отрицательная температура существенно ухудшает условия и скорость миграции металлоносных растворов вследствие чего в зимний период нередко происходит замерзание кучи и замедление процесса выщелачивания. Поэтому основной задачей повышения эффективности кучного выщелачивания в России является создание условий для увеличения продолжительности промышленного сезона. Для решения задачи - увеличения продолжительности сезона, существует ряд мероприятий направленные на улучшение эффективности внедрения данной технологии:

- Использование снежного покрова как естественного теплоизолирующего верхнего слоя рудного штабеля (например, «Селигдар» на месторождении Самолазовское и др.);
- сооружение рудного штабеля в кюветах («Амур»);

- укрытие штабеля в холодный период времени полимерной пленкой с подачей теплого воздуха под покрытие (ОАО «Покровский рудник», «Селигдар» и др.);
- подогрев рабочих растворов, используемых для орошения рудного штабеля (ОАО «Покровский рудник», «Апсакан», «Селигдар» и др.);
- теплоизоляция рудного штабеля слоем горнорудной массы (в среднем 0,7-1,5 м поверх укладываемой оросительной системы), теплозащита дренажных коммуникаций слоем минеральной ваты (ОАО «Приаргунский горно-химический комбинат»);
- использование в качестве рабочих растворов солей и антигололедных реагентов с присадками с низкой температурой замерзания;
- послойная укладка окомкованных и окускованных пород с их легкорастворимыми солями металлов с большой теплотой образования их водных растворов [1].

Однако необходимо отметить, что большинство из этих мероприятий, связанных в большей степени с укрытием штабеля и подогревом его или цианистого раствора, подаваемого на орошение не могут дать значительных эффектов. Это объясняется тем, что кислород активно участвующий в процессе растворения золота протекающий по следующей реакции:



при низких концентрациях или нехватки его, из-за укрытия штабеля и подогрева растворов (с повышением температуры раствора концентрация кислорода падает), приводит к уменьшению скорости растворения золота. Вследствие чего увеличивается продолжительность процесса растворения золота.

В связи с этим можно применить установку для накислоораживания цианистых растворов, подаваемых на штабель, разработанный в НИТУ «МИСиС» на кафедре цветных металлов и золота [2-4].

Библиографический список:

1. Ковлеков И.И., Шерстов В.А., Князев Л.Н. и др. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд в условиях севера. Семинар № 21// «Горный информационно аналитический бюллетень» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.giabonline.ru/>
2. Стрижко Л.С., Бобозода Ш., Новаковская А.О., Бобоев И.Р. Управление процессом и прогнозирование выщелачивания сырья с применением гидроакустического излучателя. Журнал «Системы. Методы. Технологии». № 4 (24), 2014. С. 115-122.
3. Стрижко Л.С., Бобоев И.Р., Бобозода Ш., Ващенко Г.А. Кинетические исследования аммиачноцианидного выщелачивания золота. Наука и Мир. 2014. Т. 1. № 11 (15). С. 49-52.
4. Гурин К.К., Башлыкова Т.В., Ананьев П.П., Бобоев И.Р., Горбунов Е.П. Извлечение золота из хвостов золотоизвлекательной фабрики

от переработки упорных руд смешанного типа. Цветные металлы. 2013. № 5 (845). С. 39-44.

ПЕРЕРАБОТКА КАТОДНЫХ ОСАДКОВ ЗОЛОТА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕДИ.

А.А.Васильев¹, А.В.Аксенов², Г.Т.Рахимов³

¹ к.т.н., доцент кафедры металлургия цветных металлов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» e-mail: vasilev@tomsmineal.ru

² к.т.н., доцент кафедры металлургия цветных металлов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» e-mail: aksenov@tomsmineal.ru

³ студент гр. МЦб-16, ИМХТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» e-mail: rahimov1995@mail.ru

Одной из традиционных технологий производства золота является процесс сорбционного выщелачивания с применением активированных углей. В результате данного процесса получают насыщенный уголь, который направляют на десорбцию. Золото из элюатов извлекают методом электролиза с получением катодных осадков, которые подвергаются плавке. При переработке руд с большим содержанием меди катодные осадки содержат значительное количество данного металла. [1]

Для переработки таких осадков рекомендуется использовать технологию, включающую в себя операции сульфатизирующего обжига осадка в смеси с концентрированной серной кислотой, выщелачивания огарка в воде, осаждения из раствора хлорида серебра, фильтрации пульпы, сушки и плавки обезмеженного катодного осадка с добавками флюсов с получением лигатурного золота в слитках. Растворы от выщелачивания огарка катодных осадков перерабатывают с осаждением сульфида меди (Cu_2S). Отмытый и высушенный осадок сульфида меди – медный концентрат является сопутствующим ликвидным продуктом.

Катодные осадки, выгруженные из электролизера, обезвоживают и отмывают на фильтр-прессе до остаточной влажности 15-20%. Влажный катодный осадок подвергают сушке при температуре 120-150 °С до полного обезвоживания концентрата. Высушенный катодный осадок смешивают с расчётным количеством концентрированного раствора серной кислоты до состояния смеси в виде густой пасты. Приготовленную шихту загружают в камерную печь и обжигают при температуре 350-400 °С при доступе воздуха в камеру печи в течение 2-3 часов до прекращения выделения газов.

По завершении процесса обжига противень с огарком выгружают из печи и охлаждают. Охлажденный огарок катодного осадка загружают в реактор с механическим перемешиванием и выщелачивают в воде при

температуре 50-60 °С, при этом происходит растворение меди в водный комплекс. По завершении процесса выщелачивания пульпу обрабатывают раствором хлорида натрия для осаждения растворившейся доли серебра из раствора в виде хлорида – AgCl.

Полученную пульпу фильтруют с получением медьсодержащего раствора и нерастворимого осадка. В нерастворимом осадке концентрируются золото и серебро.

Обезмеженный катодный осадок сушат при температуре 120-150 °С до полного обезвоживания концентрата, после чего направляют на плавку.

Плавку высушенного обезмеженного катодного осадка проводят на индукционной плавильной установке с использованием стандартного состава шихты. Шихту загружают в тигель печи и плавят при температуре 1150-1200 °С. По завершении плавки расплав шлака и лигатурного золота сливают в изложницу, чугунную или стальную.

Медьсодержащие растворы обрабатывают раствором сернистого натрия (Na₂S) для осаждения меди в виде сульфида (Cu₂S). По завершении процесса пульпу прогревают при температуре 60-65 °С в течение 20-30 минут с целью укрупнения осадка, после чего подвергают фильтрации. Осадок сульфида меди отмывают и отфильтровывают до остаточной влажности 15-20 % после чего полностью обезвоживают, в последствии получают высушенный медный концентрат, который отгружают на профильное предприятие для переработки.

Применение рекомендованной технологии позволит повысить качество лигатурного золота, что, в свою очередь, позволит снизить стоимость аффинажа. Кроме этого, использование предложенной технологии позволит получить дополнительный высококачественный продукт в виде медного концентрата, который может быть реализован на медеплавильные предприятия.

Библиографический список:

1. В.В. Лодейщиков. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: В 2х томах. – Иркутск: ОАО “Иргиредмет”, 1999. Т.1, 342 с. Табл.42, Ил.83
2. Захаров Б.А., Меретуков М.А. Золото: упорные руды. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2013.- 452 с.
3. Металлургия благородных металлов: Учебник. В 2х кн. Кн.1/Ю.А. Котляр, М.А. Меретуков, Л.С. Стрижко – М.: МИСИС., Издательский дом «Руда и Металлы», 2005. – 432 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ТРИОКСИДА ВОЛЬФРАМА

С.С. Бельский¹, М.Н. Рыбина²

¹ доцент кафедры металлургии цветных металлов, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: bss@istu.edu

² ст. гр. МЦМ-17, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», e-mail: ma14-a0@mail.ru

Вольфрам – является малораспространенным элементом со средним содержанием в земной коре 10-4 % (по массе) [1]. Имеет около 15 собственных минералов, однако с точки зрения промышленного производства, практическое значение имеют только минералы группы вольфрамита – (Fe, Mn)WO₄ и шеелит – CaWO₄. Вольфрамит является изоморфной смесью или твердым раствором вольфрамов железа (FeWO₄) и марганца (MnWO₄). Руды вольфрама обычно содержат незначительное количество ценного компонента и относятся к бедным, так в среднем в рудах содержится от 0,14 до 0,5 % WO₃ [2]. Кроме того, они являются комплексными, поскольку наряду с минералами вольфрама в рудах присутствуют молибденит (MoS₂), касситерит (SnO₂), арсенопирит (FeAsS), халькопирит (CuFeS₂) и танталит-колумбит ((Fe, Mn)(Nb, Ta)₂O₆). Руды обогащают с получением концентратов, содержащих 55–65 % WO₃. Основным продуктом переработки вольфрамовых концентратов наряду с ферровольфрамом, который используется в черной металлургии, является триоксид вольфрама. В настоящее время промышленные схемы переработки вольфрамовых концентратов делят на две группы:

1. Спекание вольфрамовых концентратов с содой или их обработка водными растворами соды в автоклавах с получением растворов вольфрамата натрия, из которых после очистки от примесей производят такие конечные продукты как паравольфрамат аммония ((NH₄)₁₀H₂W₁₂O₄₂ · 4H₂O) или вольфрамовую кислоту (H₂WO₄).

2. Разложение вольфрамовых концентратов кислотами с получением осадков технической вольфрамовой кислоты с последующей ее очисткой от примесей.

Триоксид вольфрама представляет собой порошок лимонно-желтого цвета и служит основным источником для производства металлического вольфрама, однако может использоваться самостоятельно, например, для получения карбидов и галогенидов вольфрама, при окраске стекла и керамики, как катализатор при крекинге углеводородов [3].

Триоксид вольфрама можно получать как традиционным способом, описанным в работе [1], так и другими способами [4-6].

Для получения WO₃ мы использовали наиболее промышленно важный минерал вольфрама – шеелит (CaWO₄), который перерабатывали методом спекания его с содой при температуре 800...900°C.

Взаимодействие шеелита с содой протекает по реакциям:



Протекание реакции (2) обусловлено разложением CaCO_3 , которое происходит при температурах свыше 850°C и является негативным ввиду образования шеелита при выщелачивании спека.

Данная схема переработки шеелита является традиционной и сложной в использовании ввиду большого количества операций. Поэтому нами было принято решение, исключив операцию выщелачивания спека проводить прямое спекание шеелитового концентрата с содой, песком и железной рудой с получением шлака и безводного вольфрамата натрия.

Полученный вольфрамат натрия перерабатывали по способу, указанному в работе [1].

Таким образом, удалось получить порошок триоксида вольфрама с содержанием WO_3 99,3 %. Извлечение составило 51,4 %.

Библиографический список:

1. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. *Металлургия редких металлов. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.* – М.: Metallurgy 1991. 432 с.
2. Хантургаева Г.И. Получение трисульфида молибдена из бедных молибденовых концентратов // *Вестник БГУ. - Серия 1: Химия. 2006. Вып.3. С.195–200.*
3. Бенашвили Е.М. Исследования в области разделения и термokatалитических превращений углеводородов. Изд-во «Мецниереба». – Тбилиси, 1972.
4. Авторское свидетельство SU № 1668444, «Способ переработки шеелитовых концентратов», МПК C22B34/36, заявка № 4696077, приоритет 21.04.1989, опубликовано 07.08.1991 Бюл. № 29, авторы: С.А. Васильев, Е.И. Кузнецова, В.А. Кругляков. Заявитель авторы.
5. Авторское свидетельство SU № 1242534 «Способ переработки шеелитовых концентратов», МПК C22B34/36, заявка № 3846515, приоритет 17.01.1985, опубликовано 07.07.1986 Бюл. № 25, авторы Х.Р. Исматов, Л.М. Богачева, М.М. Нурузова, Э.А. Пирматов. Заявитель: Институт химии АН УзССР.
6. Патент RU № 2341465 «Способ получения высокочистого оксида вольфрама (VI)», МПК C01G41/02, заявка № 2007139150, приоритет 24.10.2007, опубликовано 20.12.2008 Бюл. № 35, авторы Моисеев А.Н., Чилисов А.В., Дорофеев В.В., Краев И.А. Заявитель: Институт химии высокочистых веществ РАН.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ КУЧНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УГЛИСТЫХ РУД

П.О. Коблова¹, Г.И. Войлошников², Е.Д. Мусин³, В.В. Жмурова⁴

¹ Коблова Полина Олеговна, научный сотрудник лаборатории металлургии АО «Иргиредмет», г. Иркутск 664025, e-mail: koblova@irgiredmet.ru

² Войлошников Григорий Иванович, д.т.н., заместитель генерального директора по научной работе и инновациям, г. Иркутск 664025, e-mail: greg@irgiredmet.ru

³ Мусин Евгений Дмитриевич, к.т.н., заместитель заведующего лаборатории металлургии АО «Иргиредмет», г. Иркутск 664025, e-mail: e.musin75@gmail.com

⁴ Жмурова Виктория Васильевна, старший преподаватель каф. МЦМ, ИРНИТУ

Сорбционная активность рудного углистого вещества негативно влияет на процесс извлечения благородных металлов из золотосодержащего сырья при его переработке гидрометаллургическими способами. Отрицательное действие углеродистого материала при цианировании создает существенные трудности из-за адсорбции комплекса цианида золота из цианистого раствора на природное сорбционно-активное вещество руд, что, как правило, является наиболее распространенной проблемой при переработке углистых руд. Вследствие этого потери золота с хвостами могут достигать значительных величин. Переработка таких руд крайне затруднительна и часто экономически невыгодна. Проблема подбора рациональной технологии для извлечения золота из данного типа руд весьма актуальна [1,2].

Для снижения потерь золота при переработке сорбционно-активных руд используют различные методы, учитывающие минералогию руды и специфические характеристики углеродистого материала, чтобы определить наиболее подходящий метод переработки. Тем не менее, для переработки сорбционно-активных руд большинство методов является нерентабельными [4].

Перспективным направлением переработки такого типа руд является кучное выщелачивание с применением поверхностно-активных веществ, выступающих подавителями природной сорбционной активности руд [8].

Объектом исследования являлась углистая сорбционно-активная руда одного из месторождений РФ. Проведенные исследования по прямому цианированию измельченной до крупности 95 % класса минус 0,071 мм руды показали извлечение золота в раствор на уровне 2,14 %, при цианировании в присутствии сорбента (процесс СІІ) извлечение золота составило – 73,24 %. По разработанной методике в институте Иргиредмет относительная сорбционная активность изучаемой пробы руды составила 97,08 %.

Содержание золота в руде $0,80 \pm 0,35$ г/т, серебра – менее 1,0 г/т. Основными рудными элементами является железо, большая его часть находится в окисленной форме. Количество мышьяка и сурьмы незначительно.

Проведены исследования по кучному выщелачиванию исследуемой руды с применением поверхностно-активных веществ (реагент ДН), подавляющих сорбционную активность руде крупностью минус 3 мм (колонна 1) и минус 6 мм (колонна 2). Испытания по перколяционному выщелачиванию без применения реагента, подавляющего сорбционную активность, не проводились в связи с высокой сорбционной активностью исходного продукта. Извлечение золота составило 38,16 % в колонне 1 и 33,84 % в колонне 2.

Результаты и показатели комплексных испытаний технологии кучного выщелачивания говорят о принципиальной возможности применения при кучном выщелачивании реагентов, подавляющих сорбционную активность, при переработке углистых сорбционно-активных руд с низким содержанием ценного компонента.

Библиографический список:

1. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд // Иркутск ОАО «Иргиредмет». 1999. Том. 2. С. 452
2. Строганов Г.А., Дементьев В.Е., Шутов А.М., Татаринцов А.П. Технология кучного выщелачивания благородных металлов. // Горный журнал, 1994, № 2.-С. 11-12.
3. Гудков С.С., Дементьев В.Е., Дружина Г.Я. Кучное выщелачивание золота и серебра// ОАО Иргиредмет, Иркутск, 2004 г., 352 стр.
4. Фазлуллин М.И. (ред.) Кучное выщелачивание благородных металлов // М.: Издательство Академии горных наук, 2001. — 647 с..
5. Седельникова Г.В. Опыт применения кучного выщелачивания золота // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2001, № 1. — С. 6166.
6. Абрамишвили С.Н., Синельникова Н.В. Цветная металлургия. М.: Недра, 1977. - С.34-37.
7. Дружина Г.Я., Дементьев В.Е., Минеев Г.Г. Сырьевая база России и стран СНГ для добычи золота кучным выщелачиванием. Цветная металлургия, 2004, № 1.-С. 4-9.
8. Ahmadiantehrani, M., Hendrix. J.L., Ramadorai, G., 1991. Hypochlorite pre-treatment in heap leaching of a low grade carbonaceous ore. Miner. Metall. Proc. 8. 27 31.

**ПОЛУЧЕНИЕ ТОВАРНОГО ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТА
ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОЦИНКСОДЕРЖАЩЕЙ ПЫЛИ**

А.Е. Патрушов¹, Н.В. Немчинова², А.А. Тютрин³, Д.Н. Чувашов⁴

¹ аспирант гр. аМЦМ-16-1, ИРНТУ, e-mail: apatrushov@38.mtrci.ru

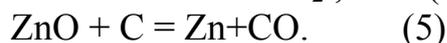
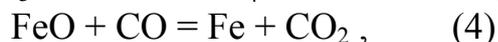
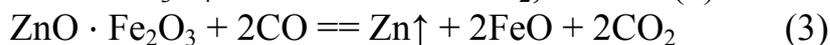
² д.т.н., профессор, заведующая кафедрой МЦМ ИРНИТУ, e-mail: ninavn@istu.edu

³ к.т.н., доцент кафедры МЦМ ИРНИТУ, e-mail: an.tu@inbox.ru

⁴ студент гр. МЦМ-17-1, ИРНИТУ, e-mail: dimachuvashov@list.ru

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам переработки отходов металлургического производства. Актуальность данной темы связана с большим количеством накопившихся металлургических отходов и с истощенностью минерально-ресурсной базы. Наибольшую ценность среди металлургических отходов для дальнейшей переработки представляют пыли и шламы электросталеплавильного производства [1, 2] с большим содержанием цинка и железа, и вопросы их переработки с целью извлечения и выделения ценных компонентов в самостоятельные товарные продукты приобретает актуальный характер.

Разработанная нами технология прямого восстановления с использованием, например, кольцевой подовой печи позволяет получить из отходов высококачественные продукты – гранулированный чугун и оксид цинка [3]. Данный технологический процесс переработки железозинксодержащих пылей заключается в восстановлении Fe и Zn из кислородосодержащих форм активными углеродосодержащими материалами по химическим реакциям [4]:



Перерабатываемые железозинксодержащие пыли смешиваются с твердым восстановителем (уголь или кокс) и с флюсующими добавками (известь и песок). Шихта направляется на брикетирование, а полученные брикеты загружаются во вращающуюся кольцевую печь, где происходит постепенный нагрев брикетов до 1400°C и охлаждение до 1100°C.

Затвердевшие гранулы чугуна и шлака при помощи шнека снимаются с пода печи и по водоохлаждаемой течке попадают в холодильник, в котором кроме процесса охлаждения ошлакованного продукта проходит и процесс дезинтеграции гранулированного чугуна и шлака. Смесь гранулированного чугуна и шлака конвейером направляется в магнитный сепаратор для извлечения магнитной части (гранулированного чугуна).

Пары восстановленного цинка удаляются из печи вместе с отходящими газами и осаждаются в фильтрах. Однако полученный оксид цинка по содержанию галогенов (хлор- и фторсодержащих компонентов) не отвечает требованиям товарного цинкового концентрата. Товарным цинковым концентратом является концентрат, в котором количество хлора и фтора не превышает 0,06 мас. % и 0,01 мас. %, соответственно.

Для доведения цинкового концентрата до требуемых параметров необходимо провести дополнительную обработку. Одним из наиболее распространенных методов удаления данных примесей является прокалочный окислительный обжиг. Во время проведения лабораторных исследований [5] было установлено, что улетучивание хлоридов и фторидов из цинксо-держащего сырья зависело от температуры и продолжительности температурной обработки. При температуре 900 °С и продолжительности окислительного обжига 30 минут фторсодержащие летучие компоненты удалялись полностью, а вот примеси хлора удалялись в незначительном количестве. Полного удаления хлора и фтора удалось добиться при обжиге, который проводился в течение 180 минут при температуре 1000 °С. Однако, оптимальным режимом окислительного обжига для удаления галогенов до требуемых показателей является температура обжига 1200 °С и продолжительность обработки 60 минут. Содержание хлора в таком цинковом концентрате составило 0,04 мас. %, а фторсодержащих соединений не обнаружено; содержание ZnO в концентрате при этом увеличивается до 90%.

Таким образом, при переработке железцинксо-держащих пылей электросталеплавильного производства по данной технологии для получения: первая – восстановление и возгонка, вторая – прокалочный окислительный обжиг.

Работа выполнена по НИР № 11.7210 .2017/8.9 в рамках государственного задания Министерства и образования и науки РФ

Библиографический список:

1. Немчинова Н.В., Шумилова Л.В., Салхофер С.П., Размахнин К.К., Чернова О.А. Комплексное устойчивое управление отходами. Металлургическая промышленность: учебн. пособие. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 494 с.

2. Курунов И.Ф., Тихонов Д.Н., Иванов С.И. Пути рециклинга железосодержащих отходов // Черная металлургия, 2012. – № 10. – С. 69–73.

3. Пат. 2626371 РФ, МПК С22В7/02, С21В11/06, С22В19/38. Способ переработки отходов металлургического производства/ С.Ю. Одегов, И.Б. Федосов, А.П. Баранов, В.Е. Черных, А.Е. Патрушов: заявитель и патенто-обладатель: ООО «Урал-рециклинг». №2016135884; заявл. 05.09.2016; опубл. 26.07.2017. Бюл. №21.

4. Nemchinova N. V., Chernykh V. E., Tyutrin A. A., Patrushov A. E., Extraction of Zinc and Iron from Electromelting Dust// Steel. – 2016, № 5. – P. 68–72.

5. Патрушов А.Е., Немчинова Н. В., Лабораторная установка переработки пылей электросталеплавильного производства // Перспективы развития переработки углеводородных и минеральных ресурсов: матер. VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, апр. 2017 г.). – Иркутск, 2017.– С. 65–66.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИИ В КРЕМНИЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.В. Немчинова¹, К.С. Бушуев²

¹доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов, ИРНИТУ, e-mail: ninavn@yandex.ru

²студент гр. МЦм-16-1, e-mail: bushuev.k.s@yandex.ru

В современном мире инновации необходимы для удовлетворения требований общества, они – показатель социально-экономического развития страны.

Развитые страны уделяют инновационной сфере большое внимание: создают отдельные государственные структуры, отвечающие за развитие и внедрение инноваций, проводят анализ и сравнение разных технологий, составляют рейтинги развития. В последние годы широко распространяются инновации в промышленности. Эта сфера, которая зарекомендовала себя как достаточно перспективная и экономически обоснованная, имеет хорошее финансирование.

Что касается кремниевой отрасли российской металлургической промышленности, то здесь в качестве инновации целесообразно рассмотреть применение брикетной (окомкованной) смеси шихтовых материалов.

Древесно-угольные брикеты в настоящее время рассматриваются как полноценная замена кускового древесного угля, эти брикеты - вид твердого топлива, альтернатива обычным дровам или углю, представляющее собой прессованную массу из отходов деревообработки (опилки, щепа, стружка и др.), сельского хозяйства (сено, солома, сосновые иглы, листья, шелуха семян - подсолнечника, риса, гречки и др.), торфа, крошки каменного угля. Перспектива использования связана с возможностью квалифицированного использования неизбежных отходов древесного сырья при лесозаготовках, лесопилении и деревообработке, а также получения конечного товарного продукта с заранее заданными характеристиками по размерам, составу, теплофизическим и теплохимическим свойствам, что для Иркутской области является очень актуальным вопросом. Что касается транспортировки, то брикеты идеальны для перевозки, возможно насыпное складирование, так как они, не разрушаясь, и не превращаясь в труху, при отоплении не образуют грязь и пыль, а это экономически более выгоднее [1].

В Иркутской области имеется множество предприятий, которые могли бы в полной мере удовлетворять сырьевой спрос региона, а также экспортировать данную продукцию в Китай, так как спрос на использование брикетов в этой стране повышается [2].

Для этого необходимо отладить логистическую систему в регионе, так как опилки, щепа и другие отходы чаще всего остаются невостребованными на месте лесозаготовки или деревообработки. Данный вид топлива мог бы стать дополнительным источником дохода для лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий, которым бы не пришлось закупать сырье, а перерабатывать собственные отходы производства.

Хорошо выжженные, имеющие постоянную крупность и необходимую прочность, древесно-угольные брикеты позволяют получить многотоннажное применение в производстве ферросплавов, кристаллического кремния. Это приводит не только к улучшению их качества, но позволяет резко повысить производительность электропечей и заметно снизить расход электроэнергии. Доказательством этому служат успешные опыты, проведенные на Никопольском заводе ферросплавов, где использовались шихтовые брикеты (рудобрикеты). Последние содержали все необходимые ингредиенты, т. е. уголь, руду, песок [3].

Производство кремния предъявляет наиболее жесткие требования к углеродистым восстановителям, которые должны содержать минимальное количество примесей, от которых зависит сортность кремния [4]:

- железа - 0,1%;
- алюминия - 0,4%;
- кальция - 0,4%.

Восстановитель должен обладать прочностью на сжатие не менее 7 МПа, равномерным фракционным составом (отсутствие фракции менее 0,012 м), высокой реакционной способностью, большим содержанием нелетучего углерода и электросопротивлением не менее $1 \cdot 10^4$ Ом·см.

Определяющим здесь является фактор степени измельчения угля и его полифракционный состав.

В свою очередь повышение степени измельчения древесного угля приводит к увеличению расхода связующего, уменьшению реакционной способности и увеличению плотности брикетов до 0,76-0,87 г/см³.

Помимо механической прочности для углеродистого восстановителя одним из основных параметров является содержание в золе минеральных веществ.

Ввиду повышенной зольности полученных брикетов при использовании концентратов лигносульфонатов в качестве связующего вещества были предложены суммарные пирогенные смолы собственного производства [5].

Следует отметить, что в данном случае общее содержание золы в полученном продукте составило не более 6%, а содержание вредных элементов: Са - 0,14%; Fe - 0,005%; Al - 0,01%; Ti - 0,01%.

Необходимо отметить, что результат проведенного количественного элементного анализа золы полученных брикетов показал, что содер-

жание «вредных» элементов в брикете соответствует стандарту на углеродный восстановитель для выплавки кремния высшего сорта Кр-00. Примеси в кремнии при использовании полученных брикетов в качестве углеродистого восстановителя, будут составлять не более: Fe-0,01%; Ca-0,28%; Al-0,02%.

Таким образом, брикет обладают большой конкурентоспособностью по сравнению с другими видами топлива; что касается цены, то она не зависит от скачков цен на ископаемые виды топлива и на них не влияют увеличивающиеся экологические налоги, что также повышает конкурентоспособность брикетов.

С экологической точки зрения расширение производства и использования брикетов уменьшает образование огромного количества разнообразных отходов, что благотворно влияет на окружающую нас экологическую среду.

Библиографический список

1. Литвинов В. В., Ширшиков В. И., Пиялкин В. Н. // Изучение различных веществ в качестве связующего для получения древесноугольных брикетов: сб. науч. тр. ЦНИЛХИ. - М.: Лесная промышленность, 1971. - Вып. 22. - С. 13 - 16.

2. Бушуев К.С., Конюхов В.Ю. Перспективы использования топливных пеллет для развития экономики Иркутской области // Молодежный Вестник ИрГТУ. - 2017 г. - №3. - С. 22 URL: <https://pandia.ru/text/81/026/64472.php>

3. Кулагин Е. П. // Древесно-угольные брикеты - новая продукция лесохимических предприятий: сб. науч. тр. Переработка продуктов пиролиза древесины - М.: 1976. - № 25. - С. 64.

4. Немчинова Н.В., Попов А.А., Бушуев К.С. // Рудное сырье для производства технического кремния: сб. науч. тр. Переработка природного и техногенного сырья: сборник научных трудов студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий. - Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2018. - С. 110–114.

5. Цейтлин Л. И. Древесноугольные брикеты. - М.: Гослесбумиздат, 1960. - С. 99–108.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НЕФТЯНЫМ ПЕКАМ

Н.А. Горяшин¹, М.С. Ковалев², И.О. Дошлов³

¹ студент гр. ХТТбп-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНТУ», г.Иркутск, e-mail: ngorvan2000@gmail.com

² студент гр. ХТТбп-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНТУ», г.Иркутск, e-mail: kovaliev1990@inbox.ru

³ аспирант гр. аХТТ-15-1, ИЭ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г.Иркутск, e-mail: ivandoshlov89@icloud.com

На сегодняшний день производство алюминия является одним из самых вредных и экологически небезопасных в Восточной Сибири. Несмотря на это, в связи с постоянно растущим спросом на алюминий, объемы алюминиевого производства постоянно растут. Таким образом, Проблема поиска менее токсичных исходных материалов для производства алюминия выходит на первый план.

Для изготовления графитовых электродов, анодной массы, обожженных анодов, конструкционных материалов, и других электроугольных изделий широко применяются каменноугольные пеки, которые отличаются довольно высоким содержанием бенз(а)пирена (1,2 - 4%), чем обусловлена их канцерогенная активность.

Бенз(а)пирен относится к первому классу опасности и опасен для человека даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством биоаккумуляции.

На базе ОАО «АНХК» и по технологии Иркутского государственного технического университета (СИБ «Технолог») была получена опытная партия нефтяного пека ПНД с улучшенными экологическими и технологическими характеристиками по сравнению с каменноугольными.

Хотя нефтяные пеки заметно отличаются от каменноугольных пеков (с одинаковой величиной температуры размягчения) по групповому химическому составу, плотности, выходу летучих веществ, они не ухудшают качества получаемых углеродных материалов 7-8 раз.

Таблица 1. – Физико-химические свойства каменноугольного и нефтяного пеков

| Наименование показателя | Каменноугольный пек | Нефтяной пек |
|---|--|--------------------|
| 1. Внешний вид | Расплавленный пек или твердый в гранулах | |
| 2. Температура размягчения, С | 70-80 | 95-120 |
| 3. α -фракция, % | 18-21 | 18-25 |
| 4. α_1 -фракция, % | 7-8 | 6-8 |
| 5. Выход летучих веществ, % | 53-63 | 50-58 |
| 6. Зольность, %, не более | 0,3 | 0,08 |
| 7. Содержание бенз(а)пирена, % | 1,2-4 | ОТСУТСТВУЕТ |
| 8. Плотность P_4^{20} | 1,285-1,330 | 1,250-1,320 |
| 9. Массовая доля воды в твердом пеке, %, не более | 4,0 | ОТСУТСТВУЕТ |

Гигиеническая оценка нефтяных пеков доказала, что при замене каменноугольного пека нефтяным средние концентрации бенз(а)пирена в воздухе на месте работы электролизеров с анодной массой снижаются в 1,3-8,8 раз, в сметенной пыли в 7-24,3 раза, а количество бенз(а)пирена, удаляемого газоотсосом, в 5-8 раз.

Таким образом, замена каменноугольного пека нефтяным дает существенные экологические преимущества для промышленности конструкционных материалов, графитированных электродов, производства алюминия, электроугольных материалов и других потребителей пеко-коксовых композиций.

Библиографический список:

1. Лебедев В.В., Бранин О.Б., Дюканов А.Г. и др. Снижение содержания бенз(а)пирена в каменноугольном связующем // Кокс и химия. - 1988. - №8. - С.36-38.
2. Патент 2397276 С1 от 20.08.2010 Бюл. №23. И.В. Лубинский, О.И. Дошлов, М.И. Лубинский, И.П. Лебедева, Д.Г. Лазарев, И.О. Дошлов, Е.А. Вершилло, М.Н. Рыжов, Д.И. Осипов, Н.А. Ёлшин. Анодная масса для формирования самообжигающегося анода алюминиевого электролизера.
3. Дошлов О.И. Органические адгезивы и спекание дисперсных систем. //Изд. МАНЭБ. Санкт-Петербург. 2019. 194с.
4. Храменко, С. А. Оценка эмиссии полиароматических углеводородов с поверхности анодов Содерберга [Текст] / С. А. Храменко, А. Н. Анушенков, Е.Н. Маракушина, Я. А. Третьяков // Цветные металлы. — 2012. № 6. - С. 34-37.
5. Дошлов О.И. Адгезия и адгезивы. //ИРНТУ. 2017. 280 с.

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РУД,
ОБЛАДАЮЩИХ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

Д.С.Шуни¹, А.В.Аксёнов², А.А.Васильев³

¹ магистрант гр. МЦМ-18-1, ИРНТУ, e-mail: shunin.dmit@yandex.ru

² к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, ИРНТУ, e-mail: aksenov@tomsmineal.ru

³ к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, ИРНТУ, e-mail: vasiliev@tomsmineal.ru

Классификация руд по характеру и степени их технологической упорности, представленная Лодейщиковым В.В., предполагает, что все золотые и серебряные руды подразделяются на простые, т.е. легкоцианируе-

мые руды и упорные руды, которые в свою очередь включают три технологических типа:

Б – руды с тонковкрапленным золотом и серебром;

В – руды, цианирование которых сопровождается химической депрессией золота минеральными компонентами – примесями, проявляющими восстановительные или “цианисидные” свойства;

Г – руды, характеризующиеся повышенной сорбционной активностью по отношению к растворенным в цианиде благородным металлам [1].

В данной статье рассматривается технологический тип “Г”, т.е. руды, упорность которых вызвана присутствием органического углерода.

Органический углерод, находящийся в руде, значительно снижает извлечение золота при цианировании. Существует ряд способов и вспомогательных операций для повышения извлечения благородного металла:

1. Флотационное обогащение с применением реагентов:

а) депрессор JCM – смесь декстрина ($C_6H_{10}O_5$)_x, растительного клея (гуара) и золы лигнина и диспергента “Квибрачо” – экстракт из деревьев твердых пород [2];

б) дисперсоген 5755 – продукт поликонденсации нафталинсульфоната натрия и формальдегида.

2. Гравитационное обогащение. Некоторые из методов для выведения органического углерода из основного технологического процесса:

а) обогащение углистой руды на центробежном концентраторе приводит к тому, что большая часть органического углерода извлекается в хвосты, это позволяет повысить извлечение золота при цианировании концентратов, а цианирование хвостов ведется в режиме CIL;

б) применение гидроциклонов позволяет перевести более легкий и тонкий органический углерод в слив. Дальнейшая отдельная гидрометаллургическая переработка может поднять уровень извлечения золота.

3. Покрытие органическими пассиваторами, для образования защитных покрытий, можно использовать керосин, дизельное топливо, РВ -2².

4. Окислительный обжиг. Высокотемпературный обжиг приводит к разложению растворимых углистых веществ.

5. Биохимическая обработка. Этот способ кондиционирования применим для упорных концентратов золото-серебро-мышьяковистых и золото-сурьмяно-мышьяковистых руд сульфидно-прожилково-вкрапленного типа. Для руд и концентратов, отличающихся двойной упорностью, предложено двухстадийное бактериальное выщелачивание [3,4].

6. Автоклавная окислительная обработка. Нитрокс- и Арсенопроцессы, использующие для вскрытия золотосодержащих руд азотную кислоту и оксиды золота, применимы для переработки углеродистых руд, так как эти реагенты окисляют углерод и уменьшают его сорбционную активность [5].

7. Гидрохлорирование. В случае взаимодействия хлорноватистой кислоты поверхность углерода подвергается модификации за счет образования хлорсодержащих углеводородов. Эти образования пассивируют углерод, блокируя активные адсорбционные центры [6].

8. Сорбционные процессы. Одним из рациональных методов переработки углеродистых руд с умеренной сорбционной активностью по отношению к золоту является цианирование в режиме сорбционного выщелачивания с использованием синтетических или угольных сорбентов. Процесс должен проводиться до начала появления сорбционной активности углерода, поэтому необходимо исключить предварительное цианирование, использовать относительно крепкие по содержанию NaCN растворы.

Практикуется применение специальных режимов сорбционного цианирования:

- а) Использование двухконтурного режима сорбции;
- б) Применение ионообменных смол в качестве сорбента, способных поглощать из растворов анионные группы золота в обмен на ионы того же знака, входящие в состав ионита.

Руда каждого месторождения уникальна по своему минералогическому и химическому составу, что обуславливает существование различных технологических свойств рудного материала. Существует множество методов и предварительных операций для повышения извлечения золота при цианировании руд технологического типа "Г". Для получения максимального извлечения золота при рациональных затратах, необходим тщательный подбор параметров подготовки и гидрометаллургической переработки минерального сырья, на основе глубокого изучения вещественного состава и технологических свойств конкретного материала.

Авторы данной статьи в настоящее время выполняют технологические исследования золотосодержащей руды, обладающей сорбционной активностью, с применением имеющихся методов извлечения золота из такого сырья и их комбинации.

Библиографический список:

1. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд. Том 1. Иркутск: Иргиредмет, 1999.
2. Nice R. // Can. Min. J. 1971. June. P. 41-49
3. Фридман И. Д. Современные направления развития технологии переработки золотосодержащих руд. – М.: Геоинформмарк, 1995. – 39 с.
4. Amarkwah R., Yen W., Ramsay J. // Miner. Eng. 2005. V. 18. P. 103-108.
5. Afenya P. // Miner. Eng. 1991. V. 4. N 7-11. P. 1043-1055.
6. Marsden J., House I. The chemistry of gold extraction. / Ellis Horwood. N. Y. 1992. – 448 p.

УДК 669.213

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ

Д.Ю.Федосеев¹, Т.С.Минеева²

¹ магистрант гр. МЦм-17-1, ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: denfedos-eev76@mail.ru

² к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов, ИРНИТУ, г. Иркутск

Результаты гранулометрического анализа золота полученного из материала продуктов гравитации приведены в таблице 1, из которой следует, что в пробах ТП-1 и ТП-2 существенная масса золота 77,7 и 80,2 %, соответственно, представлена мелкими, тонкими и тонкодисперсными частицами (класс крупности минус 0,07 мм). На долю крупного золота (класс крупности + 0,07 мм) приходится 22,3 % (проба ТП-1) и 19,8 % (проба ТП-2). Практически все крупное золото в пробах руды сосредоточено в классе крупности минус 0,15 + 0,07 мм. При этом, в пробе ТП-1 встречены единичные золотины крупностью минус 0,25+0,15 мм.

Таблица 1 – Гранулометрия золота в пробах исходной руды

| Классы крупности, мм | | -0,25 +0,15 | -0,15 +0,10 | -0,10 +0,07 | -0,07 | Всего: |
|-------------------------------|------|----------------|----------------|----------------|-------|--------|
| Массовая доля золота, % | ТП-1 | 1,5 | 9,7 | 11,1 | 77,7 | 100,0 |
| | ТП-2 | н/о | 5,9 | 13,9 | 80,2 | 100,0 |

Примечание: н/о - не обнаружено

На основании полученных гранулометрических характеристик золота была исследована возможность применения технологии кучного выщелачивания.

Тестовые опыты по кучному выщелачиванию двух технологических проб руды (ТП-1 и ТП-2) проводили в агитационном режиме на параллельных навесках, дробленых до крупности минус 2 мм, при отношении Ж:Т = 1,5:1, концентрации NaCN - 1 г/л, загрузке CaO - 2,0 кг/т. Продолжительность цианирования составляла 48 ч.

Показатели извлечения золота из проб руды ТП-1 и ТП-2 приведены в таблице 2.

Полученные результаты тестовых экспериментов по кучному выщелачиванию свидетельствуют о низком извлечении золота методом кучного выщелачивания. Из руды пробы ТП-1 извлечение золота не превысило 24 %, из пробы ТП-2 извлечение золота составило всего 7,5 %. Низкое извлечение золота, предположительно, обусловлено высокой сорбционной ак-

тивностью рудного материала, исключая возможность переработки методом кучного выщелачивания.

Таблица 2 Тесты на кучное выщелачивание золота из проб руды ТП-1 и ТП-2

| № опыта | Концентрация Au в растворе, мг/л | Содержание Au в кеке, г/т | Содержание Au по балансу, г/т | Извлечение по балансу, % |
|---------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| ТП-1 | | | | |
| 1 | 0,28 | 1,33 | 1,75 | 24,0 |
| 2 | 0,24 | 1,4 | 1,76 | 20,4 |
| ТП-2 | | | | |
| 3 | 0,1 | 2,17 | 2,32 | 6,4 |
| 4 | 0,1 | 1,83 | 1,98 | 7,5 |

Проведенные эксперименты по кучному выщелачиванию проб исследуемой руды показали, что извлечение золота в раствор составило 20-24 % для пробы ТП-1 и 6-8 % для пробы ТП-2. Данные результаты свидетельствуют о нецелесообразности применения процесса кучного выщелачивания для руд данного месторождения.

Библиографический список

1. Интернет-ресурс <http://dic.academic.ru>
2. Фазлуллин М.И. Введение в оценку, проектирование и получение благородных металлов способом кучного выщелачивания. – М.: Издательство Академии горных наук, 2001. – 647с.
3. Абрамов А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. Кн. 2. – М.: МГГУ, 2005. – 470с.
4. Зеленов В.И. Методика исследования золотосодержащих руд. – М.: Недра, 1978. – 302с.

СЕКЦИЯ № 2
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Д. Е. Боровых¹, К.А. Старичков²

¹студент гр. АТбп-17-1 ИВТ ФГБОУ ВО «Иркутский национальный технический университет», г. Иркутск, e-mail swd@istu.edu

²студент гПГ-17- 2 ССУЗ «Иркутский геологоразведочный техникум» филиал ИРНТУ; e-mail starikirill@gmail.com.

Одним из важных составляющих факторов измерений в геодезическом производственном процессе считаются средства наблюдений и замеров. С их помощью выполняются все запросы общества и экономики страны в геометрических построениях на поверхности земли и в ее недрах, кадастровые размежевания и картографические работы, задачи по решению обороноспособности страны и созданию единой государственной системы координат. Качество этих работ во многом зависит от метрологических характеристик приборов и метрологического обеспечения работ в целом.

Геодезические и картографические работы Федеральным законом от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» включены в сферу обязательного государственного регулирования обеспечения единства измерений. Это предопределяет необходимость осуществления в отрасли следующих функций [1]:

- организация деятельности метрологической службы (включая назначение главного метролога отрасли и утверждения положения о метрологической службе);
- определение измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, и установление к ним обязательных метрологических требований, в том числе показателей точности измерений;
- проведение испытаний средств измерений с целью утверждения типа и внесения в государственный реестр средств измерений;
- проведение поверки средств измерений при выпуске из производства, после ремонта, при импорте и в эксплуатации;
- проведение аттестации методик (методов) измерений;
- проведение метрологического надзора за состоянием измерений и соблюдением метрологических правил и норм;
- осуществление метрологической экспертизы документации, содержащей нормы точности измерений.

Единство измерений требует такого состояния измерений, чтобы все результаты выражались в узаконенных единицах, а погрешности не превышали заданных пределов.

Технической базой для проведения метрологических работ служат геодезические эталоны (в том числе геодезические сети и пункты полигона), специализированное контрольно-поверочное оборудование, высокоточные средства измерений, проходящие периодическую поверку. Нормативной базой метрологического обеспечения являются нормативные документы

Все геодезические приборы и инструменты через определенный временной отрезок должны быть проверены и проверяются в государственных метрологических службах. Проверки происходят на предмет соответствия их технических характеристик метрологическим эталонам единиц измерения тех параметров, которые данный прибор измеряет. Все инструментальные наблюдения геодезическими приборами выполняются в неодинаковых условиях, различными типами конструкций и от разных производителей. Для получения единых результатов в одинаковой системе измерений и единых подходах в их определении выработана и применяется система стандартизации средств и способов измерений метрологической службой.

От метрологического обеспечения зависит точность проведения геодезических измерений, которая и предопределяет необходимую точность геодезической и картографической продукции, поэтому метрологическому обеспечению геодезических работ уделяется большое внимание при подготовке молодых специалистов.

Библиографический список:

1. Федеральный закон « Об обеспечении единства измерений» №102-ФЗ от 27.12.2002
2. Шишмарев В.Ю. Метрология, стандартизация, сертификация и техническое регулирование. - М.: Академия, 2011.-320 с.
3. <http://cgkipd.ru/science/metrology>

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОТАРИФНЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Л.А.Башкирова¹, П.Р.Ершов²

¹ студент гр. АТбп-16, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Lyuda_bashkirova00@mail.ru

² доцент кафедры АПП, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ershov1955@yandex.ru

В данной работе рассмотрен однофазный счетчик СЭБ-2А.07Д. Он предназначен для многотарифного учёта активной электроэнергии в двухпроводных сетях переменного тока частотой 50 Гц, дифференцированного по времени суток, уровню мощности и уровню потребляемой энергии. На рисунке 1 представлен внешний вид счетчика.



Рисунок 1 – Электрический счетчик СЭБ-2А.07Д

У данного счетчика используется 4-х зонная тарификация, то есть в определенное время счетчик считает потраченную электроэнергию по заданному тарифу.

Всего используется 4 тарифа: 1 тариф-ночной, 3 тариф - предпиковый – тариф, который работает в установленное в настройках время, а также в тот диапазон времени, в который не входят другие тарифы. 2,4 тарифы – пиковая зона - когда потребление электроэнергии достигает своего максимума. Они настраиваются под определенное время.

Электросчетчик имеет телеметрический и цифровой интерфейс связи (оптический порт или RS-485), что позволяет эксплуатировать его в составе любых автоматизированных информационно-измерительных систем.

Применение такого счетчика позволяет снизить расходы на электроэнергию за счет установки разных тарифов в определенное время суток.

Используя учебный стенд, можно наглядно продемонстрировать преимущества применения многотарифного счетчика. С помощью конфигуратора, установленного на ПК, можно отслеживаются показания счетчика, измеряющего потребляемую нагрузкой мощность в кВт·ч в разное время (рис.2).

| № | Счетчик | Таблица показаний энергии на начало суток | актив энергия т.1 кВт ^ч | актив энергия т.2 кВт ^ч | актив энергия т.3 кВт ^ч | актив энергия т.4 кВт ^ч | Сумма активной энергии кВт ^ч |
|---|--------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | СЭБ-2А.07Д.212 №07015764 | показать | 1,526 | 18,085 | 0,083 | 0,032 | 19,726 |

Рисунок 2 – Суммарные показания счетчика по каждому тарифу

Счетчик может эксплуатироваться как автономно, так и в составе автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) с заранее установленной программой и возможностью установки (коррекции) соответствующего тарифного расписания.

При помощи программного обеспечения можно посмотреть изменение показаний потребляемой мощности на графике (рис.3).

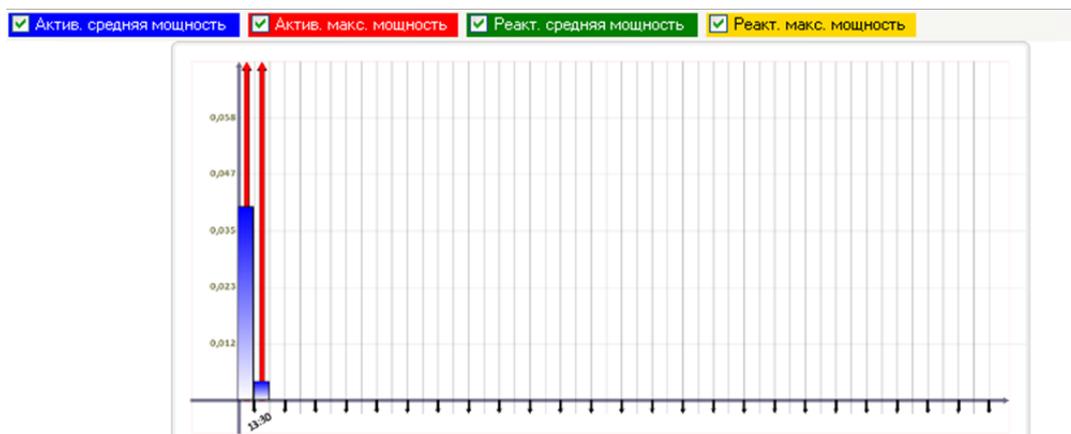


Рисунок 3– График зависимости потребляемой мощности от времени

Таким образом, однофазный счетчик СЭБ-2А.07Д экономически выгодно использовать на крупных производствах, работающих круглосуточно, где затрачивается большое количество электроэнергии.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 52320-2005 (МЭК 62052-11:2003) Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счетчики электрической энергии
2. Руководство по эксплуатации ИЛГШ.411152.154 РЭ, Счетчик электрической энергии статический СЭБ-2А.07Д, ФГУП «Нижегородский завод им. М. В. Фрунзе»

ДОФЛОТАЦИЯ УГЛЕРОДА ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГОЛЬНОЙ ПЕНЫ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.А. Беломестнова¹, А.В. Никаноров²

¹студентка гр. МЦБ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: belomestnovaanya1999@mail.ru

²магистрант гр. МЦМ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: nikanoroff@list.ru

В процессе электролиза алюминия в электролизерах с самообжигающимся анодом образуется угольная пена, которая периодически снимается с поверхности электролита и направляется на переработку. Вместе с пеной снимается и криолит-глиназемный расплав, содержание которого достигает 65-75 %.

На БрАЗе в цехе переработки фторсолей (ЦПФС) переработка угольной пены осуществляется одновременно двумя импеллерными флотомашинами (101 камера ФМ-04М). Основным компонентом отвальных хвостов является углерод, но компоненты криолит-глиназемного расплава (например, F) по-прежнему содержатся в опасных для экологии концентрациях, следовательно, снижение содержания фторид-иона представляется весьма актуальной задачей. Кроме того, повышение содержания углерода (до 85 %) позволит использовать его на ТЭЦ.

На сегодняшний день наиболее перспективными для флотации являются колонные флотационные аппараты с нисходящим пульповоздушным потоком, отлично зарекомендовавших себя на ряде обогатительных фабрик [1]. Установлено, что селекция минеральных частиц в условиях нисходящего пульповоздушного потока осуществляется посредством селективной деминерализации, т.е. за счет осыпания слабо закрепленных частиц (а не за счет элементарного акта флотации как у других типов машин), что способствует сохранности минеральной нагрузки. Этому же способствует и уменьшение диссипации энергии (что увеличивает вероятность удержания минеральных частиц полезного компонента на воздушных пузырьках).

Коллективом авторов Иркутского Государственного Технического Университета, на Братском алюминиевом заводе в цехе производства фторсолей была сконструирована опытно-промышленная установка, представляющая собой колонный аппарат с нисходящим пульповоздушным потоком высотой 3,5 м и диаметром 0,2 м.

Питанием опытно-промышленной колонного флотационного аппарата с нисходящим движением пульповоздушного потока служил пенный продукт контрольной флотации. Пульпа в колонный аппарат подавалась с помощью насоса при максимальном расходе питания - 1 м³/час.

Содержание углерода в исходном питании колонной флотации составляло 78,8 %, фтора - 8,2 %. Соотношение в пульпе Ж : Т - 8 : 1.

Наилучшие показатели колонной флотации были достигнуты при производительности 0,6 - 0,7 м³ пульпы в час и расходе воздуха 1 м³ на 1 м³ пульпы. При таких условиях пенный продукт содержал в среднем 85,25 % углерода и 5,4 % фтора.

В результате опытно-промышленных испытаний установлено, что использование колонного флотационного аппарата в цикле дофлотации

хвостов обогащения угольной пены позволяет за одну технологическую операцию снизить содержание фтора в отвальных хвостах до 5,4 %. При этом удалось более селективно выделить углерод в пенный продукт.

В результате дополнительных лабораторных исследований установлено, что при более тонком измельчении исходного продукта возможно значительное повышение технологических показателей колонной флотации, следовательно, возможно снижение фтора в отвальных хвостах до 2,5-3 % и повышения содержания углерода до 92-95 %.

Библиографический список:

1. Никаноров А.В., Попова Н.Ю., Вавилов В.Л. Теория и практика селекции минеральных частиц в колонны х аппаратах с нисходящим пульповоздушным потоком (монография).- Изд-во Восточно-Сибирского института МВД России, Иркутск, 2007.- 131 с.

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

Д.И.Цветков¹, А.А. Колодин²

¹ студент гр. АТбп-16-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: tvetkovdaniil@mail.ru

² старший преподаватель кафедры автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: kolodin@istu.edu

В данной статье рассматриваются направления, в которых развиваются нейронные сети, сферы деятельности, где они уже активно применяются. Так же рассматриваются возможности, которые искусственные нейронные сети открывают в будущем.

Под нейронными сетями подразумеваются вычислительные структуры, которые моделируют простые биологические процессы, обычно ассоциируемые с процессами человеческого мозга. Они представляют собой распределенные и параллельные системы, способные к адаптивному обучению путем анализа положительных и отрицательных воздействий. Элементарным преобразователем в нейронных сетях является искусственный нейрон или просто нейрон, названный так по аналогии с биологическим прототипом.

Искусственные нейронные сети (ИНС) строятся по принципам организации и функционирования их биологических аналогов. Они способны решать широкий круг задач распознавания образов, идентификации, прогнозирования, оптимизации, управления сложными объектами. Дальнейшее повышение производительности компьютеров все в большей мере связывают с ИНС, в частности с нейрокомпьютерами (НК), основу которых составляет искусственная нейронная сеть.

Уже сегодня искусственные нейронные сети используются во многих областях, но прежде чем их можно будет применять там, где на карту поставлены человеческие жизни или значительные материальные ресурсы, должны быть решены важные вопросы, касающиеся надежности их работы.

Области применения нейронных сетей весьма разнообразны — это распознавание текста и речи, семантический поиск, экспертные системы и системы поддержки принятия решений, предсказание курсов акций, системы безопасности, анализ текстов.

Нейронные сети успешно применяются для синтеза систем управления динамическими объектами. Нейросети обладают рядом уникальных свойств, которые делают их мощным инструментом для создания систем управления: способностью к обучению на примерах и обобщению данных, способностью адаптироваться к изменению свойств объекта управления и внешней среды, пригодностью для синтеза нелинейных регуляторов, высокой устойчивостью к повреждениям своих элементов в силу изначально заложенного в нейросетевую архитектуру параллелизма.

В настоящее время искусственные нейронные сети являются важным расширением понятия вычисления. Они уже позволили справиться с рядом непростых проблем и обещают создание новых программ и устройств, способных решать задачи, которые пока под силу только человеку.

На производстве и в различных промышленных системах интеллектуальные нейросетевые контроллеры смогут распознавать потенциально опасные ситуации, уведомлять о них людей и принимать адекватные и, что самое главное, своевременные меры. Потоки данных в вычислительных сетях и сетях сотовой связи тоже будут оптимизироваться с помощью нейротехнологий.

Если говорить о науке, то тут искусственный интеллект развивается невообразимо быстро. В медицине чуть ли не каждый день случаются новые открытия сфер применения нейросетей, например распознавание болезни по виду сетчатки глаза. Автомобилестроение с самообучающимися машинами, где функция водителя сводится к функции наблюдателя. Прогресс в сфере науки поможет сохранить тысячи жизни, помогая как лечить, так и заменяя человека в зонах высокого риска.

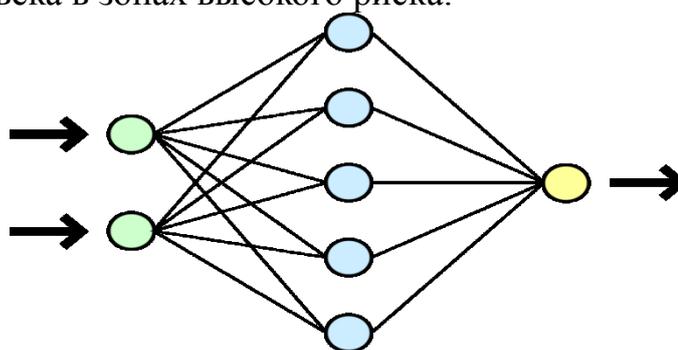


Рисунок 1- Структура простой нейронной сети. Зелёным цветом обозначены входные нейроны, голубым — скрытые нейроны, жёлтым — выходной нейрон

Библиографический список:

1. https://ru.wikipedia.org/искусственная_нейронная_сеть
2. Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф Нейроуправление и его приложения – 2-е. – М.: ИПРЖР, 2000. – С. 272.
3. Круглов, Владимир Васильевич. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. - М.: Горячая линия-Телеком [и др.], 2001. - 381 с.

О МЕТОДИКЕ И СРЕДСТВАХ ПОВЕРКИ ОПТИЧЕСКИХ ПИРОМЕТРОВ

М.А. Лазуткин¹, С.И.Половнева²

¹ студент гр. АТБп-16-1, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: michail.lazutkin@mail.ru

² доцент кафедры АПП, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: polovneva_si@mail.ru

Измерения и контроль температуры составляют более 40% всех измерений в мире. Измерение температуры контактным и бесконтактным методом можно осуществить различными типами термометров.[1].

Поверка бесконтактных пирометров осуществляется с помощью образцовых излучателей «Абсолютно черное тело» (таб.1)

Таблица 1 - Диапазон воспроизводимых температур

| Модификация ОИ АЧТ 50/1500 | Значения диапазона температуры, °С |
|----------------------------|------------------------------------|
| ОИ АЧТ «Деметра» | от минус 30 до 80 |
| ОИ АЧТ «Деметра-М» | от минус 40 до 110 |
| ОИ АЧТ «Медея» | от 50 до 500 |
| ОИ АЧТ «Электра» | от 100 до 1100 |
| ОИ АЧТ «Электра+» | от 300 до 1250 |
| ОИ АЧТ «Гелиос» | от 800 до 1500 |

Излучатель ОИ АЧТ 50/500 предназначен для воспроизведения радиационной температуры в диапазоне от 50 до 500°С. Принцип действия излучателя основан на зависимости температуры черного тела и яркости его излучения (законах Стефана – Больцмана и Планка)[1]:

$$E(T) = \sigma T^4,$$

где E – яркость (интенсивность) излучения,
 σ – постоянная Стефана-Больцмана.

Принцип действия излучателя ОИ АЧТ 50/1500 основан на формировании в полости (на излучающей поверхности) нормированного теплового потока в соответствии с законами излучения Планка и Стефана-Больцмана. Температура внутри полости излучателя формируется посредством нагрева (охлаждения) при пропускании электрического тока через исполнительный элемент, в качестве которого выступает, в зависимости от модификации, нагревательный резистивный элемент или комплект двухкаскадных термоэлектрических модулей. Измерение текущей температуры осуществляется посредством контактного датчика температуры (эталонный термометр сопротивления ЭТС-100).

Общий вид излучателей приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид ОИ АЧТ «Медя»

Излучатели функционируют под управлением регуляторов-измерителей dTrop 308, имеющих встроенное специальное программное обеспечение, которое является неотъемлемой частью прибора. Программное обеспечение позволяет осуществлять функции сбора, передачи, обработки, хранения калибровочных характеристик и представления измерительной информации.[2]

Излучатель применяется для градуировки и поверки пирометров в качестве образцовых излучателей (не ниже 2-го разряда) по ГОСТ 8.619-2006 в диапазоне температур от 50 до 500°C в лабораторных и цеховых условиях.[3]

Основные метрологические и технические характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные метрологические и технические характеристики АЧТ.

| Наименование характеристики | Значения |
|---|--------------------|
| Диапазон воспроизводимой температуры, °С | от 50 до 500 |
| Доверительные границы погрешности при доверительной вероятности 0,95 для излучателей исполнения 1Р, °С, не более: | –(0,6+0,0023 твос) |
| Время выхода на режим на нижнем пределе измерения, мин | 30 |

Библиографический список:

1. Сажин С.Г. Средства автоматического контроля технологических параметров Спб.Лань, 2014.-400 с
2. Излучатели ОИ АЧТ 50/1500. Методика поверки МП 2412-0021-2008.
3. ГОСТ Р 8.619-2006 ГСИ. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки. °С.

**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОЛОННОГО
ФЛОТАЦИОННОГО АППАРАТА**

А.С. Вологин¹, В.С. Вологин², А.В. Никаноров³

¹студент гр. МЦБ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: andrewVologin1999@yandex.ru

² студент гр. МЦБ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: slavavologin99@mail.ru

³магистрант гр. МЦМ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: nikanoroff@list.ru

Среди основных направлений развития народного хозяйства важная роль принадлежит осуществлению технического прогресса в области обогащения полезных ископаемых. Флотация является одним из основных технологических процессов обогащения полезных ископаемых.

Современный этап развития управления колонной флотацией характеризуется повышенным интересом к проблемам, связанным с автоматизацией процесса на основе применения математики и современных производительных ЭВМ. Эффективность применения систем управления флотацией в колонных аппаратах сдерживается недостатком моделей процесса, позволяющих всесторонне и адекватно описать процесс флотации. Существующие модели процесса флотации можно условно разделить на два больших процесса: микромодели и макромодели.

К микромоделям относятся модели, описывающие элементарные акты флотации на основе физической, химической, либо физико-химической сущности объекта. Данные модели хорошо обоснованы и достаточно точны, но не позволяют представить процесс флотации в целом. Следовательно, описание процесса флотации на уровне микромоделей оказывается практически бесполезным для управления и автоматизации процесса.

Макромодели описывают процесс флотации в целом, но в силу большой сложности процесса, они не могут учесть ряда его важных

особенностей, которые имеют большое значение при автоматизации колонной флотации.

Авторами [1] сформулирован принцип, что на данном этапе автоматизация аппаратов колонной флотации возможна только при условии построения базы данных по принципу «черного ящика» с экспертной системой. Данный принцип реализует «интеллект технолога».

На базе данного принципа разработан программный пакет автоматизации аппаратов колонной флотации, который положен в основу новой схемы автоматизации флотационных колонных аппаратов с нисходящим потоком (рисунок 1).

Применение разработанной схемы автоматизации позволяет полностью автоматизировать процесс колонной флотации.

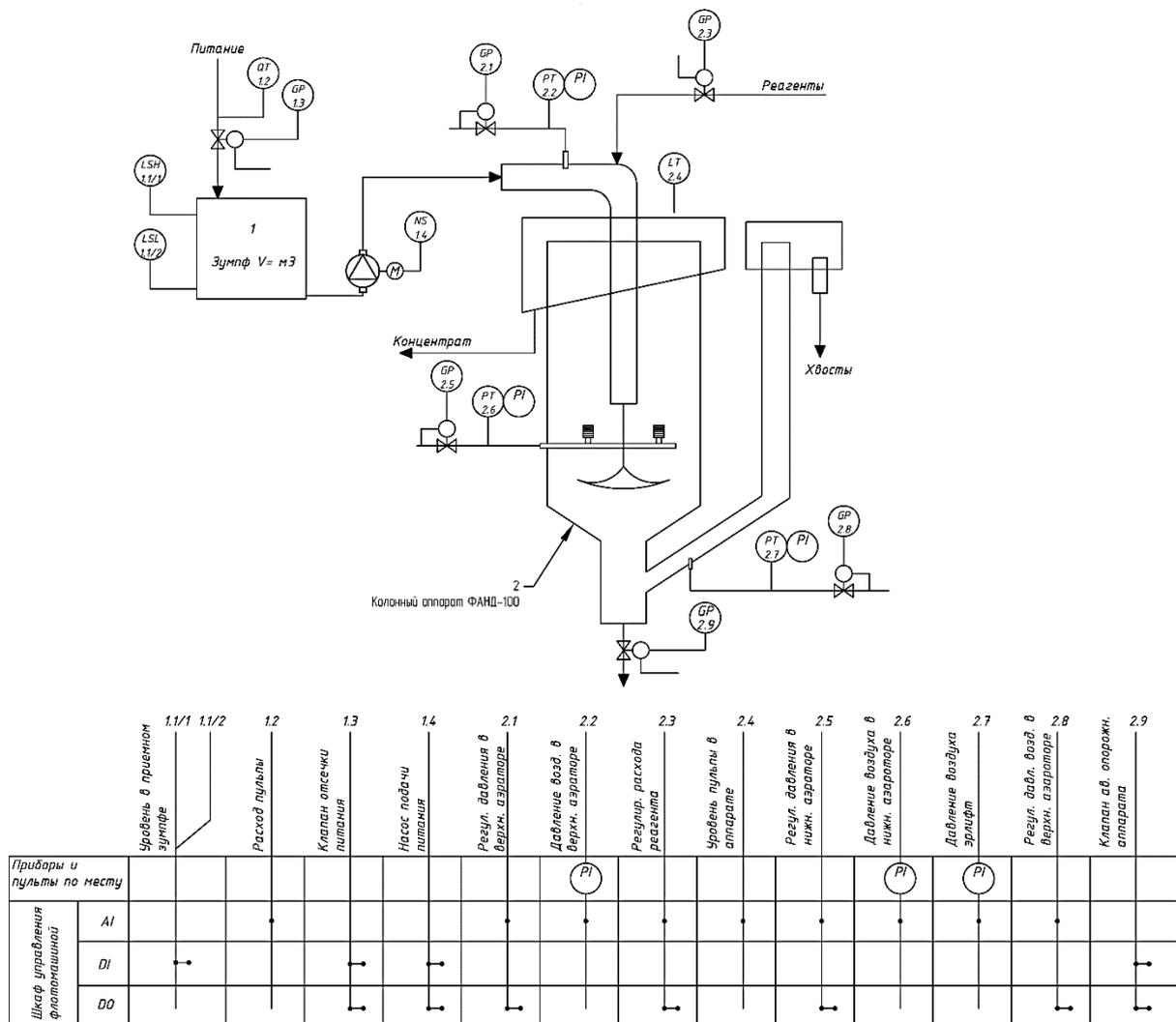


Рисунок 1 – Схема автоматизации колонного флотационного аппарата

Данная схема автоматизации прошла успешную апробацию на пилотной установке в цехе переработки фторсолей Братского

алюминиевого завода (БрАЗ) ОК РУСАЛ при флотации техногенного сырья – угольной пены электролизного производства [2].

Библиографический список:

1. Никаноров А.В. Теория и практика селекции минеральных частиц в колонных аппаратах / Palmarium Academic Publishing (2012-04-03), Germany, 2012. 269 с. ISBN: 978-3-8473-9264-4.

2. Научные основы, методы и технологии разделения минеральных компонентов при обогащении техногенного сырья (Плаксинские чтения) : Сборник тезисов докладов. // Полонский С.Б., Никаноров А.В., Седых В.И., Белов Б.И.: Дофлотация углерода при обогащении угольной пены алюминиевого производства. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. – С. 85-86.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ ПРИ ФЛОТАЦИИ ШЛАМОВ

Д.А. Сокольникова¹ А.В. Никаноров²

¹ магистрант гр. МЦМ-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: slayker9515@yandex.ru

² магистрант гр. МЦМ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: nikanoroff@list.ru

В последние годы на ведущих обогатительных фабриках России происходит постепенная замена морально устаревших импеллерных флотомашин на аппараты нового поколения с более совершенным гидродинамическим режимом работы, среди которых наибольшее распространение получили аппараты колонного типа. Конструктивными отличиями колонных аппаратов являются статичность, компактность выполнения камеры, отсутствие вращающихся в абразивной среде узлов, рациональное использование производственных площадей и объёмов.

В ИрНИУ разработаны конструкции колонных аппаратов [1] для лабораторных исследований, опытно-промышленных испытаний, а также промышленные образцы производительностью до 150 м³/ч. Опыт использования колонных аппаратов в 1980-х – 2000-х гг на различных золотодобывающих предприятиях свидетельствует о том, что наибольшую эффективность они проявляют при флотации шламистых частиц минералов благородных металлов размером менее 20 мкм.

Повышение селективности флотации в колонных аппаратах возможно за счёт улучшенного гидродинамического режима, а также

целенаправленного регулирования процессов, протекающих в пенном слое. Минимизация механического выноса частиц пустой породы и сростков в концентрат при флотации шламов была достигнута за счёт увеличения обводненности пенного слоя путём его орошения. Другой способ воздействия на процессы вторичной концентрации связан с деформацией пенного слоя, что может быть достигнуто путем установки в пенный слой сужающего устройства в виде обратного конуса.

В опытно-промышленном масштабе колонный аппарат испытывался в цехе гидрометаллургии Самартинской ЗИФ. Сырьем служил отвальный продукт содержит до 4 г/т золота и 60 г/т серебра и представляет собой минеральное сырье, состоящее на 65-70 % из сульфидов свинца, меди, цинка, железа и других металлов. Данный продукт складывается в хвостохранилище без дополнительной переработки. В результате испытаний получен кондиционный золотосеребряный концентрат с содержанием золота 24,8-29,2 г/т и серебра до 498 г/т, с незначительным выходом порядка 0,6 % от исходного веса хвостов сорбции.

Аналогичная технология успешно внедрена в промышленном масштабе на ОАО «ЗабГОК», Дарасунском руднике и др.

Промышленная схема колонной флотации испытана на Карамкенской ЗИФ для доизвлечения благородных металлов из хвостов сорбционного выщелачивания руд Агатовского месторождения. При гидрометаллургическом выщелачивании руд Агатовского месторождения с помощью цианирования в раствор переходит основная масса золота, серебра, находящегося в самородном состоянии и часть серебра, находящегося в рудном состоянии. Одновременно с золотом и серебром в раствор переходит основная масса цинка, содержание которого в руде составляет 0,34 %. В процессе дальнейшей сорбции благородных металлов на ионообменной смоле, более химически активный цинк вытесняет серебро из сорбирующей поверхности смолы обратно в раствор.

За счет части нерастворенного серебра и вытеснения серебра цинком обратно в раствор происходят основные потери серебра с хвостами гидрометаллургического передела. Извлечение золота составляет 91-93 %, а серебра не превышает 45 %. Для повышения извлечения серебра из руд Агатовского месторождения предложена новая схема, предусматривающая перевод серебра из раствора в твердое состояние и дальнейшей флотацией твердой фазы. Исходное питание флотации представлено почти полностью частицами, размеры которых менее 20 мкм. В результате обогащения тонкодисперсного материала в режиме основной и перечистой флотации были получены концентраты с содержанием серебра 7-8 кг/т. Извлечение серебра из хвостов составило 60-65 %.

Весьма эффективной колонная флотация оказалась при обогащении серебряных руд месторождения «Дукат» на Омсукчанской ЗИФ.

Большой объём опытно-конструкторских работ, выполненных на Омсукчанской ЗИФ, позволил создать промышленные образцы колонных пневматических аппаратов с производительностью по пульпе от 30 до 150 м³/ч, которые испытывались в циклах основной и перерывной операций. Однако наибольшую эффективность колонные машины проявили при флотации тонких частиц благородных металлов из хвостов обогащения. Схема из трёх таких аппаратов позволила повысить общее извлечение серебра и золота на фабрике на 2-3 %. Качество концентратов, получаемых из хвостов (содержание серебра 60-150 г/т), соответствовало требованиям ТУ-48-43-472-82 и составляло 8-10 кг/т Ag. За пятилетний срок эксплуатации технологической схемы на Дукатском ГОКе было получено около 5 т серебра и 100 кг золота.

Библиографический список:

1. Никаноров А.В. Теория и практика селекции минеральных частиц в колонных аппаратах / Palmarium Academic Publishing (2012-04-03), Germany, 2012. 269 с. ISBN: 978-3-8473-9264-4.

**ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СТОХАСТИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ ПО КАНАЛУ РАЗРЯЖЕНИЕ В ТОПКЕ КОТЕЛЬНОГО
АГРЕГАТА – РАБОТА ДЫМОСОСА**

А.А. Подкорытов¹, В.Г. Хапусов²

¹ аспирант, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск e-mail: podkorytov@istu.edu

² д.т.н., профессор кафедры автоматизации производственных процессов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск e-mail: hapusov@yandex.ru

Для стабилизации разряжения в топке котельного агрегата требуется изучить степень влияния работы дымососа на разряжение [3].

В качестве объекта исследования был выбран газоздушный тракт котельного агрегата БКЗ-420-160 [4]. Исходной информацией для этого послужили временные ряды разряжения в топке с правой ($Y_{пр}$) и левой стороны печи ($Y_{лв}$), рабочий ток дымососа ДС-А (I_a) и ДС-Б (I_b). В качестве входного параметра принята сумма рабочих токов дымососов (X). Данные о газоздушном тракте, содержат 1800 пар последовательных наблюдений X_t и Y_t , считанных с непрерывных записей с 10-ти секундным шагом.

Чтобы проследить динамику в различных каналах связи между параметрами проводим корреляционный анализ преобразованных данных с помощью построения взаимно-корреляционной функции (ВКФ). Сущность анализа заключается в определении степени вероятности связи между двумя случайными величинами. К временным рядам X и Y была применена процедура предварительной идентификации и оценивания [1]. В таблице 1

сторонних" параметров динамической стохастической модели, γ – число "левосторонних" параметров, далее вычисляется χ^2 статистика с использованием взаимных корреляционных функций $r_{aa}(k)$ между выравненным входным рядом α_t и рядом остаточных ошибок a_t , как $H = (N-s-b-r) \sum_{k=1}^K r_{aa}^2$ (к).

В первом случае Q сравнивается с χ^2 – распределением с K-p-q степенями свободы, а во втором - H сравнивается с χ^2 – распределением с K-r-S степенями свободы.

В таблице 2 приведены значения коэффициентов χ^2 – статистики диагностической проверки по автокорреляционной и взаимной корреляционной функциям.

Таблица 2 – Значения коэффициентов χ^2 статистики

| Выход | Вход | Число степеней свободы | H | Число степеней свободы | Q |
|----------|------|------------------------|-------|------------------------|-------|
| $Y_{пр}$ | X | 30 | 30,53 | 15 | 19,19 |
| $Y_{ле}$ | X | 30 | 39,49 | 15 | 14,03 |
| ⋮ | | | | | |

Диагностическая проверка по автокорреляционным и взаимно-корреляционным функциям с использованием значений χ^2 статистики [1] не дает оснований в сомнении адекватности модели.

Модели могут быть использованы для прогноза и адаптивного управления разряжением в топке с левой и правой стороны печного агрегата. При увеличении расхода дымовых газов разряжение в топке уменьшается.

Библиографический список:

1. Хапусов В.Г. , Баев А.В. Смешанные авторегрессионные модели и прогнозирование процесса выработки пара. “Вестник” ИрГТУ №12 2014 с. 29-34.
2. Бокс Д, Дженкинс Г., Анализ временных рядов. Прогноз и управление, выпуск 1,2, Мир., М., 1974.-603с.
3. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике –М.: МЭИ, 2007.-352с.

4. Хапусов В.Г. Автоматизация управления процессами в теплоэнергетике: учеб. пособие.- Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017, 224с.

ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ НА ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИИ «КОСМОДРОМ «ВОСТОЧНЫЙ»»

Т.А. Джалилов¹, В.М. Салов²

¹Студент гр. ПСУМ-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: temur41k@mail.ru

²к.т.н., профессор кафедры АПП ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: salov@istu.edu

Снабжение водой «Космодром «Восточный»» производится через скважины находящиеся на нескольких объектах (т.е. на нескольких водозаборных станциях (ВЗ)).

Проблемы станций заключаются в снабжении потребителей водой, так как нужно поднять воду с 30 м глубины.

При эксплуатации в неравномерном режиме работы может произойти выход из строя двигателей насосов, т.к. пусковой ток в 5 – 7 раз превышает номинальное значение, что неизбежно приводит к опасному перегреву электродвигателей, ускоренному износу запорной арматуры, увеличенному энергопотреблению, при их частых повторных запусках, это и приводит их в непригодное состояние. [1]

Проведя поисковые работы и анализ зарубежного опыта работы водозаборных станций можно уверенно утверждать, что проблемы водоснабжения и автоматизации на водозаборной станции «Космодрома «Восточный»» могут быть решены. Это потребует установить на насосы подъема воды со скважины, на насосы подкачки в резервуары и на насосы подачи напора в магистрали потребителям частотные приводы.

Преимущество использования частотных преобразователей заключается в том, что они обладают преобразованием диодным силовым выпрямителем одно- или трехфазного входного тока в постоянный, контроль преобразователем частоты за крутящим моментом и скоростью вращения вала электродвигателя, управлением выходным напряжением, поддержание постоянного соотношения U/f .

Регулируемый электропривод предназначен для управления двигателем путем контроля параметров. Скорость прямо пропорциональна частоте. Поэтому, варьируя частотой, можно поддерживать скорость вращения вала мотора, заданную согласно технологии. Пошаговое описание рабочего процесса для частотно-регулируемого привода (ЧРП) выглядит примерно так.[2]

Устройство, выполняющее на выходе системы обратную функцию генерации постоянного тока в переменный ток, именуемым инвертором.

Избавление от пульсаций на шине достигается путем добавления дросселя и конденсатора фильтра.

Возможности модернизации:

– Автоматическое управление насосными агрегатами скважин и водоприемных колодцев с применением частотного преобразователя. Применение оборудования плавного пуска насосных агрегатов исключает гидравлические удары, снижает пусковые токи и защищает электродвигатели во время работы;

– Оптимизация нагрузки на каждую скважину и водоприемный колодец по фактической добыче воды или времени работы;

– Оптимизация количества одновременно работающих насосных агрегатов;

Невозможность открытия или закрытия задвижки бывает обусловлена падением шибберных дисков по причине выхода из строя стального хомута. Проблемы с ускоренным износом запорной арматуры можно, исправить, проще всего заменить, сломанный хомут изделием из латуни или меди, закрепив диски на шпинделе болтом.[1,2]

Библиографический список:

1. Храменков В.Г. Автоматизация производственных процессов : учеб.пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 343 с.

2. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств. –СПб. : Изд-во СПбГТУ , 2003. –134 с.

ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ НА ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИИ «КОСМОДРОМ «ВОСТОЧНЫЙ»»

Т.А. Джалилов¹, В.М. Салов²

¹Студент гр. ПСУМ-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,

E-mail: temur41k@mail.ru

к.т.н., профессор кафедры АПП ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»,

г. Иркутск, E-mail: salov@istu.edu

Вода на «Космодром «Восточный»» подаётся из артезианских скважин с нескольких водозаборных станциях. Состав ее довольно сложен, присутствие следующих соединений: $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ (бикарбонат железа), FeCO_3 (карбонат), FeSO_4 (сульфат), FeS (сульфид). В небольших количествах и в редких случаях может также присутствовать органическое трехвалентное железо и трехвалентный сульфат $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Для обезжелезивания воды, на водозаборных станциях «Космодром «Восточный»» используют аэрационный метод, который обеспечивает контакт воды с воздухом,

содержащим кислород, благодаря чему растворенные частицы окисляются до трехвалентного нерастворимого железа и выпадают в осадок, так же аэрация позволяет удалить летучие примеси и сероводород. Нормы по содержанию железа в воде – 0,3 мг/л, показатель жесткости воды 7 мг-экв/л, марганец – 0,1 мг/л., фтор 0,7-1,5 мг/л. Обычно эти нормы, как и нормы по другим, более редким примесям значительно превышены и именно от них необходимо, очищать воду для получения питьевого качества. Аэрационный метод обеспечивает на выходе из очистительного резервуара 7 мг/л железа, что доставляет потребителю достаточно проблем. что бы избежать их необходимо подобрать другой метод обезжелезивания воды, которому в силу устранить проблемы с железом рисунок 1. [1]

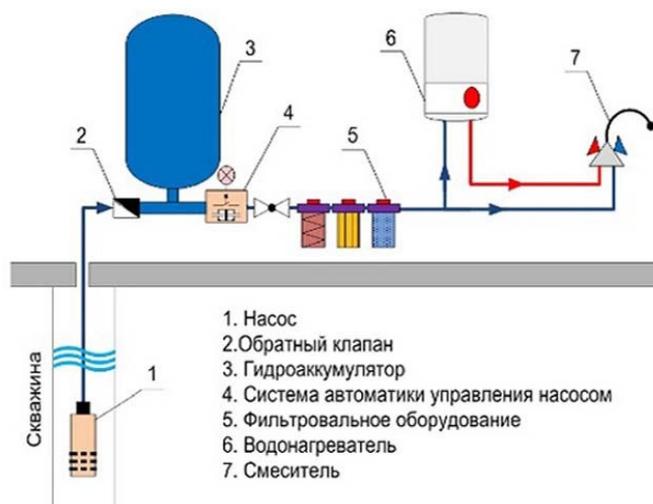


Рисунок 1 – Технологическая схема установки обезжелезивания

Насос первого подъёма (1), расположенный в артезианской скважине, подаёт исходную воду на аэратор-дегазатор (3), где происходит интенсивное насыщение воды атмосферным воздухом, окисление двухвалентного железа и дегазация воды. Поток воды на выходе из аэратора-дегазатора (5) ударяется об отбойную пластину, что приводит к мгновенному уменьшению массообменной площади: вода – воздух (газ) и разделению их.

Газ (обычно это сероводород, метан и др.), выделяющийся из воды со стороны аэратора-дегазатора, под избыточным давлением удаляется за пределы помещения.

При заполнении ёмкости для чистой воды (6) автоматически включается насос второго подъёма и производится подача очищенной воды на потребление. При уменьшении уровня воды в ёмкости для чистой воды ниже минимального значения насос второго подъёма автоматически отключается.

По мере загрязнения фильтрующей загрузки происходит ее гидроавтоматическая промывка. При повышении гидравлического сопротивления

плавающей фильтрующей загрузки за счет накопившихся в ней загрязнений, вода из надфильтровой ёмкости самотеком устремляется вниз через плавающую фильтрующую загрузку, расширяет её, вымывает накопившиеся загрязнения и выбрасывается в ёмкость для промывной воды, накапливается в ней и затем постепенно стекает в канализацию. Конструкция фильтра-модуля исключает смешивание очищенной чистой воды с промывной водой. После прекращения режима промывки фильтр-модуль гидроавтоматически переключается на новый цикл фильтрования до следующей промывки. [2]

Удаление железа можно решить более прогрессивным методом **каталитического окисления с последующей фильтрацией**, он заключается в реакции окисления железа, на поверхности гранул специальной фильтрующей среды, обладающей свойствами катализатора (ускорителя химической реакции окисления). В настоящее время применяют фильтрующие среды на основе диоксида марганца (MnO_2): Birm, Greensand, Pyroloxi др. Эти фильтрующие засыпки отличаются между собой как физическими характеристиками, так и содержанием диоксида марганца, и поэтому эффективно работают в разных диапазонах. Впоследствии большая часть окисленного железа вымывается в дренаж при обратной промывке. Таким образом, слой гранулированного катализатора является одновременно и фильтрующей средой. Для улучшения процесса окисления в воду могут добавляться дополнительные химические окислители. Наиболее распространенным является перманганат калия $KMnO_4$, так как его применение не только активизирует реакцию окисления, но и компенсирует "вымывание" марганца с поверхности гранул фильтрующей среды то есть регенерирует ее. В технологических схемах используют как периодическую, так и непрерывную регенерацию. Все системы работающие на основе каталитического окисления с помощью диоксида марганца, требуют больших расходов воды при обратной промывке.

Общий недостаток данной технологии её нельзя применять, когда содержание железа в воде превышает 10-15 мг/л.

Этот метод и его технологическая схема достаточно удобна для внедрения систем контроля и автоматизации процесса.[3]

Библиографический список:

1. СанПиН 2.14.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества".
2. Алексеев В.С., Коммунар Г. М., Тесля В.Г. и др. Опыт внутрипластовой очистки подземных вод от железа. Ж. Водоснабжение и санитарная техника, № 5, 1989, с. 14 – 15.
3. Андрианов А.П., Первов А.Г. Перспективы применения мембранных методов ультрафильтрации и нанофильтрации на крупных водо-

проводных станциях // Проекты развития инфраструктуры города: Сб. науч. трудов. Вып.

ВЫБОР МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИИ «КОСМОДРОМ «ВОСТОЧНЫЙ»»

Т.А. Джалилов¹, В.М. Салов²

¹Студент гр. ПСУМ-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: temur41k@mail.ru

к.т.н., профессор кафедры АПП ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: salov@istu.edu

Снабжение водой «Космодром «Восточный»» производится через скважины находящиеся на нескольких объектах (т.е. на нескольких водозаборных станциях (ВЗ)).

Проблемы станций заключаются в снабжении потребителей чистой водой, так как нужно провести анализ воды на содержании в ней микроорганизмов.

На объекте водозаборных станций «Космодром «Восточный»» используется установка микрофильтрации, которая служит для очистки воды на уровне крупных молекул (макромолекул). В основе метода УФ-излучения лежит тот факт, что лучи, длина волны у которых 200-295 нм, могут убивать патогенные микроорганизмы. Проникая сквозь клеточную стенку, они воздействуют на нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК), а также вызывают нарушения в структуре мембран и клеточных стенок микроорганизмов, что ведет к гибели бактерий. Для определения дозы излучения необходимо провести бактериологический анализ воды, это позволит выявить виды патогенных микроорганизмов и их восприимчивость к лучам. На эффективность также влияет мощность используемой лампы и уровень поглощения излучения водой. [1]

Доза УФ-излучения равна произведению интенсивности излучения на его продолжительность. Чем выше устойчивость микроорганизмов, тем дольше на них необходимо воздействовать УФ-излучение не влияет на химический состав воды, не образует побочных соединений, таким образом исключает возможность нанесения вреда человеку. При использовании данного метода невозможна передозировка, УФ-облучение отличается высокой скоростью реакции, для обеззараживания всего объема жидкости требуется несколько секунд. Не меняя состав воды, излучение способно уничтожить все известные микроорганизмы.

Недостатки данного метода в отличие от хлорирования, обладающего пролонгирующим эффектом, эффективность облучения сохраняется до тех пор, пока лучи воздействуют на воду. [2]

Хороший результат достижим лишь в очищенной воде. На уровень поглощения ультрафиолета влияют содержащиеся в воду примеси. Например, железо способно служить для бактерий своеобразным щитом и «прятать» их от воздействия лучей. Поэтому целесообразно провести предварительную очистку воды.

Для того что бы решить проблемы с качеством и употреблением воды необходимо установить комбинированный метод обеззараживания воды с добавлением реагентов.

$2\text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{Cl}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ формула гипохлорита кальция

$\text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ формула алюмината натрия

$\text{Al}_n(\text{OH})_{(3n-m)}\text{Cl}_m$.

формула оксихлорида алюминия

Для достижения наибольшего эффекта используют, как правило, реагентные методы с сочетанием с безреагентными. Сочетание УФ-облучения с хлорированием, так как, уф-лучи убивают патогенную микрофлору, а озон препятствует повторному заражению. Данный метод используют как для очистки питьевой воды, так и очистки воды в бассейнах. Для обеззараживания бассейнов УФ-излучение преимущественно используют с гипохлоритом натрия. Суть комбинирования состоит в том, что окислители обивают вредные микробы, а тяжелые металлы позволяют сохранить воду обеззараженной. [3]

Библиографический список:

1. СанПиН 2.14.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества".
2. Хохрякова Е.А. Современные методы обеззараживания воды М.: Издательский центр «Аква-Терм», 2014. – 55 с., ил.
3. Карманов А.П., Полина И.Н. Технология очистки сточных вод Учебное пособие. – Сыктывкар: СЛИ, 2015. – 207 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УРОВНЯ

П.О. Сошников¹, Д. И. Тюканов², С.И. Половнева

^{1,2} студенты гр. АТПб-15-1 ИАМиТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» г. Иркутск, pa-sou@mail.ru

Для измерения уровня жидких сред разработаны и серийно выпускаются различные измерительные преобразователи уровня (рис.1).

При проектировании систем контроля и АСУ ТП для выбора оптимального варианта необходимо владеть информацией о метрологических характеристиках различных уровнемеров. В НИЛ «Средства измерений и АСУТП» кафедры АПП ИВТ ИРНИТУ имеются автоматизированные установки, позволяющие исследовать метрологические характеристики поплавковых, волноводных, радарных и гидростатических датчиков уровня, разработать рекомендации по выбору оптимального датчика и изучить особенности их эксплуатации.

Принцип измерения уровня волноводными уровнемерами состоит в формировании наносекундных микроволновых радиоимпульсов малой мощности, которые направляются вниз по зонду, погруженному в технологическую среду» уровень которой нужно определить. Когда радиоимпульс достигает среды с коэффициентом диэлектрической проницаемости, отличающейся от проницаемости газа над поверхностью среды, из-за разности коэффициентов диэлектрических проницаемостей происходит отражение микроволнового сигнала в обратном направлении. Временной интервал между моментом передачи зондирующего импульса и моментом приема эхо-сигнала пропорционален расстоянию до уровня контролируемой среды. Аналогичным образом измеряется расстояние между датчиком и границей раздела двух жидких сред с различными коэффициентами диэлектрической проницаемости.

Для волноводных уровнемеров характерен большой диапазон измерений уровня – до 50 м.

Интенсивность отраженного сигнала волноводных уровнемеров зависит от диэлектрической проницаемости среды.

Волноводный датчик уровня Rosemount 3301- это интеллектуальные приборы, предназначенные для непрерывного измерения уровня среды в резервуаре, принцип действия основан на технологии рефлектометрии с временным разрешением (TDR). Питание прибора поступает по двухпроводному сигнальному кабелю. Радиоимпульсы малой мощностью несколько наносекунд направляются вниз по зонду, погруженному в технологическую среду, уровень которой нужно определить.

Когда радиоимпульс достигает поверхности среды, часть энергии отражается в обратном направлении. Временной интервал между моментом передачи импульса и моментом приема эхосигнала пропорционален расстоянию до поверхности или до границы раздела двух жидкостей. Этот интервал преобразуется в расстояние, по которому вычисляется уровень поверхности среды или уровень границы раздела двух жидкостей (см. ниже).

Отражающая способность среды является важным параметром, во многом определяющим работу ра-
уровнемера. Среда с высокой ди-
ской постоянной обеспечивает эхо-
большой амплитуды и большой



дарного
электриче-
сигнал
диапазон

измерений.

Рисунок 1 – Волноводный уровнемер

Таблица 1 – Пределы основной приведенной промышленности

| Модель | Pв | Пределы основной приведенной погрешности, γ, % | |
|--------|-------------------------------|--|----------|
| | | Базовое исполнение | Опция P8 |
| 2051L | более о Pmax/10, включительно | ±0,075% | - |
| | менее Pmax/10 | ±(0,025+0,005 Pmax/Pв) | - |

Библиографический список:

1 Фарзане Н. Г. Технологические измерения и приборы : учебник по специальности "Автоматизация технологических процессов и производства" / Н. Г. Фарзане, Л. В. Илясов, А. Ю. Азим-заде, 2016.

2 Половнева С. И. Физические основы преобразовательной техники. Методические указания к лабораторным работам –Электронный ресурс: **er-14601** <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-14061.pdf>

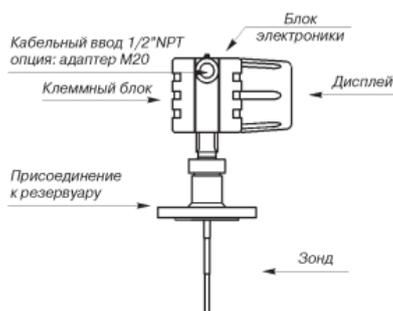
АЭРАТОР ДЛЯ КОЛОННОГО АППАРАТА

О.Н. Логинов¹, А.В. Никаноров²

¹студент гр. МЦБ-16-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: olegyn007@mail.ru

²магистрант гр. МЦМ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: nikanoroff@list.ru

па-
ди-
ние.
га-
яв-



С развитием научно-технического прогресса в обогащении полезных емых осваивается новое высокопроизводительное и более эффективное оборудова- Учитывая, что основным процессом обо- щения подавляющего большинства руд ляется флотация, в промышленной реали- зации получил распространение принципиально новый подход, основан-

ный на использовании оборудования большой единичной производительности. При разработке флотационных машин и аппаратов с камерами большого объема всех типов (механических, пневмомеханических и пневматических) значительное внимание уделяется совершенствованию аэрирующих устройств, эффективности использования воздуха при флотации.

В период с 1915 - 1921 гг. появился целый ряд флотационных машин, узел аэрации в которых был выполнен в виде перфорированного металлического днища или натянутой материи [1]. Рундквистом В.А. [2] была сконструирована первая отечественная флотационная машина с аэратором механического типа. Для флотации крупнозернистых материалов были созданы машины пенной сепарации, машина кипящего слоя конструкции Н.Ф. Мещерякова, аппараты колонного [3] и аэрлифтного типов. Узлы аэрации в пневматических флотомашинах выполняются как правило в виде набора перфорированных резиновых трубок [4]. В 60-е годы значительное внимание исследователей было уделено разработке и внедрению флотационных машин и аппаратов с аэраторами, выполненными в виде эжектора или циклона [5].

Однако, предложенные способы диспергирования газовой фазы, несмотря на высокие аэрационные показатели, имели существенный недостаток – постоянное засорение аэраторов в процессе эксплуатации, возникновение турбулентных потоков, что приводило к нарушению процесса аэрации и ухудшению технологических показателей [6].

Разработанные в последние годы более прогрессивные пневматические флотационные машины и аппараты обеспечивают получение высоких технологических результатов, но вследствие низкой эксплуатационной надежности узла аэрации не находят широкого применения в практике.

В колонном флотационном аппарате с нисходящим пульповоздушным потоком использован совершенно новый оригинальный элемент аэрации, представленный на рисунке 1

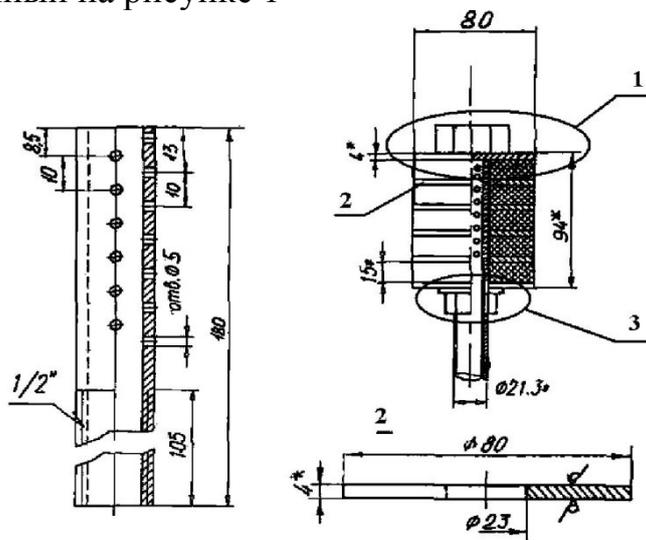


Рисунок 1 – Шайбовый аэратор

К преимуществам таких аэраторов можно отнести: тонкое диспергирование пузырьков воздуха; возможность создания восходящего аэрированного потока пульпы, отсутствие крупномасштабного турбулентного (вихревого) перемешивание пульпы с подаваемым воздухом; простота конструкции и регулировки.

Данный тип аэратора внедрен в промышленность на ряде предприятий цветной металлургии (ППО «Бор», ОАО Ярославский ГОК, ПАО «РУСАЛ Братск», ПАО «Бурятзолото» и пр.).

Библиографический список:

1. Андреев С.Е., Товаров В.В., Петров В.А. Закономерности измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава.- М.: Metallurgizdat, 1959, 437 с.
2. Рундквист В.А. Гидродинамические параметры механических флотационных машин.- Обогащение руд, 1964, №1.- С. 25-30.
3. Тюрникова В.И., Наумов Н.Г. Повышение эффективности флотации.- М.: Недра, 1980.- 224 с.
4. Малиновский В.А. Элементы основ пенной сепарации.- В кн.: Пенная сепарация, М.: ВЗПИ, 1971.- С. 4-15.
5. Классен В.И. Промышленные испытания эжекторной флотационной машины для флотации руд.- Цветные металлы, 1963, №4.- С.7-13.
6. Шестаков Л.Я. Сравнительные испытания аэраторов флотационных машин.- Обогащение руд, 1965, №4.- С. 34-38.
7. Никаноров А.В., Попова Н.Ю., Вавилов В.Л. Теория и практика селекции минеральных частиц в колонны х аппаратах с нисходящим пульповоздушным потоком (монография).- Изд-во Восточно-Сибирского института МВД России, Иркутск, 2007.- 131 с.

КОМПЛЕКСНАЯ ПОДГОТОВКА ПРИРОДНОГО ГАЗА В БЛОКАХ ПРЯМОТОЧНЫХ ЦИКЛОНОВ С КАМЕРОЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Е.А. Рудых¹, В.К. Левшаков², М.И. Аршинский³

¹студент гр. НДДб-18-1, ИН, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Rudykh_Evgeny@mail.ru

²студент гр. АТбп-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: levshakov_vk@mail.ru

³к.т.н., инженер АО "АНХК", г. Ангарск, e-mail: arshmax@mail.ru

В настоящее время интенсивно развивается нефтегазодобывающая отрасль, что ведет к необходимости усовершенствования процессов обработки и подготовки природного газа перед отправкой потребителю [1].

Подготовка природного газа представляет собой совокупность про-

цессов сепарации, фильтрации и теплообмена, осуществляемых в блоках низкотемпературной сепарации (НТС) на установках комплексной подготовки газов (УКПГ), в результате чего из газа выделяются полезные целевые компоненты (газоконденсат, ШФЛУ) и вредные нежелательные примеси (вода, механические частицы, CO_2 , H_2S).

Увеличить производительность на современных УКПГ позволит разработка и внедрение аппаратов на основе процессов сверхзвуковой сепарации – блоков прямоточных циклонов с камерой переменного сечения (БПЦПС) с распределенной системой управления (PCY) [2].

Такие блоки представляют собой компактные автоматизированные комплексы модульного типа, которые можно устанавливать на нефтяных и газоконденсатных месторождениях в труднодоступных районах и морских платформах. В БПЦПС происходит очистка газа от механических частиц, воды за счет центробежной сепарации, а извлечение газоконденсата, легких углеводородов (C_{3+} , C_{5+}), кислых соединений (CO_2 , H_2S) за счёт низкотемпературной сепарации, возникающей при изоэнтальпийном расширении потока газа в результате перепада давлений в камера переменного сечения (эффект Джоуля-Томсона).

Так как весь процесс низкотемпературной сепарации протекает при экстремальных условиях (высоких скоростях и давлении), то для эффективной и безопасной работы оборудования необходим контроль такие показатели, как объёмный расход (FI), давление (PI) и температура (TI) потока. От точности и скорости получения данных будет зависеть скорость регулирования системы PCY. На рисунке 1 представлена схема БПЦПС.

Газ из скважины предварительно охлаждается в теплообменнике Т-1 и под высоким давлением поступает в блок прямоточных сепараторов (ПЦПС-1,2,3), где происходит его интенсивная закрутка, улавливание мелкодисперсных частиц, солей, капель воды и конденсация углеводородов.

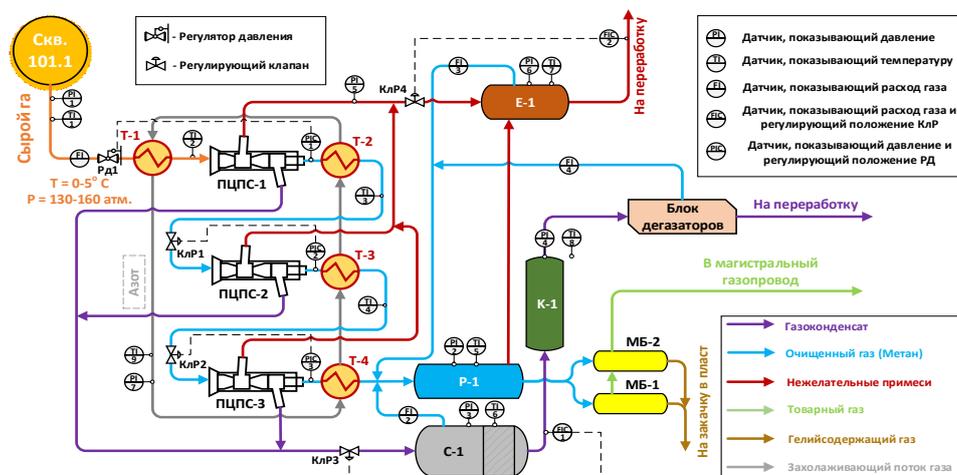


Рисунок 1 - Технологическая схема блока прямоточных сепараторов на основе блока низкотемпературной сепарации

Расход газа регулируется с помощью дроссельного регулятора давления Рд1 клапанов КлР1,2,3, положение которых определяется на основе данных с датчиков давления (РИС-1,2,3). При конденсации углеводородов происходит значительное понижение температуры газа (-30-70°C), которая регистрируется датчиками ТИ-2,3,4. Расход газа контролируется приборами FI-1,2,3. Уловленные частицы с газоконденсатом выводятся в сборник Е-1. Дополнительно извлеченные углеводороды C₃₊-C₅₊ и образовавшиеся соединения SO₂, CO₂ в камере сверхзвуковой сепарации отводятся в двухфазный сепаратор-сборник С-1, затем на дальнейшую переработку. Очищенный газ СН₄ проходит дополнительную обработку в мембранном блоке МБ-1,2 и выводится с установки к потребителю. Все элементы установки оборудуются системами блокировок и системами противоаварийной защиты (СБиПАЗ), позволяющими отслеживать соблюдение технологических параметров и предупреждать о возникновении аварийных ситуаций.

Внедрение БПЦПС позволит существенно повысить качество подготовки газа, а также энергоэффективность предприятий нефтегазодобычи.

Библиографический список:

1. Коноваленко Н.П. Газовая отрасль России: современное состояние и основные тенденции развития // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. Том 6. № 10А. С. 83-94.

2. Рудых, Е.А., Аршинский, М.И. Разработка технологии высокоэффективной сепарации и очистки углеводородов на основе блока прямоточных сепараторов для нефтегазодобывающей промышленности // Сборник тезисов-докладов Всероссийской научно-практической конференции «Прикладные исследования в области физики». 2018 г. с. 73-74

**КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ ПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ
ТЕРМИЧЕСКИМ КРЕКИНГОМ НЕФТЕШЛАМА НА
МЕТАЛЛИЧЕСКОМ СПЛАВЕ**

Д.В. Медведев¹, С.А. Уханев², Н.С. Филиппов², А.Ю. Сотников³,
Г.В. Боженков⁴, Е.В. Рудякова⁴

¹ аспирант кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: dima93medvedev@mail.ru

² студент гр. ХТОБп-15, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

³ магистрант, гр. ХТм-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

⁴ к.х.н., доцент кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

В настоящее время основной тенденцией мировой нефтепереработки для повышения экономической эффективности использования нефти явля-

ется повышение глубины ее переработки. Кроме того, разработка технологий, позволяющих рационально использовать уже накопленное огромное количество тяжелых нефтяных остатков и отходов химической и нефтехимической промышленности на сегодняшний день также является актуальной проблемой [1, 2].

Другой, не менее актуальной проблемой современности является улучшение химотологических свойств товарных нефтепродуктов без увеличения их себестоимости.

В настоящее время существует много технологий и способов переработки нефтешламов. Одними из таких направлений являются их термическая и термокаталитическая деструкции, продукты которых могут быть использованы в качестве компонентов моторного топлива. Таким образом, разработка высокоэффективной технологии переработки нефтяных шламов в топливные фракции позволит создать дополнительный источник углеводородов для производства моторного топлива.

В ранее опубликованных материалах [3] была предложена схема переработки мазутов в две стадии:

- I-я стадия – термический крекинг мазутов;
- II-я стадия – каталитический крекинг продуктов термического крекинга.

В данной работе нами исследован каталитический крекинг продуктов, полученных термическим крекингом нефтешлама зачистки резервуаров двумя вариантами: классической деструктивной перегонкой и деструктивной перегонкой с использованием металлического сплава.

Каталитический крекинг сырья проводили в лабораторном проточном трубчатом реакторе при температуре 440 °С и объёмной скорости подачи сырья 2 ч⁻¹. В качестве катализатора использовался синтетический цеолит структуры ZSM-5.

Результаты опытов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Выход продуктов каталитического крекинга нефтешлама

| Показатели | Значения | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| | классическая деструктивная перегонка* | деструктивная перегонка на металлическом сплаве* |
| Выход продуктов в том числе, % масс. | | |
| Углеводородный газ | 38,65 | 23,84 |
| Фракция 30 – 180 | 27,12 | 27,35 |
| Фракция 180 – 360 | 23,24 | 32,98 |
| Фракция 360> (рецикл) | 10,99 | 15,84 |
| * - приведены усредненные показатели | | |

Таблица 2 – Характеристики продуктов каталитического крекинга

| Наименование | Плотность, | Содержание | Октановое число |
|--------------|------------|------------|-----------------|
|--------------|------------|------------|-----------------|

| | | кг/м ³ | серы, % масс. | (RON/MON) продукта / цетановое число (CON) продукта |
|--|-------------------------|-------------------|------------------|---|
| Каталитический крекинг продуктов классического термического крекинга | Фракция н.к.- 180 °С | 775 | 0,0158 | 87,8/79,3 |
| | Фракция 180- 360° С | 845 | 0,0915 | 49,5 |
| | Фракция >360° С | 895 | 0,1016 | - |
| Каталитический крекинг продуктов термического крекинга на металлическом сплаве | Фракция н.к.- 180 °С | 750 | 0,0097 | 92,7/84,2 |
| | Фракция 180- 360° С | 840 | 0,0658 | 49 |
| | Фракция >360° С | 897 | 0,0770 | - |

Полученные результаты показывают перспективность внедрения и применения предложенной схемы переработки тяжелых нефтяных остатков.

Библиографический список:

1. Мхитаров Р. А. Технологии и оборудование для переработки отходов нефтепереработки, нефтешламов и загрязненных углеводородами грунтов // Нефть. Газ. Новации. – 2013. – №10. – С. 72-76.

2. Викарчук А. А. Технология и оборудование для обработки нефти и переработки твердых нефтешламов и жидких нефтеотходов / А. А. Викарчук, И. И. Растегаева, Е. Ю. Чернохаева // Вект. наук. ТГУ. Машиностроение. – 2012. - № 3 (21). – С. 70-75.

3. Медведев Д.В. Каталитический крекинг продуктов термического крекинга на металлическом сплаве / Д.В. Медведев, С.А. Уханев, Н.С. Филлипов, Г.В. Боженков, Е.В. Рудякова // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием – Иркутск: изд-во ИРНТУ, 2018. – с 162-164.

УПРАВЛЕНИЕ ДРЕНАЖНЫМИ НАСОСАМИ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ ОВЕН ПР-200

М.А. Лазуткин¹, П.Р.Ершов²

¹ студент гр. АТбп-16, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНТУ», г. Иркутск, e-mail: michael.lazutkin@mail.ru

² доцент кафедры АПП, ФГБОУ ВО «ИРНТУ», г. Иркутск, e-mail: ershov1955@yandex.ru

Назначение технического средства. ОВЕН ПР200 – это свободно программируемое реле. Применяется для решения локальных задач автоматизации: водоподготовка, водоочистка, вентиляция, отопление и др. Написание алгоритма осуществляется пользователем на языке FBD (МЭК 16131:3) с помощью бесплатной среды программирования OWEN Logic. Подключение к ПК производится посредством стандартного MiniUSB-кабеля (USB – MiniUSB). Для интеграции в SCADA-системы и управления внешними устройствами в прибор может быть установлено до 2-х интерфейсов RS-485 с поддержкой протоколов Modbus RTU/ASCII. Для распределенных систем управления возможно применение сетевого шлюза ПМ210 (сервис Owencloud).

Для увеличения количества дискретных входов/выходов программируемого реле ОВЕН ПР200 применяются модули расширения ОВЕН ПРМ.

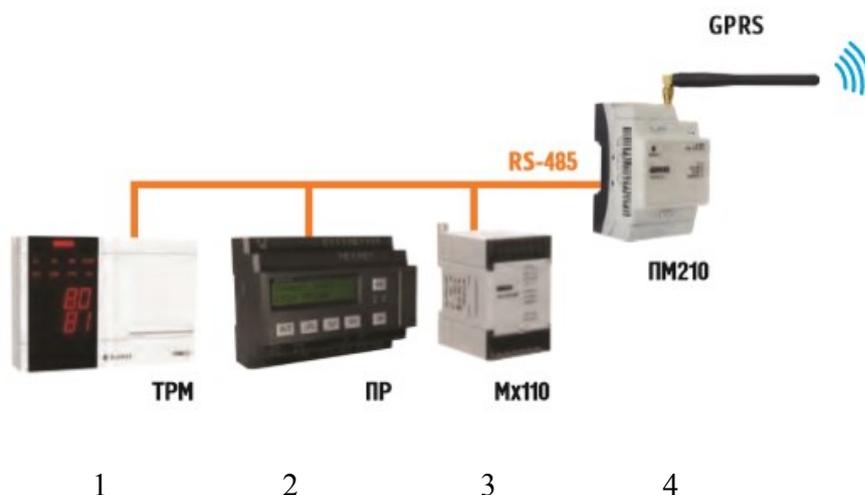


Рисунок 1- Структурная схема технических средств
1- регулятор(контроллер); 2- ПР-200; 3-модуль дискретного ввода; 4- сетевой шлюз ПМ210.

Программируемое реле ПР200 рекомендуется применять для систем с каскадным управлением насосами.

Преимущества решения:

- Функционал ПР200 был разработан для решения задач такого класса;
- С ПР-200 удобен работать как при настройке, так и при его эксплуатации;
- Использование внутренней логики ПР-200 значительно сокращает количество коммутируемых электромагнитных устройств, снижает затраты на проектирование и эксплуатацию систем, а также повышает их надежность;
- Вы быстро напишете нужный алгоритм работы оборудования на языке релейной логики в простой и интуитивно понятной среде OWEN Logic без специальных навыков в программировании;
- Большое количество входов/выходов «на борту» и возможность подключать дополнительные модули расширения позволяет реализовать

каскадное управление в системах с различным количеством насосов.

Основные сигналы:

- Верхний уровень дренажного приемка-«Включение насосов»;
- Нижний уровень дренажного приемка-«Выключение насосов»;
- Аварийный уровень дренажного приемка;
- Наличие потока (защита от сухого хода) контура дренажа;
- Наличие потока (защита от сухого хода) контура ГВС;
- Наличие потока (защита от сухого хода) контура отопления;
- Наличие потока (защита от сухого хода) контура ХВС;
- Наличие потока (защита от сухого хода) контура подпитки;
- Открытие двери ЦТП;
- Режим ручной/автоматический;
- Сброс аварии;
- СТАРТ/СТОП;
- Сигнал о превышении жесткости теплоносителя;
- Сигнал аварии основного питания.

Библиографический список

1. Руководство по эксплуатации «Устройство управляющее многофункциональное ПР200», Производственное объединение ОВЕН. Каталог продукции, 2019.

РАЗРАБОТКА ПО УЧЕБНОГО СТЕНДА «ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ»

П.Р. Ершов¹, В.К. Левшаков²

¹ к.т.н., доц. каф. А.П.П., ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

e-mail: ershov1955@yandex.ru

² студент гр. АТбп-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,

e-mail: levshakov_vk@mail.ru

Специальность «Автоматизация технологических процессов и производств» связана с созданием современных программных и аппаратно-технических средств для разработки современных систем автоматизации и управления производством.

На сегодняшний день работа со специально оборудованными стендами просто необходима для успешного освоения студентами на практике своей профессии. Задачей данной работы является разработка программного обеспечения для частотного преобразователя ОВЕН ПЧВ с целью управления электроприводом по заданной циклограмме и удаленного

управления приводом по предустановленным заданиям с помощью выносного пульта для ПЧВ.

Применение частотных преобразователей в системах автоматизации технологическими процессами в настоящее время является наиболее частым решением благодаря широкому спектру их возможностей. Частотные преобразователи применяют для управления частотой вращения синхронных и асинхронных двигателей различных устройств, что позволяет влиять на их производительность. Благодаря удобству использования, простоте обслуживания и возможности экономить электроэнергию применение частотных преобразователей в автоматизации технологических процессов в настоящее время является наиболее частым решением.

Частотный преобразователь реализует управление частотой вращения электрического двигателя путем векторного регулирования электрическим током и напряжением. Этот метод подразумевает формирование не только гармонических токов и напряжения фаз, но и управление магнитным током ротора, что обеспечивается управлением амплитуды и фазы статорного тока.

Для работы электродвигателя по заданной цикловой программе встроенный в ПЧВ ПЛК программируется через компьютер с помощью универсального конфигуратора ОВЕН ПЧВ и среды разработки CoDeSys. Связь компьютера с частотным преобразователем осуществляется при помощи преобразователя АС4 ОВЕН через интерфейс RS-485. Конфигуратор и частотный преобразователь предварительно настраиваются на необходимые сетевые параметры.

Во вкладке «Выбор задания» задаются предустановленные задания в процентах от максимальной частоты.

Далее для работы преобразователя в автономном режиме настраивается его встроенный ПЛК. Принцип работы основан на событийной логике.

После записи данных в ПЛК преобразователь готов к работе.

Для работы с дискретными сигналами и выбора фиксированной уставки используется разработанный для этого выносной пульт, на котором можно выбрать один из пяти режимов работы электропривода. Настройка фиксированных заданий приведена на рисунке 1.

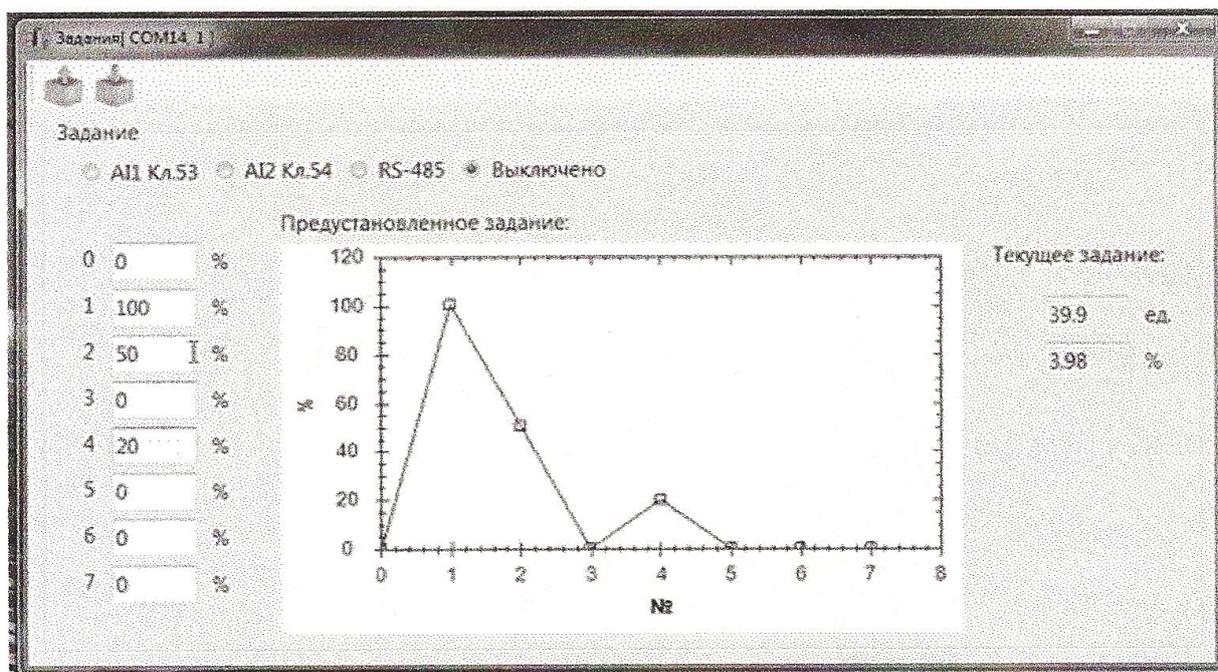


Рисунок 1 – настройка фиксированных заданий

Далее настраиваются дискретные входы преобразователя.

Проведение практических занятий на данном учебном стенде позволит получить навыки работы с промышленным оборудованием, изучить основы программирования оборудования и проектирования систем автоматического регулирования.

Библиографический список:

1. Шишмарев В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: учебник/ В.Ю.Шишмарев.-4-е изд.стер.-М.: Академия, 2009.-303 с.
2. Руководство пользователя «Преобразователи частоты векторные ПЧВ1-XX и ПЧВ2-XX», М.: 2016.

ФОРМЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ АСУ ТП

Е. Д. Пахомова¹, С. И. Половнева²

¹студент гр. АТ6-15-1 ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: le-nu.pahomova@gmail.com

² к.т.н., член – корр. Метрологической академии, доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: polovneva_si@mail.ru

Сигналы измерительных каналов АСУ ТП несут информацию о состоянии объекта, технологическом параметре или параметрах окружающей

среды. Информацию, содержащуюся в сообщении, обычно представляют изменением одного или нескольких параметров сигнала - его амплитуды (интенсивности), длительности, частоты, ширины спектра, поляризации и т.д. Сигналы могут преобразовываться из одного вида в другой, например, непрерывные - в дискретные, звуковые - в электрические и т.п. Электрические сигналы могут быть на постоянном и переменном токе, гармонические и несинусоидальные и т.п. Электрический импульс - кратковременное изменение электрического напряжения или силы тока. Различают видео- и радиоимпульсы. Видеоимпульс - электрический импульс постоянного тока или напряжения (однополярный), не содержащий ВЧ колебаний. Радиоимпульс - электрический импульс, представляющий собой ограниченные во времени ВЧ или СВЧ электромагнитные колебания, огибающая которых имеет форму видеоимпульса. По характеру изменения по времени различают электрические импульсы прямоугольной, пилообразной и других форм. Наиболее широко используют прямоугольные видеоимпульсы, на основе которых формируются синхронизирующие, управляющие и информационные сигналы в вычислительной технике и АСУ ТП.

По частотному распределению импульсы характеризуются спектром, который получается в результате разложения временной функции, выражающей импульсы, в ряд Фурье. Любая периодическая функция $f(x)$ с периодом 2π , удовлетворяющая условиям Дирихле может быть разложена в тригонометрический ряд Фурье [1]:

$$f(x) = A_0 + A_1' \sin x + A_2' \sin 2x + A_3' \sin 3x + A_4' \sin 4x + \dots \\ \dots + A_1'' \cos x + A_2'' \cos 2x + A_3'' \cos 3x + A_4'' \cos 4x + \dots, \quad (1)$$

где $A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx$ - постоянная составляющая;

$A_1' = \frac{1}{\pi}$ - амплитуда синусной составляющей первой гармоники;

$A_1'' = \frac{1}{\pi}$ - амплитуда косинусной составляющей первой гармоники;

$A_2' = \frac{1}{\pi}$ - амплитуда синусной составляющей второй гармоники и т.д.

В работе для сигналов прямоугольной, трапецеидальной и треугольной форм с заданными амплитудой (A), периодом (n) и длительностью импульса $\tau = \frac{T}{\pi}$ с помощью пакета **MathCAD** получены аналитические модели $x = f(t)$; для первых трёх, пяти и семи гармоник, построить графики зависимостей $x = f(t)$ и рассчитаны спектры $s = f(t)$. (рис. 1).

$$N := 3 \quad n := 1, 2..N \quad \omega := 2 \cdot \frac{\pi}{T}$$

$$s(t) := \frac{A_0}{2} + \sum_n (A_n \cdot \cos(t \cdot n \cdot \omega) + B_n \sin(t \cdot n \cdot \omega))$$

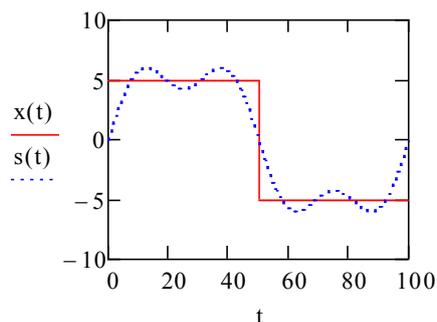


Рисунок 1 – График исходного сигнала прямоугольной формы $x(t)$ и его спектральное представление $s(t)$ для числа гармоник $N=3$

Установлено, что с увеличением числа гармоник спектр сигнала изменится.

Библиографический список:

1. Латышенко, К. П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний. Практикум : учебное пособие для академического бакалавриата / К. П. Латышенко, В. В. Головин. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 190 с.

СЕКЦИЯ № 3
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ
И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 674.816

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕСНЫХ
ОТХОДОВ

Д.А. Олейник¹, Т.А. Подгорбунская², Ю.А. Айзина³

¹ студент гр. ХТОбп-16-2 ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», mail: oleinickDANG@yandex.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», mail: tpodgor@istu.edu

³ к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», mail: aizina@istu.edu

Древесина – это композиционный материал, состоящий из большого количества компонентов.

В настоящее время активно используется стволовая часть, в меньшей степени крона и комлевая часть, практически не используется корневая система [1].

Широкий спектр применения имеет технологическая щепка (дробленка), которая является сырьем для производства целлюлозы, древесностружечных и древесноволокнистых масс, используется для получения стружки и опилок [1].

В результате технологической переработки древесины возникают огромные объемы древесных отходов [1, 2].

В России к числу наиболее актуальных проблем относится утилизации древесных отходов. На сегодняшний день при существующих методах переработки теряется почти половина биомассы дерева, из-за низкого уровня технологических процессов деревообработки. Большая часть древесных отходов вывозится на свалки, либо бесконтрольно сжигается.

На сегодняшний день известны разные способы применения древесных отходов. После механической обработки или химической переработки, а также непосредственно без каких-либо обработок отходы могут стать основой для производства эффективных заменителей деловой древесины, экономически выгодных материалов и изделий, поэтому постоянно расширяется ассортимент и объем производства строительных материалов из отходов [1, 2].

Многие технологии переработки древесины производят вторичные отходы, в состав которых входят различные химические компоненты, не

позволяющие их дальнейшее использование без специальной обработки. К этим химическим компонентам относятся смолы и клеи, пленочные покрытия, минеральные компоненты, используемые в плитном производстве и т.д. Такие отходы целесообразно подвергать термической переработке для получения различного топлива: твердого, газообразного, жидкого. С целью получения древесного угля, используемого в качестве твердого топлива, адсорбента используют отходы лесозаготовительного производства и подвергают их процессу пиролиза [2, 3].

Для получения биотоплива используется процесс быстрого пиролиза. В результате пиролиза древесины образуются первичные продукты: нелетучий остаток – древесный уголь, водный конденсат (жижка), который может подвергаться дальнейшему разделению и неконденсируемые газы.

К сожалению, с конца XX столетия в России наблюдается резкое снижение потребления продуктов лесохимического пиролиза [3].

Библиографический список:

1. Сафин Р.Г. Современные строительные композиционные материалы на основе древесных отходов // Вестник Казанского технологического университета. - 2014. – Т. 17. №20. - С. 123-128.
2. Степанова Т.О., Гайнуллина А.А. Современные строительные композиционные материалы на основе древесных отходов. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 5-4. С. 299-303.
3. Кузнецов Б.Н. Получение жидких топлив и их компонентов из древесной биомассы // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. общ. им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – №6. – С. 83-91.

ВОВЛЕЧЕНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ТОВАРНЫЕ ТОПЛИВА

Ж.Н. Артемьева¹, А.А. Ганина¹, А.С. Легина², С.Г. Дьячкова³

¹ аспирант группы аТОВ-16, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: prudnikva2014@list.ru

² студент гр. ХТм-17, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: oblizanovaanna@mail.ru

³ д.х.н., зав.кафедрой химической технологии, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: dyachkova@istu.edu

Нефтесодержащие отходы – один из неизбежных производственных факторов переработки, хранения нефтей и нефтепродуктов, которые необходимо утилизировать. Вместе с тем нефтесодержащие отходы содержат ценные углеводороды, поэтому поиск новых путей их извлечения и ис-

пользования является актуальной задачей. В качестве объектов исследования нами были выбраны нефтесодержащие отходы цехов 1 и 2 товарного производства АО «АНХК - ловушечный нефтепродукт (ЛН). ЛН формируется за счет дренирования подтоварных вод из резервуаров и оборудования, возможных проливов нефтепродуктов из железнодорожных цистерн, воды атмосферных осадков и с систем охлаждения торцевых уплотнений насосов, из смывов с поддонов эстакад налива и полов насосных, а так же за счет грунтовых вод, откачиваемых из куста скважин по системе промышленной канализации цеха. В настоящее время нефтепродукт ловушечный является сырьем установки Г-64 АО «АНХК».

В результате качественного и количественного анализа установлено высокое содержание бензиновых фракций, преобладание н-алканов C_5-C_{10} (более 90 % мас.) в продукте скважинном цеха № 1 ТП, что позволяет предположить возможность использования данного ЛН в качестве компонента автомобильных бензинов без повторной переработки методом ректификации. Вместе с тем, ЛН цеха №1 не имеет стабильного качества, в основном, по содержанию воды и цветности, поэтому были проведены испытания по подбору метода предварительной подготовки ЛН.

Нами были проведены испытания по подбору метода предварительной подготовки ЛН. Для испытаний нами была взята донная проба с высоким содержанием воды (50 % об.). Установлено, что отстаивание пробы при температуре 22-23°C в течение 4 часов приводит эффективному отделению воды (49,5 % об.), при снижении продолжительности отстаивания менее 4 часов эффективность отделения воды снижается, граница раздела фаз между водной и органической не четкая. Следует отметить, что для улучшения степени разделения фаз, не потребовалось дополнительно использовать каких-либо физико-химических или химических факторов.

Для снижения влияния цветности ЛН при добавлении его в автобензины нами предложено разбавление ЛН другими побочными нефтепродуктами ТП. Для этого образец ЛН смешали с побочными нефтепродуктами (ПН), которые образуются в процессе приготовления при подрезке товарных резервуаров, в случае обводнения донной пробы, в соотношении 1:20. Через 4 часа отделили водный слой, и смесь ЛН с побочными нефтепродуктами проанализировали на соответствие требованиям ГОСТ 32513 [11] для компонента автобензинов. Экономический эффект от реализации данного мероприятия составит около 3,7 млн. руб. в год.

Комплексный анализ химмотологических и физико-химических свойств ЛН из трех емкостей цеха № 2 товарного парка АО «АНХК» позволил предположить возможность использования данного ЛН в качестве компонента нефтепродуктов, являющихся тяжелыми дистиллятами (М-100 и RMG-380 вид II). Оптимальные количества вовлекаемого в тяжелые дистилляты ловушечного нефтепродукта, найденные методом математического моделирования, подтверждены и хорошо согласуются с эксперимен-

тальными данными, а полученные таким образом нефтепродукты (М-100 и RMG-380 вид II) удовлетворяют требованиям нормативной документации. Установлено, что до 94 % формирующегося в ТП АО «АНХК» ловушечного нефтепродукта может быть использовано в качестве компонента тяжелых дистиллятов и вовлечено в:

- М-100 в количестве 1,0 % масс.;
- RMG-380 вид II в количестве 0,1 % масс.

что приводит к увеличению маржинальности вышеперечисленных нефтепродуктов, выводу ЛН из схемы формирования сырья и, как следствие, уменьшению нагрузки на установку Г-64 АО «АНХК». Экономический эффект от внедрения данного мероприятия составит в 2019 году около 1,1 млн. руб. в год за счет уменьшения на 12,9 % нагрузки на установку Г-64.

Предложенная схема оценки и использование побочных продуктов в качестве компонентов товарных топлив носят общий характер и могут быть распространены на подобные отходы НПЗ и нефтебаз.

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕСКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Т.Ю. Быкова

магистрант гр. ПИМ-17 ИВТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск,
e-mail: 79027676502@yandex.ru

Очистка технологической воды осуществляется с помощью фильтрации. При этом происходит избавление, как от механических примесей, так и от микроорганизмов присутствующих в технологических средах. Фильтрации подвергают продукты питания (например, вина), продукты нефтепереработки. Возможно и применение в медицине (например, очистка плазмы крови).

Фильтрация используется на разных этапах производственного цикла. Процесс фильтрации хорошо изучен и широко применяется. Не смотря на это, современная промышленность постоянно требует поиска новых решений, которые будут учитывать не только качество и оптимизацию применяемых фильтрационных процессов, но и экологичность фильтрующих материалов и их доступность.

Фильтрованием называется процесс разделения различных систем гетерогенного дисперсионного характера вследствие их проведения через перегородку, которая является пористой и поэтому, задерживает одну из фаз и не задерживает другую.

Подобными системами являются системы «жидкость – твердое тело» или «газ – жидкость», или «газ – твердое тело». После проведения разделения система разделяется либо на жидкость и твердый осадок, либо на

газ и сухой осадок. Ценным фазой может быть любой компонент, а также оба компонента [1].

Мы предлагаем в качестве материала для фильтрации использовать пески, находящиеся непосредственно в Иркутской области [2]. На исследование были взяты пробы песков, взятых на побережье поселков Хужир, Ангасолка, Обутеиха, города Байкальск.

Проведенный анализ на фильтрующую способность показал, что их фильтрующие свойства достаточно хорошие [3]. Мы полагаем, что фильтрующая способность зависит от многих факторов: от гранулометрии, от расстояния между зернами (песчинками), от плотности, а также от кристаллохимического состава песков.

Для определения кристаллохимического состава был проведен рентгеноструктурный анализ предоставленных проб песков. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – кристаллохимический состав песков

| Минерал | Место отбора и содержание минерала, % | | | |
|------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-------|
| | Обутеиха | Байкальск | Ангасолка | Хужир |
| α-кварц | 56,39 | 59,29 | 23,23 | 35,81 |
| альбит | 23,18 | 16,02 | 27,73 | 29,92 |
| анортотлаз | 15,37 | 23,61 | 36,17 | 31,78 |
| диккит | 1,39 | 0,79 | 1,60 | |
| индиалит | 3,67 | 0,29 | 2,52 | 2,49 |
| антофиллит | – | – | 8,75 | – |

Анализ таблицы показывает, что в составе песков, взятых на исследование, находятся в основном три минерала. Это α-кварц, альбит и анортотлаз. Суммарное содержание данных минералов в пробе из Обутеихе около 95 %, в пробе из Байкальска 98 %, в пробе из Ангасолки 87 %, в пробе из Хужира 96 %.

Можно сделать вывод, о том, что доля α-кварца, альбита и анортотлаза в песках, отобранных на юго-западном побережье озера Байкал составляет около 90 %.

Библиографический список:

- 1.Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 2010. – 410 с.
- 2.Потемкина Т.Г., Потемкин В.Л., Гусева Е.А. Устьевые области рек озера Байкал // Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2014 – № 9. – С.185-192.
- 3.Яковлева А.А, Гусева Е.А., До Ван Туан. Поглонительные свойства песков рекреационных зон юго-западного побережья Байкала по отноше-

нию к некоторым агентам // Биотехнология в интересах экологии и экономики Сибири и Дальнего Востока: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. (Улан – Удэ 25-27 июня 2018г.) – Улан – Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2018. – С.94–100.

ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДАЧИ ФЛЕГМЫ НА СОСТАВ ФРАКЦИИ 30-70°C УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

Н.Д. Губанов¹, А.В. Урумов²

¹к.т.н., доцент кафедры химической технологии, ФГБОУ ВО ИРНИТУ, e-mail: gubanov_nd@ex.istu.edu

²магистрант гр. ОХПм-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: aurum1995@ya.ru

Одним из продуктов первичной переработки нефти является бензиновая фракция, выкипающая в интервале температур 30-180°C и состоящая из углеводородов нормального и слаборазветвлённого строения. Такой состав фракции обуславливает невысокое октановое число. Для повышения октанового числа в нефтепереработке применяют изомеризацию пентангексановой фракции.

Установка изомеризации состоит из двух блоков – ректификации и изомеризации. В блоке ректификации фракция 30-180°C разделяется в колонне К-1 на три фракции: фракция 30-70°C-сырьё установки изомеризации; фракция 70-95°C-сырьё установки пиролиза; фракция 95-180°C-сырьё установки рифирминга [1].

В работе [2] исследовано влияние основных параметров (флегмового числа, температуры подачи сырья и горячей струи) на режимы работы колонны К-1. Показано, что оптимальным режимом является тот, при котором содержание углеводородов C₅-C₆ во фракции 30-70°C будет максимальным, а углеводородов C₇₊ - минимальным. Определено, что флегмовое число R должно быть в интервале 2-3. Однако при исследованных параметрах значительное количество углеводородов C₅-C₆ отбирается с фракцией 70-95°C.

Целью данной работы является исследование влияния температуры подачи флегмы на состав фракции 30-70°C. Моделирование режимов работы колонны К-1 осуществлялось при флегмовых числах, равным 2 и 3. Температуре подачи сырья (фракция 30-180°C) 130°C, горячей струи - 175°C. Принципиальная схема блока разделения приведена в [2].

На рис.1 приведены зависимости содержания углеводородов в фракции 30-70°C от температуры подачи флегмы при флегмовом числе R=2.

Видно, что с увеличением температуры подачи флегмы в колонну содержание углеводородных газов (изо-, н-бутан) практически не изменяется, содержание углеводородов C₅ (изо-, н-, циклопентан), C₆ (2,3-

диметилбутан, 2-метил-, 3-метилпентан, н-гексан, метилциклопентан, циклогексан) уменьшается, а углеводородов C_{7+} возрастает. Следовательно, при высокой температуре подачи флегмы углеводороды C_{7+} из фракции 70-95°C переходят в фракцию 30-70°C.

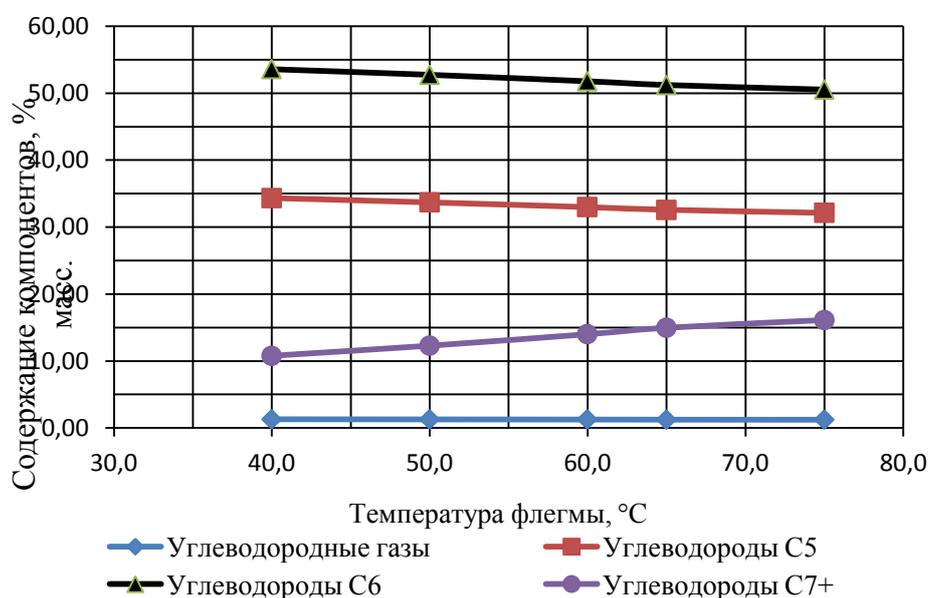


Рисунок 1 – Зависимость содержания компонентов в фракции 30-70°C от температуры флегмы

В табл.1 приведён состав фракции 30-70°C в зависимости от температуры флегмы при флегмовом числе $R=3$. Представленные данные показывают, что содержание углеводородов C_5 и C_6 значительно возросло, а углеводородов C_{7+} - уменьшилось. Так, при температуре флегмы 40°C их концентрация не превышает одного процента.

Таблица 1- Состав фракции в зависимости от температуры флегмы

| Температура, °C | Состав, % масс. | | | |
|-----------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| | Углеводородные газы (бутаны) | Углеводороды C_5 | Углеводороды C_6 | Углеводороды C_{7+} |
| 70,0 | 1,46 | 38,00 | 58,52 | 1,93 |
| 65,0 | 1,47 | 38,13 | 58,50 | 1,90 |
| 60,0 | 1,50 | 39,27 | 58,04 | 1,19 |
| 50,0 | 1,53 | 40,42 | 56,96 | 1,09 |
| 40,0 | 1,56 | 41,45 | 56,09 | 0,90 |
| 30,0 | 1,59 | 42,51 | 55,24 | 0,66 |

Таким образом, для промышленной колонны К-1 может быть рекомендована температура подачи флегмы в интервале 40-50°C при флегмовом числе $R=3$.

Библиографический список:

1. Мириманян А.А., Вихман А.Г., Мкртычев А.Л. Промышленный опыт работы установок изомеризации пентан-гексановой фракции // Нефтепереработка и нефтехимия. -2006. -№4. –С.22-31.
2. Боженков Г.В., Губанов Н.Д., Кузора И.Е., Дьячкова С.Г. Исследование и оптимизация работы блока разделения прямогонной нефти установки изомеризации ОАО «АНХК» // Мир нефтепродуктов. -2014. - №9. –С.11-15.

УДК 669.1

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТИЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

А.Р. Колесникова¹, Ю.А. Айзина²

¹ студент гр. ХТОбп-16-2, Институт высоких технологий, г. Иркутск, e-mail: alya.kolesnikova.98@mail.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ИРНТУ, г. Иркутск, e-mail: aizina@ex.estu.edu

Литий – один из важнейших металлов, определяющих научно – технический прогресс в настоящее время. Этот металл обладает уникальным набором свойств. Он сконцентрировал в себе набор максимальных показателей по удельной теплоемкости, теплопроводности и проводимости температуры и при этом обладает самыми низкими показателями по вязкости, низким давлением насыщенных паров и исключительно высокой теплотой парообразования. Благодаря сочетанию этих свойств литий – лучший теплоноситель космических ядерно – энергетических установок большой мощности [1].

Уникальный набор свойств лития послужил толчком для глобального его применения в разных промышленных отраслях. Так, например, литий и его соединения обеспечивают технический прогресс в производстве первичных и вторичных аккумуляторных батарей, производство конструкционных и смазочных материалов в военной технике, производство химических компонентов для ядерных энергетических реактивов, производство специальных масел и смазок, производство стекла, керамики и синтетических волокон, производство первичного алюминия, металлургия легких конструктивных сплавов, производство хладагенов и систем осушки воздуха и др. (см. рис. 1) [2].

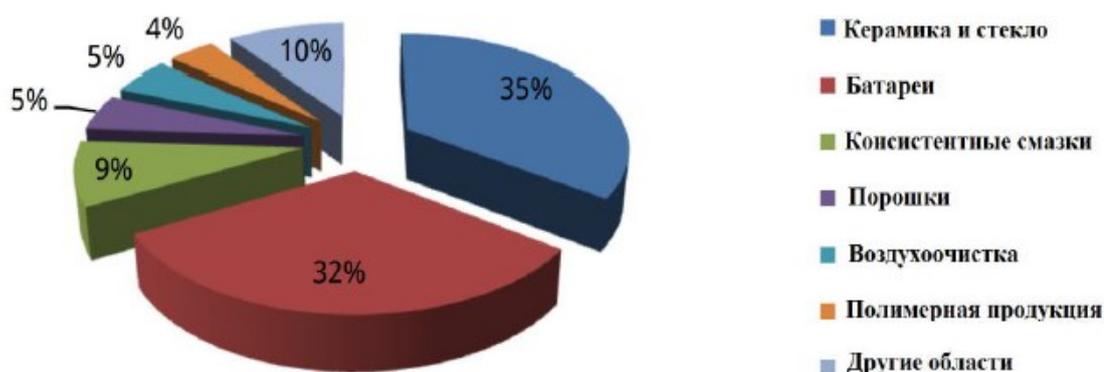


Рисунок1 – Структура мирового потребления лития

Основным сырьевым источником для получения литиевых соединений в России до 90-х годов прошлого столетия являлось алюмосиликатное сырье – сподуменовые концентраты, перерабатываемые пирометаллургическим способом. Многостадийная энергоемкая технология переработки горнорудного сырья заставила производителей литиевой продукции мирового сообщества осваивать новые сырьевые источники лития, какими являются природные рассолы.

В мировой практике в настоящее время промышленно перерабатываются рассолы (салары) хлоридного натриевого типа с содержанием хлорида лития ≥ 3 г/дм³ и небольшим содержанием магния и кальция (показатель R, равный отношению суммы концентраций кальция и магния к концентрации лития, составляет не более 40). В России рассолы хлоридного натриевого типа распространены только в Северо – Кавказском регионе, содержание хлорида лития в них составляет 0,23 – 1,00 г/дм, а показатель $R > 60$ [3]. Такие рассолы требуют предварительной очистки от солей кальция и магния и концентрирования растворов.

На данный момент нами осуществляется разработка методов очистки рассолов от сопутствующих примесей и солей, с дальнейшим концентрированием в полученных растворах хлорида лития.

Библиографический список:

1. Кудрявцев П.Г. Литий: мировые запасы и перспективы применения // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», №13-14, 2016, с.62-78
2. Немков, Е.В. Мамылова. Поликомпонентные литиеносные рассолы Сибирской платформы — сырье многоцелевого назначения // Сбор. научных трудов СФУ. 2013. № 11. С. 241–261.
3. Алексеев С.В. промышленные рассолы Сибирской платформы: гидрогеология, бурение и добыча, переработка, утилизация / С.В. Алексеев, А.Г. Вахромеев, Н.П. Коцупало, А.Д. Рябцев. – Иркутск: Изд – во «Географ», 2014. – 162 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

О.В. Марченко ¹, С.В. Соломин ², Р.Г. Копченко³

¹ к.т.н., старший научный сотрудник ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН», г. Иркутск, e-mail: marchenko@isem.irk.ru

² к.т.н., старший научный сотрудник ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН», г. Иркутск, e-mail: solomin@isem.irk.ru

³ бакалавр, гр. ХТб-14-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: roman.kopchenko@yandex.ru

Мировой рынок биотехнологий (производственного использования биологических структур для получения пищевых и промышленных продуктов и осуществления целевых химических превращений) в 2025 г. может достигнуть уровня в 2 трлн. долларов США [1]. Темпы роста по отдельным сегментам рынка колеблются от 5-7 до 30 % ежегодно. Доля России на мировом рынке биотехнологий в настоящее время крайне мала.

Важной частью биотехнологий является биоэнергетика, которая обеспечивает потребности в энергии (электрической, тепловой, механической и химической) на основе природных ресурсов. Развитие биоэнергетики способствует появлению доступных источников энергии, сохраняющих естественный энергетический и материальный баланс окружающей природной среды. Различают твёрдое биотопливо (например, древесина, солома), жидкое (этанол, биодизель) и газообразное (биогаз, водород).

Биомасса, наряду с солнечной, ветровой, гидравлической и геотермальной энергией, относится к возобновляемым энергоресурсам, доля которых в мировом энергобалансе в ближайшие десятилетия существенно увеличится [2]. В России особенно перспективно растительное или лигноцеллюлозное сырьё благодаря наличию значительных ресурсов. В России образуется более 100 млн. т/год доступных для получения энергии отходов биомассы. Их энергетическая ценность оценивается более чем в 40 млн. т у.т./год [1].

Значительную долю этих отходов составляют отходы лесопереработки, лесопиления, фанерного и целлюлозно-бумажного производства. По данным Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) в 2017 г. в России заготовлено 212 млн. м³ древесины, произведено 25 млн. м³ пиломатериалов, 4 млн. м³ фанеры, более 8 млн. т целлюлозы и 2 млн. т древесной массы. С учётом принятых нормативов по минимальным оценкам образуется 75 млн. м³ древесных отходов (18 млн. т у.т.). Не менее 17 % из них приходится на Иркутскую область.

Одним из перспективных видов переработки древесных отходов является производство пеллет (топливных гранул) из опилок. Производство пеллет в России с 2010 г. по 2017 г. по данным ЕМИСС выросло более чем в 3 раза – с 362 до 1416 тыс. т.

Для утилизации отходов также разрабатываются эффективные технологии газификации [3–5]. В процессе пиролиза биомассы получается синтез-газ. Одним из основных компонентов газа является водород [5]. В связи с этим заслуживает внимания технология получения водорода из биомассы с последующим его использованием в топливных элементах, т.к. водород является одним из перспективных топлив для энергетики будущего [6].

В Институте систем энергетики СО РАН разработана экспериментальная установка газификации древесного топлива, состоящая из трёх реакторов – пиролиза, дожигания пиролизного газа и смолы и газификации. Такая схема позволяет очистить вырабатываемый газ от вредных примесей [5].

Работа выполнена в рамках научного проекта III.17.1.2 программы фундаментальных исследований СО РАН, рег. № АААА-А17-117030310448-0, а также частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-29-24047 мк).

Библиографический список:

1. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года. М., 2012. – 120 с.
2. Марченко О.В., Соломин С.В. Системные исследования эффективности возобновляемых источников энергии // Теплоэнергетика. 2010. № 11. – С. 12-17.
3. Molino A., Chianese S., Musmarra D. Biomass gasification technology: The state of the art overview // Journal of Energy Chemistry. 2016. Vol. 25. No. 1. – P. 10-25.
4. Dhyani V., Bhaskar T. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass // Renewable Energy. 2018. Vol. 129. – P. 695-716.
5. Kozlov A., Svishchev D., Marchenko O.V., Solomin S., Shamansky V., Keiko A. Development of a multi-stage biomass gasification technology to produce quality gas // 25th European Biomass Conference. Proceedings of the International Conference. Stockholm, June 12-15, 2017. Stockholm: ETA Florence Renewable Energies, 2017. – P. 776-781.
6. Marchenko O.V., Solomin S.V. Modeling of hydrogen and electrical storages in wind/PV energy system on the Lake Baikal coast // International Journal of Hydrogen Energy. 2017. Vol. 42, No.15. – P. 9361-9370.

УДК 66.665

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ НЕФТИ МЕТОДАМИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

А.Н. Никитина¹, Т.А. Подгорбунская², Ю.А. Айзина³

¹ студент гр. ХТОбп-16-2 ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», mail: alenanikitina04@mail.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», mail: tpodgor@istu.edu

³ к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», e-mail: aizina@istu.edu

Исследования взаимосвязи между составом и свойствами сибирской нефти марки ESPO (ВСТО) методами корреляционного анализа были начаты с определения коэффициентов парной корреляции на основе статистических данных о свойствах и составе нефти. Согласно матрицы коэффициентов парной корреляции был проведен анализ по шкале Чеддока и определены критерии связи [1].

Было получено, что наибольшую связь имеет плотность, вязкость и содержание серы, поэтому для данных показателей были рассчитаны математические модели и построены графические зависимости, представленные на рис. 1:

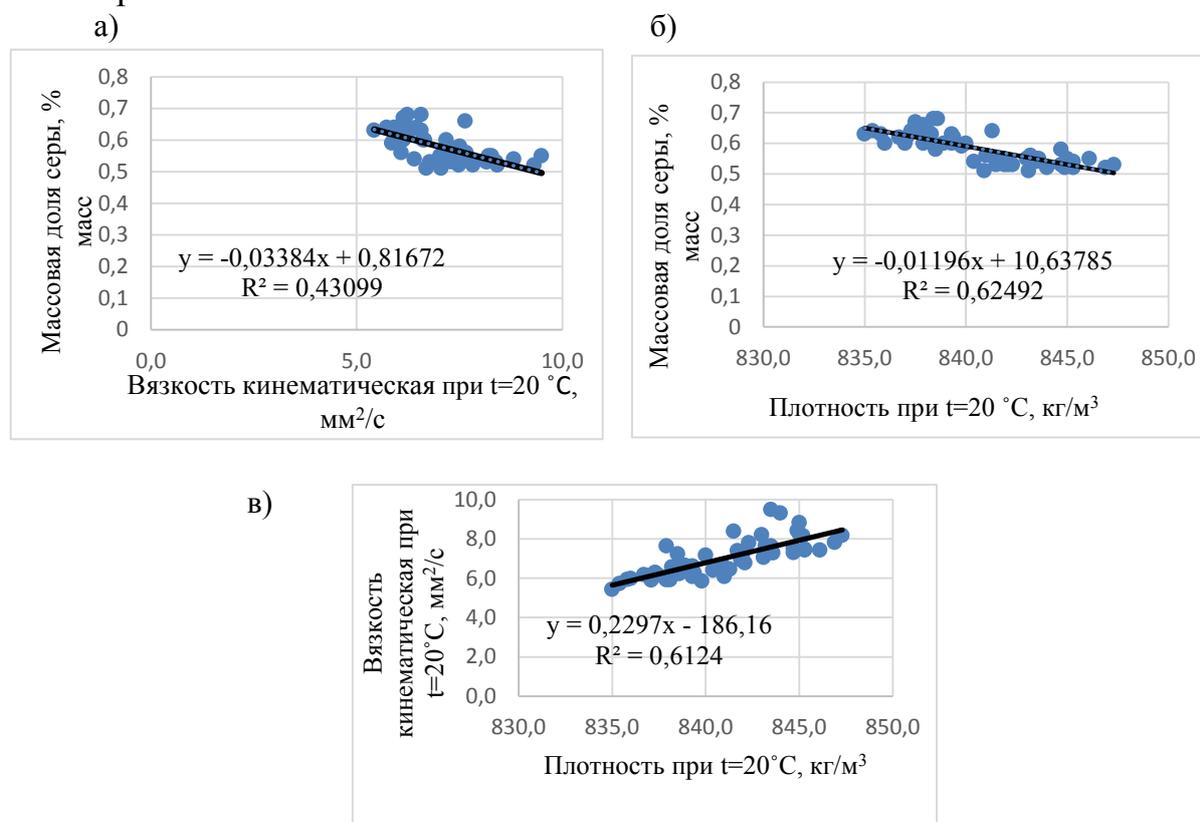


Рисунок 1 – Графические зависимости: а – $C_s = f(v_H)$; б – $C_s = f(\rho_H)$;
в – $v_H = f(\rho_H)$

Графические зависимости серы от плотности и вязкости являются обратными (см. рис. 1 а, б) – это объясняется тем, что коэффициенты корреляции Спирмена имеют отрицательные значения – -0,7905 и -0,6596 соответственно. Зависимость вязкости от плотности прописывается прямой зависимостью (см. рис. 1 в) в данном случае коэффициент корреляции Спирмена имеет положительное значение – 0,7826.

На основании графиков были получены математические зависимости и рассчитана величина достоверности аппроксимации (детерминации).

Коэффициент детерминации R^2 показывает, на сколько процентов (R^2) · 100 % найденная функция описывает связь между исходными значениями абсцисс и ординат (см. табл. 1).

Таблица 1 – Эмпирические зависимости параметров

| Эмпирическая зависимость | Величина достоверной аппроксимации |
|--|------------------------------------|
| $C_s = -0,01196 \cdot \rho_H + 10,638$ | 0,6249 |
| $C_s = -0,03384 \cdot v_H + 0,81672$ | 0,4310 |
| $v_H = 0,22969 \cdot \rho_H - 186,155$ | 0,6124 |

При значении аппроксимации стремящемся к единице можно утверждать, что построенная модель объясняет почти всю изменчивость соответствующих переменных, в обратном случае, характеризует плохое качество построенной модели.

В зависимостях серы и вязкости от плотности наблюдаются достаточно высокие величины достоверной аппроксимации (детерминации) (см. табл. 1).

В дальнейшем необходимо проверить адекватность математической модели по критерию Фишера, а также провести сравнительный анализ экспериментальных и расчетных данных [2].

Библиографический список:

4. Никитина А.Н., Петрова Т.В., Подгорбунская Т.А. Применение корреляционных методов анализа в нефтехимии // материалы VIII всероссийской научно-практической конференции с международным участием «перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов». – Иркутск. – 2018. – С. 198-200.

5. Д. Ф. Гилемянова, Е. Я. Мартенс, Е. Ф. Трапезникова. Уточненные математические модели для расчета физико-химических свойств нефтяных систем /Башкирский химический журнал. – 2017. Том 24. № 1. с.36-39.

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИЙ С-АМИДОАЛКИЛИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ N-(4-СУЛЬФАМОИЛФЕНИЛ) АЦЕТАМИДОМ

И.И. Омелюхина¹, А.С. Плотникова², Ю.А. Айзина³

¹ студент гр. ХТОБп-15-2, Институт высоких технологий, г. Иркутск, e-mail: irina.omeluxina@mail.ru

² магистр группы 03111 – ДМ, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, e-mail: nastyusha.plotnikova@inbox.ru

³ к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ИРНТУ, г. Иркутск, e-mail: aizina@ex.estu.edu

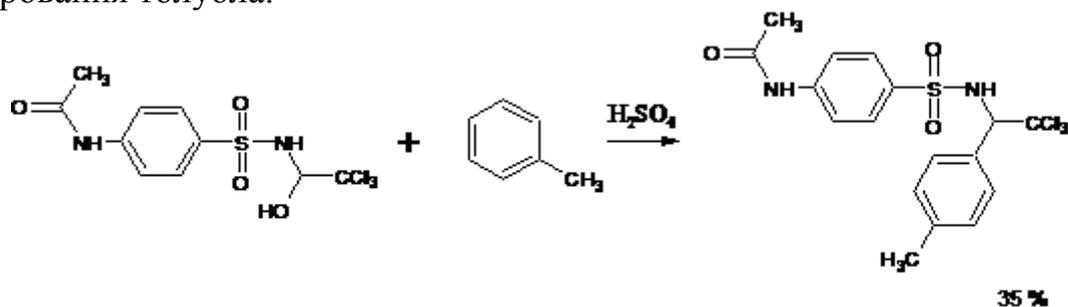
Одной из главных задач органической химии, является поиск новых биологически активных веществ. В настоящее время в этой области активно изучаются различные производные ацетамидов и сульфонамидов [1, 2].

Из литературных данных известно, что эффективным методом получения сульфонилиминов полигалогеналкиламидами сульфокислот является взаимодействие N,N-дихлорсульфонамидов с 1,2-полигалогенэтенами [3].

С целью получить арилсульфонилимин нами было проведено хлорирование N-(4-сульфамойлфенил)ацетамида с целью вовлечения его в реакцию с трихлорэтиленом. Хлорирование проводили газообразным хлором в растворе щелочи или в натрий-ацетатном буфере. Подбор условий реакции не дал положительного результата в силу образования натриевых солей препятствующих дальнейшему хлорированию

Продолжая искать синтетические подходы к производным N-(4-сульфамойлфенил)ацетамида мы осуществили его конденсацию с хлоралем и получили полуаминаль – N-{4-[(2,2,2-трихлор-1-гидроксиэтил)сульфамойл]фенил}ацетамид с выходом 41%.

Полученное гидроксипроизводное было изучено в реакции алкилирования толуола.



Для полученного продукта алкилирования и исходного амида планируется изучить NH-кислотность, и рассчитать константы диссоциации используя формулу Гендерсона [5, 6].

Библиографический список.

1. Гуревич П.А., Саттарова Л.Ф., Фанюк Н.А., Струнин Б.П., Антипов В.А., Петровский А.С. Биологическая активность фосфорилирован-

ных ацетамидов // Вестник Казанского технологического университета. 2010. N 9. С. 97–102.

2. Крутиков В.И., Еркин А.В. Алкиловые эфиры 4-азолилсульфамоил-фенилкарбаминовой кислоты и их антимикобактериальная активность // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2016. N 34 (60). С. 58–64.

3. Айзина Ю.А. Синтез и свойства фенилметансульфонамида // Вестник ИрГТУ. 2011. N 10 (57). С. 144–147.

4. Айзина Ю.А., Клоос О.В., Недведская Г.Б., Розенцвейг И.Б. Сульфонамиды и их кислотные свойства в диметилсульфоксиде // Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6, N 4. С. 22-27.

5. Быкова Л.Н. Потенциал полунейтрализации как химико-аналитическая характеристика электролитов при потенциометрическом титровании // Журнал аналитической химии. 1969. Т. 24. N 12. С. 1781–1789.

6. Крешков А.П., Алдарова Н.Ш., Танганов Б.Б. Химико-аналитическое поведение серосодержащих алифатических дикарбоновых кислот в среде неводных растворителей // Журнал аналитической химии. 1970. Т. 25. N 2. С. 362–368.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ МЕТОДОМ ГЕЛЬ ПРОНИКАЮЩЕЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Е.В. Прудникова¹, А.Ю. Сотников², С.Г. Дьячкова³

¹ аспирант группы аТОВ-18, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: prudnikva2014@list.ru

² студент гр. ХТМ-18, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: alexsotkin@mail.ru

³ д.х.н., зав.кафедрой химической технологии, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: dyachkova@istu.edu

Одна из основных задач отечественной нефтеперерабатывающей промышленности - углубление переработки нефти с получением ценных продуктов, отвечающих современным требованиям по эксплуатационным и экологическим характеристикам. Переработка нефтяного сырья на российских НПЗ осуществляется с недогрузкой мощностей и низкой (относительно мировой) степенью конверсии темных нефтепродуктов. Тяжелые и сверхтяжелые нефти, чаще всего, в переработку вообще не вовлекаются. В настоящее время разработаны и интенсивно внедряются термические и каталитические процессы деструкции мазутов. Вместе с тем отсутствие

надежной аналитической базы, позволяющей детектировать и анализировать изменения характеристик тяжелых дистиллятов в ходе технологических процессов, приводит к тому, что о деструкции мазутов судят только по косвенным признакам – выходу светлых нефтепродуктов.

Молекулярная масса нефтепродуктов (среднечисловая и средневесовая) – один из важнейших показателей, широко используемых при расчете теплоты парообразования, объема паров, парциального давления и др. Важную информацию о трансформации тяжелых дистиллятов нефти в ходе технологических процессов можно получить на основании исследования молекулярно-массовых характеристик.

Изучение молекулярно-массового распределения (ММР) наиболее просто осуществить методом гель-проникающей хроматографии. Проведение данного метода в условиях высокоэффективной жидкостной хроматографии, снабженной программным обеспечением для расчета молекулярно-массовых характеристик, позволят предложить данный подход как экспресс метод, который легко внедрить в заводских лабораториях. Так как тяжелые дистилляты нефти в своем составе содержат соединения с полярными функциональными группами, анализ, выполненный с учетом подавления полиэлектролитных эффектов, позволяет получить надежную информацию о молекулярно-массовом распределении исследуемых фракций и дает возможность судить об их превращениях в ходе термического (в т.ч. висбрекинг) или каталитического крекинга. Сравнительное детектирование в УФ и ближней ИК областях позволяет судить не только о деструкционных, но и о процессах конденсации и окисления. Что позволит управлять технологическим процессом и предотвратить нежелательные процессы полимеризации и коксообразования. Параллельно осуществляемая идентификация вновь образующихся низкомолекулярных соединений является дополнительным источником информации о составе компонентов моторных топлив, образующихся при крекинге темных нефтепродуктов.

Полученная таким образом информация об изменении молекулярно-массовых характеристик тяжелых нефтяных остатков в зависимости от технологических параметров позволит управлять и совершенствовать технологические процессы, направленные на увеличение глубины переработки нефти.

СОКРАЩЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ, УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГОФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОЛУЧАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НА УСТАНОВКАХ АТМОСФЕРНОЙ ТРУБЧАТКИ

А.Г. Серганов¹, Ю. А. Айзина²

¹ студент гр. ХТОБп-15-2, Институт высоких технологий, г. Иркутск, e-mail: serganov.andrey2011@yandex.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ИРНТУ, г. Иркутск, e-mail: aizina@estu.edu

В настоящее время очень актуальна такая проблема, как высокие затраты энергии на установках атмосферной трубчатки. Обострение этой проблемы неразрывно связано с постоянным увеличением стоимости энергоносителей: природного газа, электроэнергии и т. д. Существует несколько способов снижения количества потребляемых ресурсов на установка блока АВТ и АТ.

Анализ литературных данных позволил выявить основные направления в решении проблем связанных с уменьшением энергозатрат и увеличением энергоэффективности установки атмосферной перегонки нефти. Еще одной немаловажной задачей является оптимизация управления качеством продуктов первичной нефтепереработки.

Известно, что мазут и дизельная фракция обладают резервом по рекуперации тепла, который не используется для нагрева сырьевых потоков установки. Авторами статьи [1] произведен анализ эффективности и подбор современного теплообменного оборудования, а также выполнен тепловой расчет. Ими показано, что реконструкция установки атмосферной перегонки нефти, которая предполагает использование трехпоточной технологической схемы нагрева нефти с заменой кожухотрубного теплообменного оборудования на аппараты спирального типа для более полной рекуперации тепла горячих продуктовых потоков, выводимых с атмосферной колонны и отпарной колонны комбинированной установки перегонки нефти, способствует сокращению потребления электроэнергии аппаратами воздушного охлаждения за счёт снижения температур поступающих технологических потоков.

В России зачастую излишки газа на НПЗ уводятся на факел и просто сжигаются. Авторами статьи [2] удалось полезно использовать часть газа и уменьшить, как пламя факела, так и энергозатраты на установке. Пример практического применения представлен в Харбурге, где на предприятии к факелу подключили газгольдер ёмкостью 50 м³ для компенсации газовых толчков, который подавал газ в сеть через компрессор под давлением 4 атм.

Существует ряд недостатков в современных способах управления процессами первичной переработки нефти. Один из этих недостатков заключается в низкой точности регулирования показателей качества отбираемых фракций из-за наличия в системе управления процессом неконтролируемых возмущающих воздействий, в том числе по линии подачи сырья, которые не могут быть своевременно идентифицированы по данным дискретного низкочастотного анализа этих показателей.

Большая дисперсия показателей качества продуктов фракционирования не позволяет повысить отбор светлых фракций. С целью оценки эффективности предложенной системы непрерывной идентификации и управления качеством продуктов первичной переработки нефти в пакете программ UniSimDesign авторами [3] проведено ее имитационное моделирование. Анализ результатов моделирования в сравнении с действующей системой управления на промышленной установке АВТ показывает, что предлагаемая система автоматического управления процессом первичной переработки нефти позволяет повысить точность регулирования целевых температур кипения отбираемых фракций, уменьшить степень налегания смежных фракций, увеличить отбор светлых фракций от потенциала.

В настоящее время, несмотря на широкий интерес к проблеме сокращения энергозатрат и оптимизации управления качеством получаемой продукции на установках атмосферной трубчатки, остаются актуальными.

Следует отметить, что немаловажным результатом сокращения расхода технологического топлива на установках является сокращение выбросов в атмосферу. А оптимизация управления качеством продукции приведёт к повышению точности регулирования показателей качества отбираемых фракций.

Библиографический список:

1. Бабкин В.А. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов: увеличение энергоэффективности в процессе атмосферной перегонки нефти / Бабкин В.А., Бурюкин Ф.А., Киселёва А.С., Григорьев А.В., Косицына С.С. // Изд-во.: ТПУ, 2014. 56 с.
2. Серганов А.Г. Переработка природного и техногенного сырья: Уменьшение расхода топлива на установка атмосферной трубчатки / Серганов А.Г., Айзина Ю.А. // Изд-во.: ИрННТУ, 2018. 156 с.
3. Кондрашов С.Н. Вестник ПНИПУ. химическая технология и биотехнология: система непрерывной идентификации и управления качеством продуктов первичной переработки нефти / Кондрашов С.Н., Бурдин И.С. // Изд-во.: ПНИПУ, 2016. №4. 27 с.

ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ЛИГНИНА

М.А. Савина¹, Е.В. Янчуковская²

¹ студент гр. ХТОБп-16-2, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИрННТУ», г. Иркутск, e-mail: masha060991@mail.ru

² к.т.н., доцент кафедры химической технологии, ФГБОУ ВО «ИрННТУ», г. Иркутск, e-mail: lenyan@istu.edu

Лигнин является сложным ароматическим природным полимером и занимает второе место после целлюлозы по распространенности среди полимеров на земле.

Одеревеневшие клеточные оболочки обладают ультраструктурой, которую можно сравнить со структурой железобетона: микрофибриллы целлюлозы по своим свойствам соответствуют арматуре, а лигнин, обладающий высокой прочностью на сжатие, – бетону.

Известны два вида технического лигнина: гидролизный лигнин, получаемый при производстве гидролизного спирта из древесины, и лигнин из сульфитных щелоков – отхода производства целлюлозы сульфитным способом. Химический состав лигнина не установлен, по-видимому, в основе его лежат производные ароматического ряда.

Гидролизный лигнин представляет собой опилкоподобную массу с влажностью приблизительно 65-70%. По своему составу это комплекс веществ, в который входят собственно лигнин растительной клетки, часть полисахаридов, группа веществ лигноуминового комплекса, не отмытые после гидролиза моносахара, минеральные и органические кислоты, зольные и другие вещества. Гидролизный лигнин – аморфное порошкообразное вещество с плотностью 1,25-1,45 г/см³ от светло-кремового до темно-коричневого цвета со специфическим запахом.

Сульфитный лигнин представляет собой раствор натриевых солей, характеризующихся высокой плотностью и химической стойкостью, в сухом виде – порошок коричневого цвета. Размер частиц лигнина колеблется в широком интервале от 10 (и менее) мкм до 5 мм. Он состоит из отдельных пористых шарообразных частиц и их комплексов с удельной поверхностью до 20 м²/г, плотностью 1300 кг/м³.

Ежегодно в мире образуется около 70 млн. тонн технических лигнинов. Согласно статистике, в результате деятельности одного Байкальского ЦБК образовалось от 90 до 160 тыс. тонн твердых отходов. Основная часть отходов представлена шламом-лигнином и золой от сжигания шлама-лигнина.

В мировой практике данные о переработке отходов, подобных шлам-лигнину, немногочисленны. Это объясняется тем, что в его состав входит большое количество различных веществ, и в нем протекают сложные физические, химические, биологические процессы.

Другой проблемой является отсутствие практического спроса на возможную товарную продукцию, полученную при переработке этих отходов. Научно-технические разработки по использованию шлама-лигнина или продуктов его переработки по тем или иным причинам в настоящее время не нашли широкого практического применения [1].

Шлам-лигнин можно утилизировать различными способами:

- использовать в качестве топлива, но при сжигании выделяются вредные вещества [2];

- использовать в качестве сырья для производства удобрений. Население г. Байкальска использует шлам-лигнин в небольшом количестве в качестве удобрения для подсобных хозяйств, на Селенгинском целлюлознокартонном комбинате (СЦКК) шлам-лигнин перерабатывался на компост [3];

- высушенный осадок шлам-лигнина ограниченно использовали для приготовления буровых растворов геологические предприятия в 1988-1991 гг. При активной разработке находящегося в Иркутской области Ковыктинского газоконденсатного месторождения возможно возобновление поставок высушенного осадка шлам-лигнина в объеме до 1500 т в год [4];

- шлам-лигнин используют в медицинской промышленности для изготовления сорбентов;

- существует проект использования шлам-лигнина в качестве сырья для производства сорбентов и коагулянтов для физико-химической очистки сточных вод [1];

- есть проект производства прессованных армированных железнодорожных шпал из шлам-лигнина и золы углей после предварительного обезвоживания исходного сырья [4].

Главными проблемами утилизации шлам-лигнина остается отсутствие для этих целей крупных промышленных предприятий, потенциального спроса последующей продукции и необходимость крупных капиталовложений.

Лигнин имеет ряд пожароопасных свойств: горючий порошок, температура самовоспламенения аэрогеля 300°C, аэровзвеси 450°C; нижний концентрационный предел распространения пламени 40 г/м³; максимальное давление взрыва 710 кПа; максимальная скорость нарастания давления 35 МПа/с; минимальная энергия зажигания 20 мДж; минимальное взрывоопасное содержание кислорода 17 % об.

Известно, что при горении сернокислого лигнина выделяются сернистый ангидрид, окись азота и множество других вредных веществ[5].

Огромное скопление залежей лигнина может привести к необратимым проблемам экологического характера, поэтому необходимо найти рациональный подход его утилизации.

Библиографический список

1. Комплексная переработка отходов производств целлюлозно-бумажной промышленности./ А. В. Богданов, Г.Д. Русецкая [и др.]. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000. 227 с.

2. Современное состояние поверхностных, подземных и сточных вод в зоне воздействия шламонакопителей Байкальского целлюлозно-бумажного комбината / С.С. Тимофеева, Н.В. Черемис, Б.М. Шенькман // Современные наукоемкие технологии: сб. статей. № 5, Москва, 2008. С. 13-19.

3. Экология, охрана природы и природопользование / А.Б. Иметхенов, А.И. Куликов [и др.]. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2001. 205 с.
4. Территориальное развитие г. Байкальска и его пригородной зоны / Е.Г.Суворов, А.Н. Антипов [и др.]. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2003. 191 с.
5. Новиков О. Н. Пути глубокой переработки лигнина по безотходной технологии // Экологическая энергетика: экологическая группа 2015. URL: <https://ecolcom.wixsite.com/ecolgroup/lignin> (дата обращения 25.02.2019).

ВНУТРЕННЯЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В.И. Мотынга¹, Е.В. Янчуковская²

¹ магистрант гр. ОХПМ – 17 – 1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: irk.vadim@mail.ru

² к.т.н., доцент кафедры химических технологий ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: lenyan@istu.edu

Проектная документация представляет собой документацию, которая состоит из двенадцати разделов, содержит материалы в текстовой форме в виде карт, схем, чертежей и определяет функциональные, технологические, архитектурные, инженерно-технические и конструктивные решения для обеспечения строительства, реконструкции, модернизации и капитального ремонта объектов строительства. [1]

Внутренняя экспертиза проектной документации – очень важный блок работ в рамках проектирования и реализации проектов в целом. Он напрямую связан со строительством этих объектов.

Эксперты и технические специалисты, которые рассматривают документацию на предмет соответствия её заданию на проектирование и на предмет возможности оптимизации принятых проектировщиком технических решений несут персональную ответственность перед своим работодателем, так как они тесно связаны с производством и должны анализировать не только технические решения, но и возможные планы достижения определённых эксплуатационных характеристик.

В ходе исследования изучена и представлена информация о том, что проведение внутренней экспертизы документации и анализ принимаемых технических решений в документации может стать необходимым в тех случаях, когда при производстве работ строительным подрядчиком выявлено отсутствие в документации видов работ, которые необходимы, согласно технологии производства, требованиям нормативных документов в области строительства.

Анализ проектной документации позволяет решить ряд вопросов, которые связаны с разработкой проекта:

- сокращение сроков прохождения экспертизы;
- своевременное выявление ошибок и неточностей в составленной проектной документации;
- устранение различных недочётов, которые способны привести к необходимости осуществления ремонтных работ в будущем;
- выявление ошибочных проектных решений;
- повышение эффективности реализации строительного проекта.

Также актуален вопрос анализа сметной документации, которая входит в состав проекта.

Сметное ценообразование и нормирование представляет собой динамичный, многоплановый и изменяющийся процесс в соответствии с изменением законодательных и правовых основ.

Сметная стоимость – это основа для определения размера финансирования строительства, формирования договорных цен на строительную продукцию, расчётов за выполнение строительно-монтажных работ, оплату работ по приобретению оборудования и его доставке на место строительства, а также возмещение других затрат за счет средств, предусмотренных сводным сметным расчетом.

Грамотно составленная сметная документация позволяет определить, какие этапы работ на данный момент выполнены, какие финансовые средства потрачены на выполнение работ и сколько их потребуется для выполнения последующих работ.

По результату исследования можно сделать вывод о том, что экспертиза проектной и сметной документации необходима всем участникам строительного процесса, как заказчику, так и подрядчику. Так, например, изменение типа фундамента под блочное оборудование на кустовой площадке и альтернативный (подземный) способ прокладки силовой и контрольной кабельной продукции на территории площадки позволит сэкономить значительный объем инвестируемых финансовых средств компаний-инвесторов.

Библиографический список:

1. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. N 87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию". Введ. 16.02.08. М. : Правительство Российской Федерации, 10 с.

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

В.И. Мотынга¹, Е.В. Янчуковская²

¹ магистрант гр. ОХПМ - 17, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: irk.vadim@mail.ru

² к.т.н., доцент кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: lenyan@istu.edu

На сегодняшний день актуальна тема детального изучения понятия экспертизы проектной документации, а именно: на предмет чего она проводится, какие существуют виды экспертиз, как по результатам внутренней экспертизы документации можно оптимизировать ряд технических решений и, как следствие, сэкономить финансовые средства заказчиков.

Предмет экспертизы – это оценка соответствия проектных документов требованиям, выдвигаемым регламентами.

В эту категорию включаются следующие требования: пожарные, радиационной, ядерной и промышленной безопасности, санитарно-эпидемиологические, охраны объектов культурного наследия, экологические и т.д.

Главная задача государственной экспертизы состоит в том, чтобы определить соответствие объекта недвижимости утвержденным на законодательном уровне стандартам и нормам.

Эксперты обязаны проверить: все инженерные расчеты; технические задания и сметы; материалы, использованные при строительстве, реконструкции или модернизации недвижимости; соблюдение строителями санитарно-эпидемиологических и противопожарных стандартов.

Цели проведения экспертизы проектной документации и отчетов по инженерным изысканиям: подтверждение безопасности и надежности объекта; подтверждение обоснованности реализации конкретного архитектурного проекта; выявление несоответствий и недостатков, которые делают невозможной дальнейшую эксплуатацию объекта; подтверждение обоснованности расходов, которые предстоит понести застройщику; привлечение к строительно-монтажным процессам квалифицированных подрядчиков, которые имеют допуск СРО.

Существуют различные методы прохождения экспертиз проектной документации и отчетов по инженерным изысканиям.

С целью более точного и правильного определения класса опасности и категории объектов, а также обоснования необходимости прохождения государственных экспертиз применяются методы локального проектирования объектов.

Например, при комплексном обустройстве месторождения организации-застройщику выгоднее с точки зрения сроков выполнения работ, а также с финансовой точки зрения проектировать группы кустовых площадок отдельно от нефтегазосборных трубопроводов. Выгода заключается в том, что выполнение комплекса полевых работ, например, для одной кустовой площадки займет небольшое количество времени и, соответствен-

но, дата начала проектирования будет более ранней, чем, например, для линейных объектов. Как следствие, и дата получения разрешения на строительство данного объекта будет более ранней, что позволит максимально учитывать все изменения дебета и назначения пробуренных скважин, а также учитывать данные изменения еще на стадии внутренней экспертизы документации, либо еще на стадии выполнения проектно-изыскательских работ.

На сегодняшний день также актуальна тема прохождения экологической экспертизы проектной документации и отчетов по инженерным изысканиям в связи с вступлением в силу изменений к Федеральному закону от 21.07.2014 N 219-ФЗ. Статья № 11 дополнилась новыми пунктами 7.5, 7.6. Пункт 7.5 обязывает проходить Государственную экологическую экспертизу в отношении проектной документации объектов капитального строительства, относящихся, в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды, к объектам I категории. Данное изменение напрямую затрагивает объекты нефтегазодобывающей промышленности и существенно увеличивает сроки проектирования объектов, ввода их в эксплуатацию[1].

Государственная экспертиза проектной документации и отчетов по инженерным изысканиям представляет собой один из самых главных инструментов управления территориальной и строительной деятельности. Благодаря этим мероприятиям удастся обеспечить максимально возможный уровень безопасности возводимым, реконструируемым и ликвидируемым объектам. А также Государственная экспертиза позволяет предотвращать появление объектов недвижимости, возведение и последующая эксплуатация которых противоречит нормам конструктивной надежности.

В ходе проведенных исследований изучена и представлена информация о том, что заключение экспертной комиссии дает максимально точную оценку качеству разработанного проекта, которое учитывается потенциальными инвесторами, желающими вложить средства как в реконструируемые, так и во вновь создаваемые объекты.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что проведение экспертизы позволяет существенно сэкономить финансовые средства, так как экспертами будут рассчитываться минимальные издержки, необходимые для строительства. Для заказчиков оценка экспертов предоставляет возможность предотвратить финансовые потери, возникающие вследствие просчетов и ошибок, допущенных еще на стадии проектирования объектов.

Библиографический список:

1. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдель-

ные законодательные акты Российской Федерации". Введ. 21.07.14. М.: Кремль, 12 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ ПРИ ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОХРАНЕНИЙ СВОЙСТВ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ

В.И. Гросс¹, В.Д. Черепанов²

¹ студентка гр. ХТМ-17-1, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Ангарск, e-mail: grossvik@yandex.ru

² аспирант гр. аФХ-16, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: vadim.cherep@gmail.com

В процессе производства битумов, методом окисления гудрона воздухом, в реакционной колонне возможно протекания двух параллельных серий реакций, одна из которых приводит к образованию смол и асфальтенов, а другая – асфальтогеновых кислот. Эти обе серии реакций являются радикально-цепными и протекают в объеме реакционной массы [1, 2].

Типичная температура, при которой происходит продувка гудрона воздухом, составляет около 250 °С, как раз при данной температуре происходит образование смол и асфальтенов, барботирование воздухом через маточник внизу колонны приводит к перемешиванию и усреднению качества битума. Обрыв реакции дальнейшего образования асфальтенов простым снижением температуры и затариванием в товарную емкость не приводит к прекращению радикальной реакции, а лишь меняет ее направление в сторону образования низкомолекулярных смол и асфальтогеновых кислот [3]. Отсутствие перемешивания в товарной емкости приводит к разрушению коллоидной системы и осаждению асфальтенов в нижней части емкости, что при отгрузке приводит к пересортице битума у потребителя, снижению качества получаемой асфальто-бетонной смеси, снижению срока службы верхнего слоя дорожных одежд и межремонтного периода.

Поэтому целью настоящей работы являлось исследование и разработка способов сохранения исходного группового состава и физико-эксплуатационных свойств битума нефтяного дорожного в процессе подготовки и отгрузки потребителю.

В качестве объекта исследования была выбрана распространённая марка нефтяного дорожного битума – БНД 100/130 по ГОСТ 33133-2014. Для оценки изменений физико-механических свойств дорожного битума и его группового углеводородного состава были произведены отборы проб в начале и в конце отгрузки потребителю битума из товарной емкости.

Проведенные испытания проб битума показали не существенное изменение значений таких показателей как пенетрация, температура размягчения по КиШ, дуктильность и других физико-эксплуатационных показателей, по сравнению с усредненной пробой. Изменения, произошедшие с групповым составом битума в ходе его подготовки и отгрузки, выглядят следующим образом:

- 1) незначительная тенденция снижения содержания насыщенных соединений в зависимости от уровня битума в емкости и времени нахождения;
- 2) не существенное увеличение содержания асфальтенов;
- 3) снижение содержания ароматических структур и образование смол.

Основными версиями, объясняющими данные изменения группового углеводородного состава, по нашему мнению, следует считать:

- 1) продолжение автокаталитических процессов в битуме за счет наличия растворенного кислорода, свободных радикалов и кислородсодержащих соединений;
- 2) нестабильность дисперсной системы, что выражается в осаждении из дисперсной среды тяжелых структур, таких, как смолы и асфальтены.

Дополнительно были проведены лабораторные исследования по изучению влияния длительности и температуры хранения на сохранение качества дорожных битумов.

Нами были предложены технические решения:

- 1) Снижение продолжительности хранения при повышенных температурах;
- 2) Продувка емкостей с битумом инертным газом (азотом);
- 3) Применение механических перемешивающих устройств в емкостях;
- 4) Снижение количества циклов охлаждения/нагрева в процессе транспортировки к месту конечного потребления.

Библиографический список

1. Силкин, В. В. Асфальтобетонные заводы [Текст] / В. В. Силкин, А. П. Лупанов. – М.: Эконом'Информ, 2008. 266с.
2. Буковски А. Исследование свободнорадикальной полимеризации стирола в присутствии групповых компонентов битума / А. Буковски, Т. Мильчарска // Высокомолек. соед. А. 1980. Т. 22, № 4. С. 759-764.
3. Пактер М.К. Закономерности технологического старения нефтяных дорожных битумов и асфальтобетонных смесей [Текст] / М.К. Пактер, В.И. Братчун, А.А. Стукалов, В.Л. Беспалов, А.Г. Доля // Современное промышленное и гражданское строительство. 2014. Т.10, №4. С. 225-235.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРНО-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ ПРИСАДОК В ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВАХ

С.А. Уханев¹, Д.В. Медведев², А.Ю. Сотников³, Д.А. Олейник⁴,
Е.В. Рудякова⁵

¹ студент гр. ХТОбп-15, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

² аспирант кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: dima93medvedev@mail.ru

³ магистрант, гр. ХТм-18, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

⁴ студент гр. ХТОбп-16, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

⁵ к.х.н., доцент кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

Дизельные топлива являются одними из немногих нефтепродуктов, имеющими сезонные требования к показателям их качества. Поэтому дизельные топлива выпускаются с неодинаковыми характеристиками в зависимости от времени года.

Большая потребность в дизельном топливе зимних и арктических марок обуславливается климатическими условиями РФ. Требования к ним по низкотемпературным свойствам более жесткие, поэтому получение данных дизельных топлив с помощью существующих на НПЗ технологических процессов вызывает большие затруднения.

Перспективным направлением при производстве дизельных топлив следует рассматривать использование депрессорно-диспергирующих присадок. Их применение улучшает низкотемпературные свойства дизельных топлив и в первую очередь предельную температуру фильтруемости (ПТФ) которая определяется содержанием в дизельных топливах высокоплавких парафиновых углеводородов.

Использование депрессорно-диспергирующих присадок дает возможность получить из летнего дизельного топлива продукт, по своим низкотемпературным свойствам близкий к зимнему [1,2].

Механизм действия этих присадок заключается в процессе сорбции их на поверхности кристаллов *n*-алканов и предотвращении их дальнейшего роста, а также в образовании мелких поляризованных кристаллов *n*-алканов, которые электростатической силой отталкивания дополнительно диспергируются и равномерно распределяются в объеме топлива [3].

Эффективность действия депрессорно-диспергирующих присадок при введении их в дизельное топливо не одинакова. Нами исследовано влияние углеводородного состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорно-диспергирующих присадок.

Для этого у исследуемых дизельных топлив был определен фракционный состав (таблица 1) и определены предельные температуры фильтруемости (ПТФ) дизельных топлив с различным содержанием депрессорно-диспергирующих присадок (таблица 2).

Таблица 1 – Фракционный состав дизельных топлив

| Вид топл. | Температура выкипания, °С | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Н.к | 10м | 20м | 30м | 40м | 50м | 60м | 70м | 80м | 90 | 98м |
| | | л | л | л | л | л | л | л | л | мл | л |
| ДТ 1 | 140 | 188 | 202 | 214 | 225 | 237 | 248 | 261 | 275 | 295 | 314 |
| ДТ 2 | 142 | 174 | 187 | 203 | 216 | 228 | 240 | 261 | 273 | 294 | 306 |
| ДТ 3 | 150 | 188 | 207 | 225 | 242 | 261 | 280 | 297 | 317 | 340 | 362 |

Таблица 2 – Предельные температуры фильтруемости ДТ

| Вид присадки | Количество вводимой присадки, мл | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 0 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | |
| ПТФ | -31/ | -31/ | -31/ | -35/ | -36/ | -39/ | -43/ | -44/ | -42/ | |
| ДТ1/ДТ2 /ДТ3 | -33/ | -34/ | -34/ | -35/ | -36/ | -37/ | -38/ | -38/ | -36/ | |
| с присадкой Difron 3319, °С | -16 | -28 | -28 | -29 | -30 | -28 | -30 | -28 | -25 | |
| ПТФ | -31/ | -32/ | -32/ | -42/ | -42/ | -39/ | -35/ | -34/ | -/ | |
| ДТ1/ДТ2/ ДТ3 | -33/ | -35/ | -36/ | -42 | - 44 | -43/ | -42 | -41 | -/ | |
| с присадкой Difron 389, °С | -16 | -25/ | -25 | -22 | -16 | -15 | - | - | - | |

Из полученных данных видно, что эффективность действия депрессорно-диспергирующих присадок при их введении в дизельные топлива с различным фракционным, а следовательно и углеводородным составом не одинакова. Так при увеличении количества высокоплавких парафинов в дизельном топливе (ДТ 3) эффективность действия депрессорно-диспергирующих присадок при введении их минимального количества увеличивается. Также следует отметить, что эффективность присадок имеет ограничения по температурному диапазону их влияния на ПТФ дизельных топлив, и при достижении определенной концентрации депрессорно-диспергирующей присадки в топливе ее действие прекращается и наблюдается обратный эффект- повышение ПТФ.

Библиографический список

1. Тархов Л.Г. Исследование влияние углеводородного состава дизельных фракций на эффективность действия депрессорно-диспергирующей

присадки. Л.Г. Тархов, С.Н. Пепеляев, А.В. Рябов // Вестник Пермского государственного технического университета. Химическая технология и биотехнология. 2009. Т. 9. С. 162-169.

2. Кемалов, А.Ф. Получение зимних сортов дизельного топлива с применением депрессорно-диспергирующих присадок на основе нефтехимического сырья / А.Ф. Кемалов, Р.А. Кемалов, Д.З. Валиев // Вестник Казанского технологического университета. - 2010. - № 10. - С. 645-647.

3. Капустин В.М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками. М.: КолосС, 2008. 232 с.

1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ НИТРИЛОКСИДОВ К ПРОПИНАЛЯМ

Нгуен Тхи Тху Суан¹, ²И.А. Поп, В.В. Новокшенов³,
Н.С. Шаглаева⁴

¹ студент гр. ХТм-17-1, Институт высоких технологий, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: Nguyenthithuxuan92@gmail.com

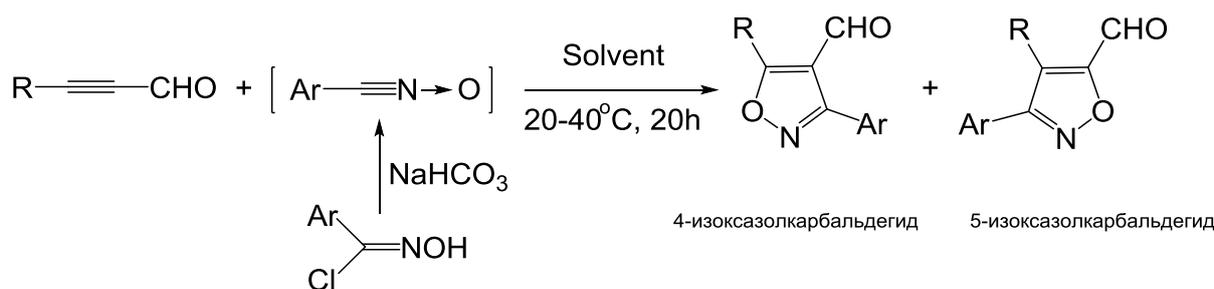
² студент гр. ХТТб-15-1, Институт высоких технологий, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: igor.pop.96@mail.ru

³ н.с., Иркутский институт химии СО РАН им. А.Е. Фаворского, г. Иркутск, e-mail: vpov1971@gmail.com

⁴ д.х.н., профессор кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ShaglaevaNS@yandex.ru

Изоксазольное ядро и его производные присутствуют в большом количестве различных природных соединений [1], биологически активных веществ [2], материалов с различными функциональными назначениями [3]. Реакция 1,3-диполярного циклоприсоединения (1,3-ДПЦ) является одним из наиболее лёгких, доступных и эффективных способов получения разнообразных пятичленных гетероциклических веществ [4].

В настоящей работе приведены результаты 1,3-диполярного циклоприсоединения различных нитрилоксидов, полученных *in situ* дегидрогалогенированием соответствующих арилгидроксамовых кислот в присутствии основания, к некоторым функциональнозамещенным пропиналям. Примеров использования пропиналей в данной реакции в литературе не обнаружено. Выяснено влияние различных факторов (среды реакции, температуры, природы основного реагента) на эффективность протекания 1,3-диполярного циклоприсоединения нитрилоксидов с различными заместителями в ароматическом ядре к ацетиленовым альдегидам, содержащими как триорганилэлементсодержащую группу (Me_3Si - и Et_3Ge -), так и фенильное кольцо



R = Me₃Si, Et₃Ge, Ph

Ar = p-MeO-C₆H₄; Ph; p-Cl-C₆H₄; p-NO₂-C₆H₄

Solvent = ацетон, ТГФ

Оптимальными условиями протекания реакции является использование тетрагидрофурана в качестве растворителя в присутствии гидрокарбоната натрия в качестве мягкого основания в щадящих температурных условиях. Повышение температуры реакции свыше 40°C приводит к быстрой димеризации получаемых *in situ* нитрилоксидов в соответствующие фуроксаны. Использование в качестве растворителя ацетона увеличивает относительное содержание в конечной реакционной смеси 5-изоксазолкарбальдегидов. Фенилпропиналь, в отличие от элементсодержащих ацетиленовых альдегидов в реакции с нитрилоксидами приводит к получению исключительно 4-изоксазолкарбальдегидов как в среде тетрагидрофурана, так и в ацетоне.

Библиографический список

1. Giomi D., Cordero F.M., Machetti F. *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III* // Oxford: Elsevier. 2008.
2. Sperry J., Wright D. // *Curr. Opin. Drug Discovery Dev.* 2005. P 723.
3. Burrows A.D., Frost C.G., Mahon M.F. et al // *J. Chem. Commun.* 2010. Vol. 46. P. 5064.
4. Torssell K. B. G. *Nitrile Oxides, Nitrones, and Nitronates in Organic Synthesis* // New York: VCH. 1988.

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ ИЧЁДИНСКОЙ НЕФТИ

В.В. Коваленко¹, Белозерова О.В.²

¹ студент гр. НДДб-17-1, ИНП, ФБГОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: valentin-99@bk.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии ФБГОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ovbelozerova@list.ru

Нефть является ценным сырьём, и исследование физико-химического состава позволяет научно подойти к решению вопроса о наиболее рациональных путях переработки нефти.

Существует три основных направления переработки нефти: 1) топливное; 2) топливно-масляное и 3) нефтехимическое или комплексное (топливно-нефтехимическое или топливно-масляно-нефтехимическое). Выбор конкретного направления переработки, соответственно схем переработки нефтяного сырья и ассортимента выпускаемых нефтепродуктов обуславливается, прежде всего, качеством нефти и т.д. [1].

В сырой нефти в основном содержится три класса углеводородов: алканы, нафтены, ароматические углеводороды и гибридные.

С практической точки зрения данные о количественном содержании различных углеводородных (УВ) классов имеет большое значение, так как свойства нефтяных продуктов определяется не столько спецификой входящих в них отдельных углеводородов, сколько их групповым составом. Так, например, бензины с высоким содержанием изопарафиновых и ароматических углеводородов обладают высокими антидетонационными свойствами. Моторные масла, богатые нафтеновыми с длинными боковыми парафиновыми цепями, имеют хорошие вязкостно-температурные свойства или высокий индекс вязкости.

Индивидуальный состав широкой бензиновой фракции НК–200 °С Ичёдинской нефти изучался на хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометре детектором HP 5975 фирмы “Agilent Technologies”. Энергия ионизации - 70эВ. Кварцевая колонка 30000*0,25 мм со стационарной фазой (95% диметил - 5% дифенилполисилоксан). Идентификацию соединений осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST11». Относительное содержание идентифицированных соединений вычисляли по площадям пиков без корректирующих коэффициентов чувствительности.

В исследуемой бензиновой фракции содержится 43,53 % (отн.) метановых УВ, из которых нормальных алканов содержится в два раза меньше чем алканов изо-строения. Количественное соотношение монозамещенных структур к дизамещенным и тризамещенным, величины которых составляют в соотношении 2 : 4 : 1 соответственно.

В группе нафтеновых соединений бензиновой фракции преобладают циклогексановые структуры.

Среди ароматических углеводородов большая доля приходится на моноциклические.

Полученные данные по индивидуальному углеводородному составу бензиновой фракции позволили изучить групповой состав, который представлен следующими УВ: метановые – 43,53 % (отн.), нафтеновые – 26,88 % (отн.), ароматические – 26,80 % (отн.).

Наличие значительного количества углеводородов алканового класса повлияло на эксплуатационные характеристики бензиновой фракции с пределом выкипания от н.к. до 200 °С (см. табл. 1).

Таблица 1 – Эксплуатационные характеристики

| Характеристика | Значение |
|---|----------|
| Октановое число (моторный метод) | 46,5 |
| Октановое число (исследовательский метод) | 53,9 |
| Плотность при 20 °, кг/м ³ | 720,4 |

Полученные результаты позволяют рекомендовать два варианта использования широкой бензиновой фракции:

- топливный – в качестве сырья для каталитического риформинга, изомеризации с целью получения высокооктанового бензина;
- нефтехимический – для получения ароматического сырья.

Библиографический список

1. Ахметов А.С. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА НЕФТЯНОГО БИТУМА

А.С. Лукин¹, В.Д. Черепанов²

¹ студент гр. ХТм-17-1, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Ангарск, e-mail: Lukin3095@yandex.ru

² аспирант гр. аФХ-16, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: vadim.cherep@gmail.com

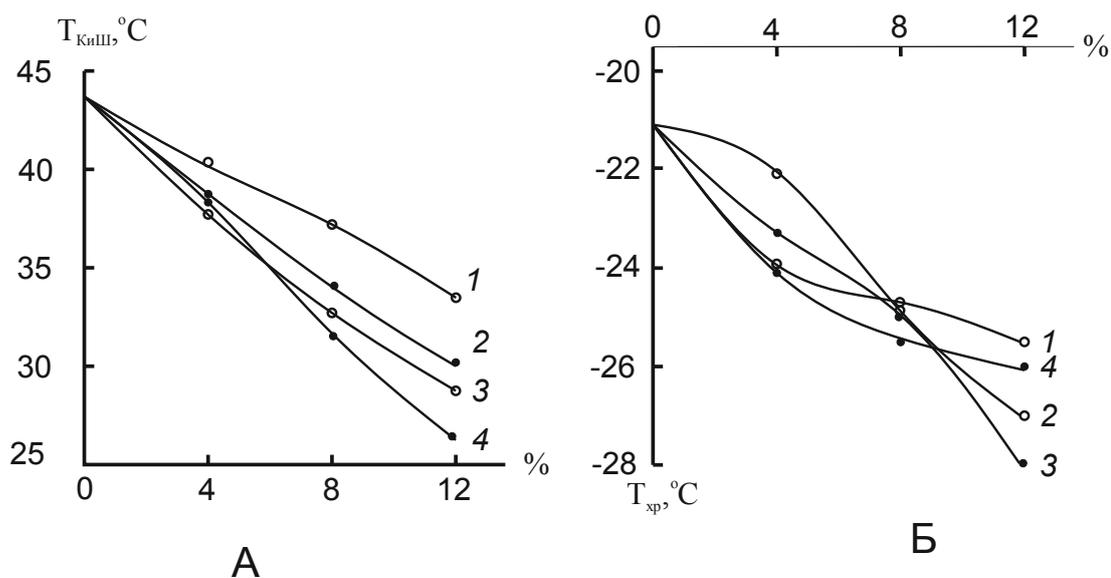
Качество автомобильных дорог в нашей стране оставляет желать лучшего. Одной из основных причин этого является низкое качество дорожных материалов и, в первую очередь, битумов. Многолетний опыт свидетельствует, что на территории Сибири и Дальнего Востока битум должен работать в интервале температур от -40 до +55°С, в настоящий же момент этот интервал составляет от -20 до +45°С. Качественные и долговечные автомобильные дороги можно строить только в том случае, если интервал температур работы битумов будет соответствовать климатическим условиям. Достичь таких результатов можно только одним путем – модификацией битумов посредством добавок различных веществ. Наиболее подходящими добавками для этих целей явились полимерные материалы [1, 2].

Целью данной работы являлось изучение влияния различных добавок на состав и температурные показатели битумов.

Для понижения температуры хрупкости в нефтяные битумы вводились продукты нефтепереработки, а именно: экстракт селективной очистки масел (ЭСОМ), тяжелый газойль каталитического крекинга (ТГКК), тяжелая смола пиролиза (ТСП), И-40, гудрон АВТ-6, гудрон ГК-3.

ТГКК и ТСП, из-за одинакового содержания в них масляной фракции (66,9% и 69,7% соответственно) дали одинаковый вклад в изменение температуры хрупкости (понижилась на 7°С), и температуры размягчения (понижилась на 16°С).

Лучшее влияние на систему оказали И-40 и ЭСОМ (содержание масляной фракции 60%), обладающие большей совместимостью с битумом и обеспечившие понижение температур хрупкости и размягчения на 9°С. Гудрон АВТ-6 и гудрон ГК-3 не оказали влияния на температуру хрупкости, однако температура размягчения упала на 5°С (см. рисунок 1).



А – температуру размягчения, °С, Б – температуру хрупкости, °С, 1 – ЭСОМ, 2 – ТГЗК, 3 – ТГКК, 4 – ТСП

Рисунок 1 – Влияние содержания пластифицирующих добавок на физико-механические свойства битума

Также нами было исследовано влияние следующих полимеров на систему нефтяного битума: Kumho 101, ДСТ 30/01 линейный, ДСТ 30/01 разветвленный. Kumho 101 и ДСТ 30/01 разветвленный повысили температуру размягчения на 20°С, при введении трех процентов полимера, а значение эластичности составило 63,5 %, но ДСВ повысил температуру хрупкости на 4°С, а Kumho 101 – на 2°С. ДСТ 30/01 линейный повысил темпера-

туру размягчения и температуру хрупкости на 25°С и 3°С соответственно. Эластичность битума составила 85,5%.

Библиографический список

1. Airey G. D. Fundamental binder and practical mixture evaluation of polymer modified bituminous materials / G. D. Airey // Int. J. Pavement Eng. – 2004. – V. 5, № 3. – P. 137–151.

2. Polacco G. A review of the fundamentals of polymer-modified asphalts: Asphalt/polymer interactions and principles of compatibility Advances in Colloid and Interface Science / G. Polacco // Advances in Colloid and Interface Science – 2015. V. 224. – P. 72–112.

ТЕРМИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ НЕФТЕШЛАМА НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ СПЛАВЕ

Д.В. Медведев¹, С.А. Уханев², Н.С. Филиппов², А.Ю. Сотников³,
Г.В. Боженков⁴, Е.В. Рудякова⁴

¹ аспирант кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: dima93medvedev@mail.ru

² студент гр. ХТОБп-15, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

³ магистрант, гр. ХТм-18-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

⁴ к.х.н., доцент кафедры химической технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

В настоящее время добываемая нефть в большей степени используется для производства высококачественных нефтепродуктов. Для повышения экономической эффективности использования нефти и увеличения выхода товарных нефтепродуктов, полученных из нее, должна возрасти глубина переработки нефти, за счет переработки тяжелых нефтяных остатков и отходов нефтехимической промышленности.

При добыче, переработке и транспортировке нефти образуется более 10 млрд. тонн нефтяных отходов. Нефешламы представляют собой сложные физико-химические смеси, состоящие из тяжелых нефтепродуктов, воды и механических примесей (песка, глины, окислов металлов). В настоящее время переработка и утилизация данных отходов является основной проблемой предприятий, для решения которой необходимы большие капиталовложения, эксплуатационные. Способы переработки, утилизации и обезвреживания нефешламов, применяемых в настоящее время в мировой практике можно разделить на термические, механические (физические), химические, физико-химические и биологические [1-3].

Однако все существующие методы переработки и утилизации нефешламов малоэффективны и обладают серьезными недостатками. Раз-

работка эффективных технологий утилизации и переработки нефтешламов актуальна и требует безотлагательного решения. С этой целью нами предлагается подвергать нефтешламы термическому крекингу.

В ранее опубликованных материалах [4] было предложено проводить термический крекинг мазута по двум вариантам деструктивной перегонки: классическая деструктивная перегонка и деструктивная перегонка с использованием оловянно-свинцового сплава.

В ходе данной работы исследованы аналогичные процессы переработки нефтешламов зачистки резервуаров. Крекинг нефтешламов зачистки резервуаров проводили в лабораторной установке термического крекинга при температуре 450 °С. Результаты опытов приведены в таблице.

Таблица 1 – Характеристики продуктов деструктивной перегонки

| Показатели | Значения | |
|---|---------------------------------------|--|
| | классическая деструктивная перегонка* | деструктивная перегонка на металлическом сплаве* |
| Выход продуктов термокрекинга, % масс. в том числе: | | |
| газ | 74,3 | 91,8 |
| жидкий продукт термокрекинга | 3,82 | 4,36 |
| Плотность, кг/м ³ | 70,48 | 87,44 |
| Содержание серы, % масс. | 815 | 824 |
| | 0,364 | 0,248 |
| * – приведены усредненные показатели | | |

Полученные результаты показывают, что при крекинге нефтешлама, проводимого на металлическом сплаве, образуются более легкие углеводороды по сравнению с классическим крекингом, протекает более глубокий крекинг сырья, улучшаются экологические характеристики продуктов крекинга.

Особо необходимо подчеркнуть, что использование металлического сплава позволяет не только увеличить выход светлых фракций, но и позволяет уменьшить закоксовываемость поверхности реактора термокрекинга, то есть избежать преждевременных остановок для чистки и удаления кокса, а также уменьшить вероятность прогара труб, которые приводят к аварийным ситуациям, что на сегодняшний день является весьма актуальной проблемой.

Библиографический список

1. Филиппов Н.С., Медведев Д.В. Проблемы и методы переработки нефтешламов. / Н.С. Филиппов, Д.В. Медведев, М.А. Бабанина, Г.В. Боженков, Е.В. Рудякова // Переработка природного и техногенного сырья: сб. науч. трудов студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых

Института высоких технологий. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. – С. 143-146.

2. Зайнуллин Х.Н. Обращение с отходами производства и потребления. / Х.Н. Зайнуллин, Р.Ф. Абдрахманов, У.Г. Ибатуллин, И.Н. Миниغازимов, Н.С. Миниغازимов. Уфа: Издательство «Диалог», 2005. – 292 с.

3. Дудышев В.Д. Утилизация нефтешламов // Экология и промышленность России. 2002. №5. – С. 20-23.

4. Медведев Д.В. Термический крекинг мазута на металлическом сплаве / Д.В. Медведев, С.А. Уханев, Н.С. Филлипов, Г.В. Боженков, Е.В. Рудякова // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием – Иркутск: изд-во ИРНИТУ, 2018. – С. 192-194.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ РАСТВОРОВ

Н.В. Иринчинова¹, Г.Н. Дударева², Д.И. Дударев³

¹аспирант гр. аНХ-16-1, кафедры химии и пищевой технологии им. профессора В.В. Тутуриной, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: irnavl@mail.ru

²к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии им. профессора В.В. Тутуриной, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: gndudareva@mail.ru

³студент гр. ИББ-17-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск

Углеродные сорбенты, полученные на основе каменноугольного сырья, обладают высокой химической устойчивостью, выдерживают жесткие условия высокотемпературного воздействия, противостоят сильноокислотной и сильнощелочной обработке. Обладают развитой пористой структурой, имеют удельную поверхность более 500 м²/г и механическую прочность на истирание до 95%. Никель извлекается углеродными сорбентами из растворов в щелочной среде при повышенной температуре [1].

Окисленный уголь с добавкой мочевины стоек в щелочных растворах и не выделяет в жидкую фазу побочные продукты. Присутствие мочевины в стадии окисления или модифицирования необходимо. Выступая как буфер, она защищает угольную матрицу от разрушения, нейтрализует выделяющиеся в процессе окисления оксиды азота, тем самым препятствует образованию гуминовых соединений [2].

Для окисления использовали просеянный от пыли и мелких частиц уголь АД-05-2, с размером частиц от 2 до 0,5 мм. Уголь предварительно подвергли стадии обеззоливания раствором соляной кислоты в течение суток при умеренном перемешивании. Для ускорения выведения минераль-

ных солей, смесь подогрели до 65 °С. Далее уголь промывали водой до рН 4.

Стадию окисления проводили в присутствии смеси азотной кислоты и мочевины при 80 °С в течение 3 часов при периодическом перемешивании для предотвращения ее вспучивания от отходящих газов и удаления газовых карманов в слое смеси угля и кислоты. После окисления уголь промывали водой до рН 4 и высушивали до постоянного веса при температуре 105 °С.

Сорбцию ионов никеля окисленным АД-05-2 проводили при температурах 298 К, 318 К, 338 К. Исходный раствор никеля 10 мг/мл готовили растворением соответствующей навески чистого металла в соляной кислоте (1:1). Оптимальное значение рН 9,6 устанавливали с помощью 0,2 М аммиачно – ацетатных буферных растворов. Концентрация никеля в растворах сорбции составляла 0,2 мг/мл, время сорбции 240 минут. Через каждые 15 минут отбирали аликвотную часть для определения остаточной концентрации никеля в растворе.

Изучение кинетических свойств и адсорбционной емкости сорбента проводили в статических условиях методом переменных навесок и методом постоянных концентраций. Массу навесок варьировали от 0,25 г до 2 г. Предварительно определили время установления равновесия в системе углеродный адсорбент – раствор соли никеля и строили кинетические зависимости $A = f(t)$. Количество сорбированного металла рассчитывали по разности концентрации ионов металла в растворах до и после сорбции. Адсорбцию при повышенных температурах проводили в термостатированной установке, перемешивание осуществляли на магнитной мешалке.

Кинетические исследования показали, что адсорбционное взаимодействие протекает достаточно интенсивно. Окисленные образцы сорбентов показали более высокую степень извлечения никеля из растворов по сравнению с исходными. Реакция соответствует первому порядку. Вычисленные значения констант скоростей при трех температурах соответственно равны: $k_{298} = 9,9 \cdot 10^{-3}$; $k_{318} = 13,5 \cdot 10^{-3}$; $k_{338} = 15,2 \cdot 10^{-3}$. Время установления адсорбционного равновесия составляет 1,5-2 ч в зависимости от соотношения массы сорбент – раствор. Установлено, что в процессе адсорбции с увеличением температуры емкость сорбента по отношению к никелю увеличивается. Описание изотерм адсорбции осуществляли с помощью логарифмических кривых, содержащих основные параметры сорбционного процесса: величину адсорбции, время, температуру, концентрацию.

Окисленные образцы сорбентов показали себя перспективными для извлечения никеля из технологических растворов.

Библиографический список:

1. Дударев В.И., Филатова Е.Г., Дударева Г.Н., Климова О.В., Минаева Л.А., Рандин О.И. Сорбционное концентрирование тяжелых металлов и определение никеля в производственных растворах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. № 1 (81). С. 16-23.

2. Тарковская И.А. Окисленный уголь. Киев: Наук. Думка, 1981. С. 196.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ ХРОМА(VI) НА УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТАХ

О.В.Рыбарчук¹, В.И.Дударев², А.В.Драгуский³, Д.И.Дударев⁴

¹ к.х.н., доцент кафедры физики ФГБОУ ВО ИРНИТУ, г. Иркутск,
e-mail: oklim89@mail.ru

² д.т.н., профессор кафедры химии и пищевой технологии им.проф.В.В.Тутуриной ФГБОУ ВО ИРНИТУ, г. Иркутск,
e-mail: vdudarev@mail.ru

³ соискатель кафедры химии и пищевой технологии им.проф.В.В.Тутуриной ФГБОУ ВО ИРНИТУ, г. Иркутск,
e-mail: vol-sok@yandex.ru

⁴ студент группы ИББ-17-1 ИВТ ФГБОУ ВО ИРНИТУ, г. Иркутск

Изучение сорбционной способности адсорбентов по отношению к ионам хрома(VI) проводили с помощью изотерм и кинетических кривых сорбции при варьировании условий проведения экспериментов. В работе использованы методы переменных навесок и постоянных концентраций [1]. Сорбцию из растворов выполняли в статических условиях. Предварительными кинетическими опытами устанавливали время достижения равновесия в системе углеродный адсорбент - раствор соли металла. Навеску адсорбента помещали в раствор соли металла и при интенсивном перемешивании насыщали адсорбент до наступления равновесия.

В качестве адсорбтивов использованы модельные водные растворы соли K_2CrO_4 , квалификации «хч». Концентрацию ионов хрома(VI) определяли спектрофотометрическим методом на приборе КФК-3 [2]. Периодически концентрацию металла контролировали атомно-абсорбционным (прибор Квант-2А) и ИСР-методами количественного анализа (прибор ИСРЕ 9000) [3].

Таблица 1 – Технические характеристики углеродных сорбентов

| Наименование адсорбента | АД-05-2 | Сибунит |
|---|---------|---------|
| Удельная поверхность, м ² /г | 550 | 450 |
| Механическая прочность, % | 82 | 94 |

| | | |
|---|------|------|
| Суммарный объем пор (по воде), см ³ /г | 0,61 | 0,67 |
| Объем микропор, см ³ /г | 0,23 | 0,18 |
| Объем переходных пор, см ³ /г | 0,12 | 0,20 |
| Сорбционная активность по иоду, % | 84 | 69 |
| Насыпная плотность, г/дм ³ | 550 | 505 |

Установлено, что сорбционное взаимодействие в системе металлосодержащий раствор – углеродный адсорбент протекает достаточно интенсивно эффективно. Время наступления равновесия в зависимости от массы навески адсорбента находится в интервале 30 - 240 мин. При адекватном соотношении массы навески и концентрации металла в растворе равновесие достигается спустя 30 мин от начала опыта.

Для изучения кинетики процесса сорбции хрома (VI) навески адсорбентов массой 0,5 г помещали в сильноокислый раствор соли металла с исходной концентрацией ионов хрома (VI) 200 мг/л (3,84 ммоль/л) и встряхивали навеску в течение времени до наступления равновесия. Кинетические кривые, отражающие взаимодействие адсорбентов с ионами хрома(VI) при различных массах навески приведены на рис. 1.

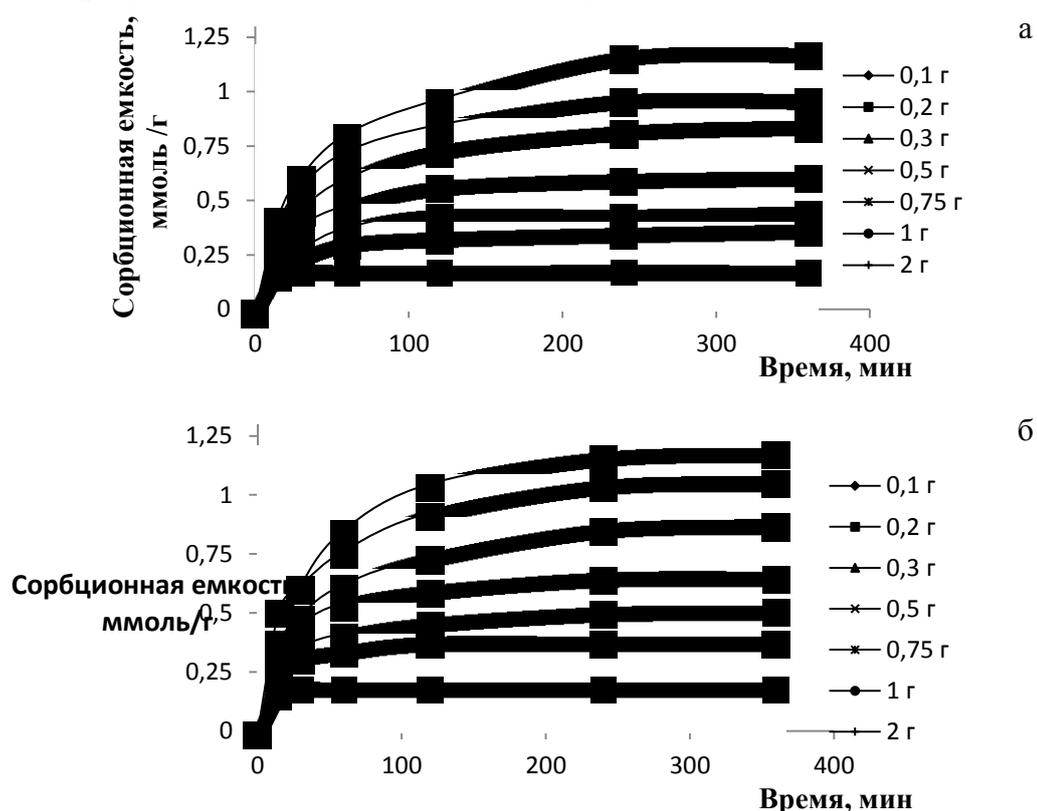


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции ионов хрома(VI) при разных навесках:

а) сорбент АД-05-2, б) сорбент Сибунит

Реакции подчиняются первому порядку. Константы скоростей сорбционного процесса, рассчитанные по уравнению реакции 1-го порядка: $k_{сАД-05-2} = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, $k_{сСибунит} = 0,41 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$. Изотермы сорбции ионов хрома(VI) с применением исследуемых адсорбентов относятся к изотермам мономолекулярной сорбции. Максимальная емкость данных адсорбентов составляет: $A_{АД-05-2} = 1,12 \text{ ммоль/г}$, $A_{Сибунит} = 1,21 \text{ ммоль/г}$. Мы полагаем, что сорбируемым ионом является димер $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Процесс сорбции, вероятнее всего, осуществляется за счет химической реакции анионного обмена, в котором участвуют карбоксильные и гидроксильные функциональные группы адсорбента [4]. Благодаря этому полифункциональный адсорбент АД-05-2 проявляет более существенные сорбционные свойства в сравнении с адсорбентом СИБУНИТ.

Библиографический список

1. Климова О.В. Изучение процессов сорбции ионов хрома (VI) на углеродном сорбенте / Дударев В.И., Филатова Е.Г. // Водочистка. 2013. №10. – С.6-14.
2. Лаврухина А.К., Юкина Л.В. Аналитическая химия хрома. М.: Наука. 1979. 218 с.
3. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Электрохимическое хромирование.– М.: Глобус, 2007. 191с.
4. Климова О.В., Дударев В.И., Филатова Е.Г. Патент РФ №2547756, 2013. Б.И. 2013. №10

УДК 541.64:547.569:546.287:541.183

СВОЙСТВА ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН

Р.Т. Усманов¹, Т.Д. Жамсаранжапова², С.А. Закарчевский³, С.Д. Максименко⁴, А.Н.Чеснокова⁵

¹ студент гр. ХТОБп-15-2, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: ursa_55@mail.ru

² студент гр.ПИМ-18-1, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: tanya-zham@mail.ru

³ аспирант гр. аБТ-18, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: serzh94lan@mail.ru

⁴ аспирант аРФ-15, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: irz.irk@mail.ru

⁵ к.х.н., зав. лабораториями кафедры химии и пищевой технологии, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: chesnokova@istu.edu

В настоящее время стоит проблема разработки и применения альтернативных источников энергии. Решением проблемы становится внедрение топливных элементов, принцип работы которых основан на выработке электроэнергии за счет электрохимической реакции [1].

Роль полимерной мембраны состоит в переносе протонов, которые образуются в результате ионизации водорода на аноде, в катодную область. Мембрана должна обладать механической прочностью, высокой химической стабильностью, как к окислению, так и к гидролизу и минимальной степенью набухания. Большинство из выше перечисленных свойств характерны мембранам марки Нафийон, которые выпускаются в промышленном масштабе. К числу недостатков Нафийона можно отнести существенное уменьшение проводимости при низкой влажности и ее высокую стоимость, что существенно затрудняет широкомасштабное внедрение и эксплуатацию ТЭ [2].

Одним из направлений для улучшения характеристик полимерных мембран является создание гибридных материалов, содержащих неорганические добавки. В качестве перспективных модификаторов используют цеолиты, благодаря их ионообменным свойствам, способности удерживать воду при высоких температурах и обеспечивать экологическую безопасность [3].

В данной работе были получены мембраны с шифром ТН13А, ТН13Ц, СН1 путем смешивания раствора поливинилового спирта (ПВС) и сульфоянтарной кислоты в соотношении 2:1. В пленку ТН13Ц добавляли цеолит марки ZSM-5, обработанный 0,1н. фосфорной кислотой, а в СН1 цеолит ZSM-5, обработанный 0,1н. серной кислотой. Количество вносимых цеолитов составляло 3% от массы ПВС. После интенсивного перемешивания смеси была осуществлена формировка пленки на ровной поверхности методом полива. Мембраны высушивали на воздухе, далее отделяли от подложки и подвергали сшивке при 80°C в течение 10 мин. Протонную проводимость пленок измеряли методом импедансной спектроскопии при 30°C и относительной влажности 100%.

Таблица 1 – Результаты определения ионообменной емкости и протонной проводимости исследуемых мембран

| Шифр мембраны | Ионообменная емкость, мг·экв/г | Протонная проводимость, См/см |
|---------------|--------------------------------|-------------------------------|
| ТН13А | 1,1 | $1,04 \cdot 10^{-3}$ |
| ТН13Ц | 1,3 | $2,92 \cdot 10^{-2}$ |
| СН1 | 1,4 | $7,57 \cdot 10^{-3}$ |
| Нафийон 117 | 1.0 | $5,17 \cdot 10^{-2}$ |

Исходя из полученных данных, следует, что при добавлении цеолитов наблюдается увеличение протонной проводимости (табл.1). Мембрана ТН13Ц с добавкой цеолита, обработанного раствором фосфорной кислоты, по сравнению с другими синтезированными образцами показывает наиболее высокое значение, лишь немногим уступает коммерческому аналогу Нафион.

Для исследуемых образцов мембран была определена полная ионообменная емкость (ИОЕ) методом по ГОСТ 17552-72. Установлено, что мембраны с цеолитом, обработанным фосфорной кислотой (H_3PO_4) и серной кислотой (H_2SO_4) обладают более высоким значением ИОЕ по сравнению с мембраной без добавок и Нафионом (табл. 1).

Таким образом, синтезированные нами мембраны характеризуются высокой протонной проводимостью и ионообменной емкостью, что указывает на достаточное количество ионообменных групп для протонного транспорта и перспективность дальнейшего изучения данных материалов для использования в топливных элементах.

Библиографический список

1. Коровин Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. М.: Изд-во Моск. энерг. ин-та, 2005. 280 с. 168.
2. Иванчев С.С., Мякин С.В. Полимерные мембраны для топливных элементов: получение, структура, модифицирование, свойства // Успехи химии. - 2010. - Т. 79. № 2. - С. 117-134.
3. Абдуллин И. Ш., Ибрагимов Р. Г., Зайцева О.В., Парошин В.В. Современные методы изготовления композиционных мембран.// Вестник Казанского технологического университета.- 2013.- №9.-С.24-34.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕФТИ АНАЛИЗАТОРОМ LUMIFuge

Ю.А. Добржанская,¹ О.В. Белозерова,² Э.В. Шакирова.³

¹ магистр гр. ХТм-18-1, институт высоких технологий ИРНИТУ, г. Иркутск, e-mail: J.Dobr.96@mail.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ИРНИТУ, г.Иркутск, e-mail: ovbelozerova@list.ru

³к.п.н., доцент кафедры нефтегазовое дело, ИРНИТУ, г.Иркутск, e-mail: vival60@mail.ru

В современном мире наиболее важными источниками углеводородов являются горючие газы (природные и попутные) и нефть. Нефть – это природная сложная многокомпонентная смесь, состоящая из определенных классов углеводородов и гетероатомных соединений, таких как, например: серосодержащих и т.д. Это горючее вещество чаще черного цвета. Цвет

нефти зависит от многих факторов, в том числе и от место залегания месторождения. Встречаются, нефти коричневой, вишневой, зеленой, желтой окраски и даже прозрачные. Ее запах также может быть различным, так как зависит от присутствия ароматических углеводородов, сернистых соединений [1].

При определенных условиях нефти в пласте или трубопроводе, а также нефтепродукты в процессе эксплуатации проявляют новые реологические и структурно-механические свойства [2].

В данной работе рассматривали нефти разных месторождений и разных цветов, а именно рыжего и черного.

Исследуемые образцы нефти: Ярактинского НГКМ, Ичединского НГКМ, Маччобинского НГКМ и Даниловского НГКМ.

Данное исследование проходило с помощью прибора LUMiFuge. LUMiFuge - это аналитическая центрифуга, которая мгновенно измеряет затухание проходящего света по всей длине образца, используя инновационную [технология STEP](#). Технология STEP позволяет непрерывно измерять интенсивность прошедшего света через всю высоту пробирки с образцом.

Принцип измерения-фотометрический. Прибор позволяет быстро и объективно оценить кинетику процессов. Он оснащен усовершенствованной оптической системой, позволяющей проводить анализ нескольких образцов на определенных пользователем скоростях, интенсивности света и температуре [3].

В ходе исследования образцов нефти, мы получили графики, по которым можно сделать вывод, что нефти более темные (Даниловская и Маччобинская) имеют наибольшую кинетическую стабильность в связи с тем, что в них наибольшее содержание смол, асфальтенов и парафинов, по сравнению с образцами рыжей нефти. Следовательно, подбор температуры и light factor на приборе LUMiFuge требует особо исследования. Это дает возможность новой оценки качества нефти.

На графиках (см. рис. 2) рыжих нефтей, хорошо видно кинетику процесса.

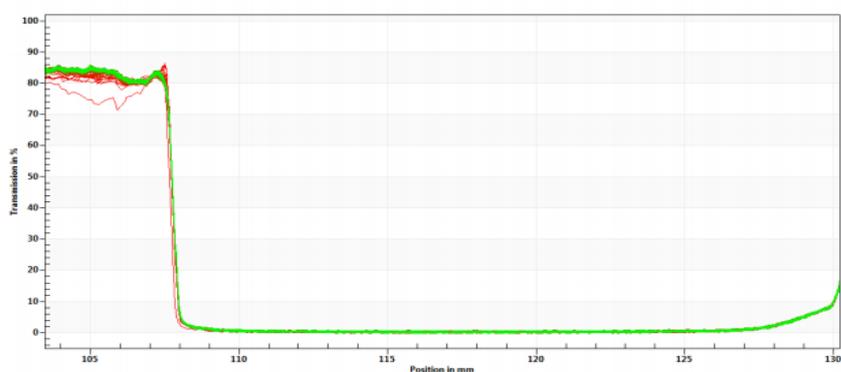


Рисунок 1. Нефть Маччобинского месторождения (темный цвет)

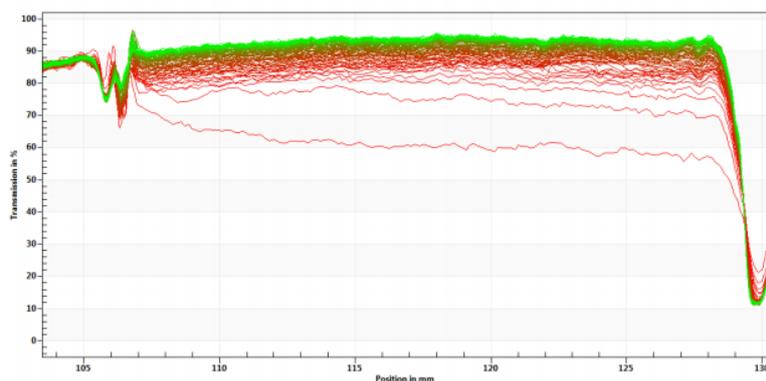


Рисунок 2. Нефть Ярактинского месторождения (рыжий цвет)

Таким образом, для получения достоверных результатов анализа необходимо учесть все возможные взаимодействия, как подбор факторов на приборе, так и физико-химические свойства образцов нефти в ходе выполнения данного анализа.

Качество нефтепродуктов напрямую зависит от исходного сырья. Если нефть будет обладать высокими качественными показателями, то и горючее будет высококлассным.

Библиографический список:

1. Кузьмина Р.И., Чудакова Е.В., Ветрова Т.К. Технология переработки нефти и газа. – Саратов: Изд-во Научная книга, 2010. - 254 с.
2. Сафиева Р.З. Физикохимия нефти. – М.: Химия, 1998. – 448 с.
3. https://www.lum-gmbh.com/lumifuge_en.html

СЕКЦИЯ № 4
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ
ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

А.П. Шевчук¹, О.Ю. Маковская²

¹ студент гр. НМТ-452203 ИНМТ ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург,
e-mail: sambik31053@gmail.com

² к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: o.i.makovskaia@urfu.ru

Печатные платы являются основным компонентом всех типов электронного и электрического оборудования. Производство печатных плат является сложной, многостадийной технологией [1]. Одной из основных операций является травление. В качестве травителей используют растворы хлорного железа, аммиака, хлорида меди и пр. [2]. В настоящее время солянокислый раствор хлорида меди является основным раствором травления. Его использование по сравнению с аммиачными растворами и растворами хлорида железа, характеризуется очень высокой скоростью растворения металлической меди, а также стабильностью и заданных параметров процесса. Процесс травления меди можно выразить следующей реакцией:



Не защищенная резистом поверхность меди реагирует с CuCl_2 . Один атом меди взаимодействует с одним ионом Cu(II) в результате чего образуется два иона Cu(I)



Использование солянокислого раствора хлорида меди имеет свои недостатки. При травлении большое количество меди переходит в раствор, это вызывает уменьшение эффективности травильной ванны. Для того, чтобы поддерживать высокую эффективность и стабильную скорость травления печатных плат необходимо регенерировать травильный раствор и удалять избыток меди [3].

Для удаления избытка меди из раствора, чаще всего применяются следующие методы: осаждение в виде гидроксидов [4], жидкостная экстракция [5, 6] и электрохимическое выделение в виде металла [7]. Все перечисленные методы имеют свои достоинства и недостатки. Наиболее перспективным представляется электрохимический метод, который позволяет выделить медь в виде чистого металла.

Прямая электроэкстракция меди из солянокислых растворов применяется ограниченно из-за возможности выделения на аноде газообразного хлора.



Поэтому получили распространение процессы с применением ионообменных мембран, разделяющих анодное и катодное пространства электролизера [8]. При использовании анионообменных мембран процесс может быть организован таким образом, что в анодном пространстве происходит регенерация травильного раствора, а в катодном – удаление избытка меди в виде металла.

Для выделения меди из отработанных травильных растворов нами предложен двухкамерный электролизер с катодом и анодом, изготовленными из нержавеющей стали. Анодное и катодное пространство разделили катионообменной мембраной. В катодную камеру заливали отработанный травильный раствор следующего состава, г/дм³: 270 Cu, 27 NH₄Cl, 11,6 HCl. В качестве анолита использовали раствор 200 г/дм³ Na₂SO₄. Электроэкстракцию вели при плотности тока 650 А/м², силе тока 350 мА, и напряжении 200 В. Процесс вели в течение 4 ч. В результате получена металлическая медь, выход по току составил более 90 %.

Библиографический список

1. Медведев А. Технология производства печатных плат. Москва. Техносфера. 2005. 360 с.
2. Cakır, O., Review of etchants for copper and its alloys in wet etching processes. Key Engineering Materials. 2008. No 364. P. 460-465.
3. Кругликов С.С. Регенерация травильных растворов и рекуперация меди в производстве печатных плат // Гальванотехника и обработка поверхности. 1993. Т. 2. Вып. 4. С. 69-72.
4. US EPA Guides to Pollution Prevention the Printed Circuit Board Manufacturing Industry, A/625/7-90/007. 1990.
5. Lee, J.-c., Zhu, T., Jha, M., Kim, S.-k., Yoo, K.-k., Jeong, J. Solvent extraction of Cu (I) from waste etch chloride solution using tri-butyl phosphate (TBP) diluted in 1-octanol. Separation and Purification Technology. 2008. No 62, P. 596-601.
6. Wieszczycka, K., Kaczerewska, M., Krupa, M., Parus, A., Olszanowski, A., 2012. Solvent extraction of copper (II) from ammonium chloride and hydrochloric acid solutions with hydrophobic pyridineketoximes. Separation and Purification Technology. No 95, P. 157-164.
7. Зорькина О.В. Утилизация отработанного раствора травления печатных плат электрохимическим методом // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 697–699.

8. Cakir O. Copper etching with cupric chloride and regeneration of waste etchant Journal of Materials Processing Technology. 2006. No 175. P. 63–68.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБЕЗМЕЖИВАНИЮ ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

К.Ю. Мальцев¹, О.Б. Колмачихина²

¹студент гр.НМТМ-272202, ИНМиТ, ФГАОУ ВО УрФУ, г.Екатеринбург; e-mail: kirill210mt@gmail.com

²к.т.н., старший преподаватель кафедры металлургии цветных металлов ФГАОУ ВО УрФУ, г.Екатеринбург; e-mail: o.b.kolmachikhina@urfu.ru

Пирометаллургическое производство меди характеризуется высоким выходом шлаков. Долгие годы шлаки с содержанием меди 0,5 % и менее считались отвальными и складировались. Подобные отвалы, накопленные более чем за 100 лет, занимают значительные площади, например, в районе г. Карабаш Челябинской области. Такая же ситуация сложилась и в других районах Урала, где в результате деятельности металлургических предприятий накопилось большое количество различных видов шлаков, которые не только занимают огромные площади, но и оказывают отрицательное влияние на экологическую обстановку региона.

В последние годы обстановка изменилась – снижение содержания меди в рудах, которые поступают на переработку, до 1 % и ниже привело к тому, что в переработку вовлекают все текущие шлаки и интерес вызывают лежалые. На сегодняшний день самым широко применяемым способом обеднения шлаков является флотационный метод, но извлечение меди в шлаковый концентрат находится на уровне 70-80 %, кроме того, шлаки необходимо измельчать до крупности около 70 мкм и менее, что требует больших затрат энергии, т.к. шлаки относятся к прочным материалам.

В тоже время, пирометаллургический способ обеднения шлаков позволит совместно перерабатывать вновь образующиеся и лежалые шлаки, уйти от необходимости дробить и измельчать шлак, а вторичный шлак с низким содержанием меди может быть использован, например, как строительный материал.

Одной из причин потерь меди со шлаками является наличие в них магнетита [1, 2], т.к. магнетит увеличивает вязкость шлаков и затрудняет отстаивание штейновых капель, а взаимодействие сульфида железа штейна и магнетита приводит к образованию сернистого ангидрида, который увлекает («флотирует») капли штейна в объем шлака. Разрушение магнетита в штейно-шлаковом расплаве может привести к снижению механических потерь штейна, и, соответственно, к обеднению шлака. Таким разру-

шением может быть восстановление железа путем последовательных превращений: $\text{Fe}_2^{\text{III}}\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}^{8/3}\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}^{\text{II}}\text{O} \rightarrow \text{Fe}^0$. Мы предлагаем осуществить эти превращения, вводя в шихту различные восстановители - например, кокс и пирит (или пиритный огарок). Можно предположить, что в зависимости от количества углерода и пирита в шихте возможно восстановление магнетита до оксида железа (II) или до металлического состояния.

В качестве исходного материала использовали плавильный шлак СУМЗа с содержанием меди 1,11 %; железа 37,21 %; серы 1,16 %; SiO_2 30,96 %. Опыты проводили в лабораторной индукционной печи при температуре 1300-1400 °С. В качестве добавок использовали коксик (1-4 % от массы шлака) и пиритный концентрат (6-15 % от массы шлака). При плавке пиритный концентрат и коксик добавляли в тигель совместно со шлаком. Критерием оценки выбрали содержание меди и железа во вторичном шлаке (рисунок 1) и извлечение меди в шлак. Также оценивали выход вторичного шлака по отношению к массе исходного шлака.

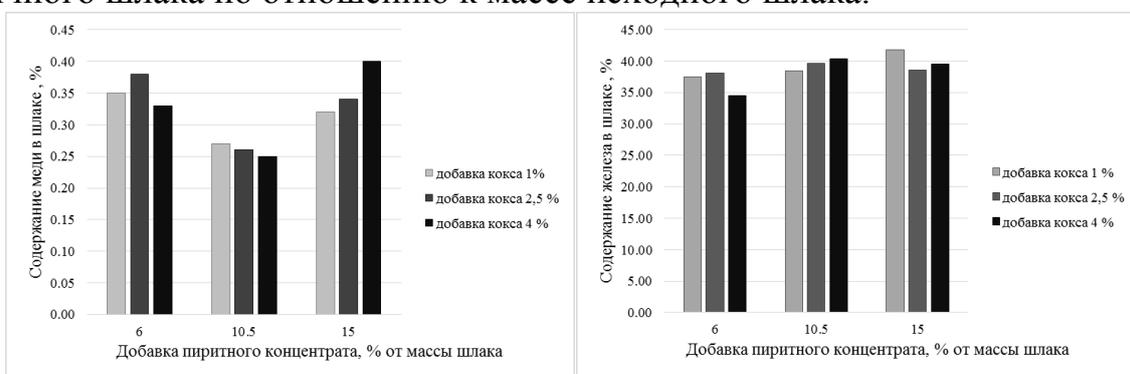


Рисунок 1 – Зависимость содержания меди и железа во вторичном шлаке от количества добавленного пиритного концентрата и кокса

Таким образом, во вторичном шлаке содержание железа превышает его содержание в первичном шлаке за счет железа, дополнительно вводимого с пиритом. При этом не наблюдали высокой степени восстановления железа, и, соответственно, высокой степени обезмеживания шлака не достигли - минимальное содержание меди во вторичном шлаке составило 0,25 %. Доля меди, оставшейся во вторичном шлаке по отношению к исходному количеству, составила порядка 20 %. На втором этапе предполагается изменить порядок дозирования реагентов; увеличить расход коксика; заменить пиритный концентрат на пиритный огарок.

Библиографический список

1. Ванюков А.В. Шлаки и штейны цветной металлургии / А.В. Ванюков, В.Я. Зайцев. – М. : Металлургия, 1969. – 408 с.
2. Ванюков А.В. Теория пирометаллургических процессов / А.В. Ванюков, В.Я. Зайцев – М.: Металлургия, 1973.- 504 с.

ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО ЦИНКСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

А.А Кийко¹, О.Б. Колмачихина², Ю.И. Топоркова³

¹ студент гр.НМТМ-182211 ИНМиТ ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург, (Россия), e-mail: artemkiiko@mail.ru

² к.т.н., старший преподаватель кафедры металлургии цветных металлов ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: o.b.kolmachikhina@urfu.ru

³ аспирант кафедры металлургии цветных металлов ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: iulia.toporkova@urfu.ru

В настоящее время более 30% мирового производства цинка приходится на вторичное сырьё. В качестве источников вторичного цинка служат отходы цинковых сплавов, образующиеся при изготовлении деталей литьём под давлением и при производстве латуни, а также отходы процесса горячего цинкования стали - изгарь (поверхностные дроссы) и гартцинк (донные дроссы) с высоким содержанием таких примесей, как железо и алюминий [1]. Так же источниками цинксодержащих отходов являются пыли электродуговых печей (ЭДП), образующиеся в результате переработки оцинкованного лома [2]. В настоящее время перерабатывают примерно 50 % пылей ЭДП, а остальные пыли захоранивают или складировуют. Вывоз, захоронение и складирование цинксодержащих отходов требует значительных площадей, существенных затрат на защиту окружающей среды, обслуживание складов и последующую рекультивацию земель.

В тоже время, с каждым годом содержание цинка в добываемой руде снижается, а добыча и обогащение руд остаются очень дорогостоящими операциями. Пыли ЭДП являются перспективными материалами для расширения сырьевой базы цинкового производства. В пылях ЭДП содержится 15 – 40 % цинка, что в разы больше, чем содержание Zn в руде (1 – 4 %). Также отсутствует необходимость дополнительной подготовки сырья к металлургическому производству. Это делает пыли ЭДП перспективными материалами для расширения сырьевой базы цинкового производства. Однако выделение цинка из пыли является трудной задачей: неоднородный (по химическому и фазовому составу) состав пылей, содержание большого количества железа, затрудняет переработку пылей ЭДП с помощью классического способа получения цинка. Серноокислые растворы не обеспечивают селективного и полного перевода цинка в раствор, существуют проблемы очистки сульфатных растворов от железа и утилизации твёрдых остатков. Также переработку усложняет наличие в исходном сырье значительных количеств труднорастворимого феррита цинка, что приводит к низкому извлечению цинка в раствор. На данный момент не существует способа получения цинка высокого качества из вторичного сырья, который

имел бы промышленные масштабы. Пирометаллургическими методами перерабатывают большое количество пылей ЭДП, но при этом производят только неочищенный черновой оксид цинка. Кроме того, пирометаллургические процессы не являются окончательной стадией производства марочного цинка и требуют дополнительных операций (чаще всего гидрометаллургических) для получения качественной товарной продукции [3].

Одним из перспективных вариантов переработки вторичных цинксо-держающих материалов является аммиачно-хлоридное выщелачивание. Данный метод обеспечивает селективное извлечение цинка в раствор и концентрирование железа в кеке. Главной проблемой выделения цинка из растворов остается подбор условий, которые удовлетворяли бы получению компактного цинка высших марок. Важную роль в процессе электроэкстракции играет подбор материалов для изготовления анодов и катодов, т.к. использование традиционного (свинцово-серебряного) анода практически невозможно из-за его нестойкости в результате чего происходит загрязнение растворов и товарного цинка. Для решения этой задачи необходимо подобрать альтернативные материалы для изготовления электродов, используя сплавы свинца с добавкой различных легирующих элементов.

Библиографический список

1. Recycling of galvanized steel scrap for use in cast iron melting in induction melting facilities, Leushin I. O., Subbotin A. Yu., CIS Iron and Steel Review, 2015 № 1.Р. 19 – 22;
2. Сборник докладов четвертой международной конференции «Металлургия-интехэко-2011» [Электронный ресурс] Исследования и разработка технологии по удалению примесей из вельц окиси, полученной после переработки пылей электродуговых печей (ЭДП). Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6214767/page:14/>, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращения 12.12.2018.
3. Современное состояние технологий выщелачивания вылей чёрной металлургии и продуктов их пирометаллургической переработки. [Текст] / С.А. Якорнов, А. М. Паньшин, П.А. Козлов, Д.А. Ивакин, // Цветные металлы. 2017. – № 5. – С. 37 – 42.

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НЕФТЕБАЗ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

С.Г. Дьячкова¹ А.Я. Рыбкин², А.Ю. Сотников³

¹ д.х.н., зав.кафедрой химической технологии, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИ-ТУ», г. Иркутск, e-mail: dyachkova@istu.edu

² зам ген. директора по ТСР АО «Саханефтегазсбыт». ray@sng.ru

³ студент гр. ХТМ-18, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: alexsootkin@mail.ru

Мониторинг содержания органических соединений в почве рабочей зоны нефтебаз проводили 2014-2018 гг. Объектами проведения мониторинга загрязнения почвы являлись четыре нефтебазы АО «Саханефтегаз-сбыт» (Республика Саха (Якутия). Нефтебазы расположены в в двух климатических зонах: в сибирской области субарктического пояса - «Усть-Куйгинская нефтебаза» (поселок Усть-Куйга, Усть-Янского района), «Белогорская нефтебаза» (поселок Белая Гора Абыйского района) и в континентальной восточносибирской области умеренного пояса - «Томмотская нефтебаза» (г. Томмот) и «Сангарская» (п. Сангар, Кобяйского улуса). Все исследуемые нефтебазы близки по номенклатуре и объему перевалки нефтепродуктов (НП). Нами впервые изучен качественный и количественный состав нефтепродуктов в почве промышленной зоны нефтебаз. Пробы почвы для анализа отбирали на основных интенсивно-загрязненных участках нефтебаз (возле эстакады, нефтесклада и котельной). Обязательными объектами мониторинга являлись фоновые пробы почв, отобранные на малозагрязненных территориях предприятий (возле операторной, административно-хозяйственных зданий). Впервые методами ХМС, ГЖХ, ИК спектроскопии и гравиметрически проведен комплексный качественный и количественный анализ загрязнителей почвы НБ. В образцах почвы были идентифицированы алифатические, ароматические, полиароматические и гетероатомные соединения. Отмечено значительное содержание в почве полициклических ароматических углеводородов. Установлено, что среднее суммарное содержание ПАУ (мкг/кг) в почве рабочей зоны нефтебаз изменяется в зависимости от климатического районирования. Присутствие в составе загрязнителей почвы хиноидных структур, показывает на окислительные процессы ПАУ в природных условиях. Содержание органических загрязнителей (ОЗ) в почвах всех исследуемых объектов колеблется в пределах 27000- 61000 мг/кг и очень дифференцированно внутри территории одной нефтебазы. Уровень загрязнения в целом зависит от величины природной составляющей органического вещества почв. На исследуемых объектах содержание органического вещества в фоновой пробе составляло от 735 до 1234 мг/кг. Поэтому вариации в выходе экстрактов во всех изученных пробах объясняются не только величиной содержания НП в почвогрунтах, но и колебаниями в количестве органического вещества почв, т.е. неоднородностью природного фона.

Выявлена дифференцированность загрязнений на территории НБ, что имеет практическое значение как для выбора участков и методов очистки, так и для минимизации затрат на ее проведение. Содержание ОЗ в почвах всех исследуемых объектов находится в пределах 27000- 61000 мг/кг и колеблется в зависимости от места отбора. Суммарные показатели

загрязнения почвы (Z_c) исследуемых нами нефтебаз, лежат в области 24-60, что по шкале степени опасности загрязнения соответствует умеренно-опасной.

Полученные результаты позволили провести расчет выбросов вредных веществ, мигрирующих с загрязненных участков почвы, моделирование уровней загрязняющих веществ в воздухе и в зоне его влияния, определение приоритетных загрязнителей для организации многофакторного мониторинга объектов окружающей среды в республике Саха(Якутия).

СПОСОБ СОКРАЩЕНИЯ ОБЪЕМОВ МЕЖФАЗНОЙ ВЗВЕСИ

В.А.Матюшина¹, О.Б.Колмачихина²

¹ студент гр.НМТМ-182211 ИНМиТ ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург, (Россия), e-mail: 11vika13@mail.ru

² к.т.н., старший преподаватель кафедры металлургии цветных металлов ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: o.b.kolmachikhina@urfu.ru

В настоящее время для производства цветных металлов все шире применяется гидрометаллургия, так как технологии без применения печей гораздо экологичнее, нет необходимости использовать топливо, строить громоздкие и сложные системы пыле- и газоочистки. Для переработки отвалов, бедных, окисленных медных руд применение технологий, включающих пирометаллургическую переработку, зачастую экономически не оправдано. Для подобного сырья наиболее эффективной можно считать технологию SX-EW (выщелачивание – жидкостная экстракция – электроэкстракция), которая позволяет из сложного сырья с низким содержанием металла получить катодную медь за малое количество переделов. Тем не менее, эта технология имеет свои недостатки. [1,2]

Одним из существенных недостатков процесса SX-EW является образование во время экстракции слоя межфазной взвеси между экстрагентом и раствором. Наличие слоя межфазной взвеси резко снижает площадь и эффективность контакта экстрагента и медесодержащего раствора, а также вбирает в свой объем большое их количество. Межфазную взвесь периодически откачивают из реактора, что увеличивает потери экстрагента и ценного металла. Образование больших объемов межфазной взвеси, которые необходимо складировать, повышает экологическую нагрузку и риск возникновения пожаров, т.к. в составе экстрагента присутствует керосин. [3]

Чтобы сократить количество межфазной взвеси, выводимой из процесса и требующей хранения, в мы решили применить один из методов разделения суспензий – центрифугирование. Этот метод позволил уплот-

нить твердые частицы межфазной взвеси и выделить экстрагент в отдельную фазу [4,5]. Выделенный экстрагент возможно вернуть на операцию экстракции (рисунок 1). В качестве рабочей центрифуги использовали лабораторную осадительную центрифугу марки MPW-310. Максимальный фактор разделения равен 48 g. Варьировали скорость и продолжительность вращения.

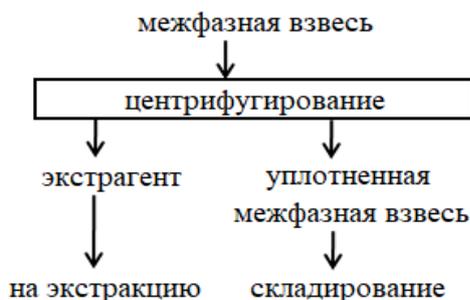


Рисунок 1 – Схема переработки межфазной взвеси

В результате проведения серии опытов с применением центрифугирования получили значения распределения органической фазы (экстрагента) и твердой фазы (уплотненной межфазной взвеси). Установили соотношение фаз, на которое дальнейшее изменение параметров центрифугирования практически не влияет. Такое соотношение можно наблюдать при следующих параметрах: продолжительность центрифугирования 15 мин, скорость вращения 3000 об/мин; 10 мин, 4000 об/мин; 5 мин, 5000 об/мин соответственно. Максимальная степень разделения жидкой и плотной фаз составила порядка 43:57, а оптимальная – 41:59.

На основании проведения исследований, можно сделать вывод, что центрифугирование значительно ускоряет процесс разделения фаз даже такого сложного материала с близкими значениями плотностей, как межфазная взвесь, но не изменяет поверхностное натяжение частиц межфазной взвеси. Простое центрифугирование хоть и позволяет вернуть в оборот часть экстрагента и сократить объем межфазной взвеси, но не решает проблемы хранения остатка центрифугирования. Дальнейшее направление исследований – разрушить межфазную взвесь введением ПАВ.

Библиографический список

1. Вольдман Г.М. Теория гидрометаллургических процессов / Г.М. Вольдман, А.Н. Зеликман. – Москва: Интермет Инжиниринг, 2003. – 464 с.
2. Меретуков М.А. Процессы жидкостной экстракции и ионообменной сорбции в цветной металлургии / М.А. Меретуков. – Москва : Металлургия, 1978. – 120 с.
3. Процессы и аппараты цветной металлургии / под ред. С.С. Набойченко. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2005. – 700 с.
4. Разделение суспензий в химической промышленности / Малиновская Т.А. [и др.]. – М. : Химия, 1983. – 264 с.

5. Тураев Н.С. Химия и технология урана / Н.С. Тураев, И.И. Жерин. – М. : ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407 с.

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Д.А. Бегунов,¹ Л.А. Бегунова²

¹студент гр. АТБп-16-1, ИВТ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», e-mail: danilabegunov@gmail.com

² к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск, e-mail: lbegunova@mail.ru

В настоящее время к основным природоохранным проблемам Байкальского региона относится отсутствие отвечающих требованиям экологического законодательства полигонов сбора твердых коммунальных отходов (ТКО). С увеличением численности населения, развитием экономики и повышением жизненного уровня увеличивается объем образования отходов производства и потребления. Соответственно увеличивается и нагрузка на территории, прилегающие к промышленной площадке полигонов. Согласно статистическим данным в Иркутской области на каждого жителя образуется минимум 270 кг. отходов в год. Если принять во внимание численность населения в области 2404000 человек, общий тоннаж отходов равен минимум 650 тысяч тонн, которые необходимо утилизировать. Отсутствие системы раздельного сбора образующихся отходов производства и потребления в Иркутской области является причиной опасного загрязнения всех компонентов окружающей среды, значительного эколого-экономического ущерба, и представляющего реальную угрозу уникальной экосистеме оз. Байкал, а отсутствие налаженной системы мониторинга говорит о необходимости изучения параметров техногенной нагрузки и определения воздействия на компоненты окружающей природной среды при эксплуатации полигонов твердых коммунальных отходов [1].

Согласно данным существующая на сегодняшний день на территориях муниципальных образований схема санитарной очистки сложилась в конце прошлого века и не позволяет обеспечить предоставление населению полного набора услуг по сбору, транспортированию и захоронению/размещению ТКО. На территории Иркутской области только в 12 муниципальных образованиях расположены объекты размещения ТКО (полигоны), что составляет 28,5% обеспеченности объектами для санкционированного размещения отходов. По состоянию на 1 ноября 2016 года в области насчитывается около 250 организаций, имеющих лицензию по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию отходов I-IV классов опасности. На территории Иркутской области отсутствуют мусоросортировочные и мусороперерабатывающие комплексы, мусоросорти-

ровочные станции и межмуниципальные центры по обращению с отходами. В 2016 году субъектами РФ разработаны и утверждены территориальные схемы обращения с отходами. В настоящий момент регионы выбирают региональных операторов по обращению с твердыми коммунальными отходами и устанавливают единый тариф на услуги по обращению с отходами в отношении выбранного регионального оператора. [2].

Актуальность данной тематики подтверждается так же постоянным приростом населения, и, как следствие, ростом объемов образующегося мусора, в результате чего в тело полигона и, соответственно прилегающие территории попадает огромное количество различных по классу опасности наименований отходов, в том числе химические источники тока, органические вещества, тяжелые металлы и другие опасные отходы. Значительное загрязнение тяжелыми металлами свалочных грунтов на полигонах Байкальского региона происходит из-за разложения захороненных химических источников тока (ХИТ). Под воздействием коррозионных фильтративных вод подвергаются разрушению внешние элементы (корпус), затем составляющие электродов. Именно выщелачивание электродов, представляет собой основную опасность для окружающей среды [3]. В Байкальском регионе отсутствует система раздельного сбора опасных отходов у населения. В результате чего, ХИТ и другие опасные отходы попадают на полигоны ТБО.

Библиографический список

1. Комплексное устойчивое управление отходами. Жилищно-коммунальное хозяйство: учебное пособие / О.В. Уланова и др.; под общ. ред. О.В. Улановой. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 520 с.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ред. от 29.12.2014 г.) (с изменениями от 03 июля 2016 г.)
3. Problem of landfilling environments pollution by heavy metals. V.G. Zilenina, O.V. Ulanova, L.A. Begunova. IPDME 2017 IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 042028 doi:10.1088/1755-1315/87/4/042028.

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Т.И. Сысоева¹, И.А. Сысоев², А.С. Суханов³, Н.А. Шамарова⁴

¹ аспирант, ассистент кафедры УПП, инженер ИТЦ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», e-mail: ziminati@istu.edu

² к.т.н., в.н.с. ИТЦ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», e-mail: ivansys@istu.edu

³ студент гр. ИЭМ-18-1, инженер ИТЦ, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», e-mail: baizile94@gmail.com

⁴ техник кафедры электроснабжения и электротехники, e-mail: nat196508@mail.ru

Известно, что тепловой баланс алюминиевого электролизера предусматривает отвод значительного количества высокотемпературных технологических газов. Необходимость охлаждения их перед очисткой обусловлена стремлением снизить физические объемы очищаемых газов и обеспечить работоспособность и долговечность газоочистного оборудования. Кроме этого, рукавные фильтры, все более широко применяющиеся в последние годы в технологии газоочистки, имеют жесткие ограничения по температуре очищаемых газов. Эксплуатация фильтровальных тканей, выдерживающих температуру очищаемых газов до 240 – 260°С, значительно увеличивает стоимость газоочистки в сравнении с фильтровальными тканями с более низким «температурным» порогом.

Одним из самых эффективных решений для охлаждения тепла газов является применение теплообменных аппаратов [4, 5, 6]. Способ не лишен недостатков, т.к. требует технического обслуживания и использования дополнительного оборудования (водяной трубопровод, теплообменный контур, измерительное оборудование и др.). Преимуществом данной технологии является рекуперация тепловой энергии, что позволяет добиться большей энергоэффективности производства за счет: нагрева воды на производственные нужды, производства электроэнергии, предварительного нагрева сырья [7]. В конечном итоге, эффективность применения теплообменников должна оцениваться с позиции капитальных и эксплуатационных затрат [8, 9].

С целью повышения энергоэффективности производства алюминия был разработан и смонтирован экспериментальный теплообменный аппарат (ЭТА). В последствии ЭТА был встроен на постоянной основе в существующую сеть газоходов в составе 8-ми электролизеров РА-550 опытно-промышленного корпуса электролиза ООО «РУСАЛ Саяногорск». После монтажа оборудования системы функциональной автоматизации были организованы опытные испытания. Регистрация аэродинамических и тепловых параметров электролизных газов и воды производилась автоматически на входе и, соответственно, на выходе из ЭТА, в местах размещения соответствующих датчиков функциональной автоматической системы. Данные измерений поступали на шкаф управления, расположенный в корпусе газоочистки. Результаты измерений записывались на внешний носитель информации.

Опытные испытания теплообменного аппарата проводились в течение 44 часов в следующей последовательности:

– подача воды в трубопровод ЭТА;

- визуальная проверка отсутствия течи в трубопроводах;
- перенаправление потока электролизных газов вручную посредством шибера из обводного газохода (байпас) в газоход ЭТА;
- визуальная проверка герметичности газоходов;
- стабилизация температуры и аэродинамики потока и режима теплообмена между газом и теплоносителем (не менее 1 часа);
- регистрация результатов измерений в течение всего периода испытаний.

Для обеспечения стабильности процесса охлаждения газов и во избежание аварийной ситуации дополнительно контролировался объем подводящей охлаждающей воды.

В ходе испытаний было определено, что выход теплообменного аппарата на рабочий режим произошел в течение 30 минут. Средняя температура анодного газа перед входом в теплообменный аппарат составила 107,4°C, при максимально зафиксированном значении 117,5°C. Разница температур газа на входе и на выходе из ЭТА в среднем составила 43°C, достигая максимального значения в 49,7°C. Температура воды на входе в ЭТА составляла в среднем 21°C, а на выходе 38°C. Объем воды поступающий в ЭТА изменялся в пределах 11-11,5 м³/час. Общий объем технологических газов при НУ поступающих в ЭТА составил 73129 м³/час, что соответствует проектной производительности теплообменника 76000 м³/час.

В результате опытных испытаний можно сделать вывод, что ЭТА напрямую не влияет на экологические характеристики газопылевого потока, однако позволять применять менее дорогостоящие рукавные фильтры. Кроме того, теплообменный аппарат позволил существенно снизить температуру и физический объем анодных газов. На входе в ЭТА при 107 °C объем газов составил 108874 м³/час, а на выходе из ЭТА при 64,1 °C объем газов был 96860 м³/ч. Таким образом, разница в физическом объеме газа составила более 10%, что положительным образом влияет на нагрузку тягодутьевого оборудования ГОУ, и как следствие позволит повысить ресурс дымососов.

Библиографический список:

1. Ножко С.И., Турусов С.Н., Никитин В.И. Технологический подход к управлению энергетическим режимом электролизера // Цветные металлы. 2006. № 8. С. 85-87.
2. Николаев В.Н., Кондратьев В.В. Разработка технологии интенсификации процессов газоудаления и газоочистки алюминиевого производства // Сб. трудов Международных научных чтений «Белые ночи - 2012». - Киев, 5-8 июня 2012г. - С. 361-371
3. Кондратьев В.В., Шахрай С.Г., Жуков Е.И., Винокуров М.В. Повышение эффективности газоулавливания в рабочей зоне электролизе-

ров с предварительно обожженными анодами с силой тока свыше 300кА // Экология и промышленность России, №7, 2012г., С. 8-11.

4. Кондратьев В.В., Николаев В.Н. Современное состояние проблемы охлаждения эвакуируемых газов на металлургических производствах // Наука, техника, инновации. Сборник статей II Международной научно-технической конференции. Брянск, 2015. С. 41-49.

5. Кондратьев В.В., Николаев В.Н., Карлина А.И. Моделирование и лабораторные испытания высокоэффективного теплообменника с низким статистическим сопротивлением // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. № 2 (46). 2015, С. 80-83.

6. Шамарова Н.А. Теоретические аспекты понятия энергоэффективность // Инновационная наука. 2015. № 11-1. С. 186-188.

7. Чемезов А.В., Яхина Е.Р., Шамарова Н.А. К вопросу определения понятия «энергоэффективность» // Вестник Иркутского

8. Kondrat'ev V., Govorkov A., Lavrent'eva M., Sysoev I., Karlina A.I. Description of the heat exchanger unit construction, created in IRNITU // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 19. С. 9979-9983.

9. Сысоев И.А., Кондратьев В.В., Горовой В.О., Зими́на Т.И. Лабораторные испытания кожухотрубчатого теплообменного устройства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. Т. 20. № 12. С. 155-164.

10. Сысоев И.А., Кондратьев В.В., Колмогорцев И.В., Унагаев Е.И., Зими́на Т.И. Оптимизация конструкции теплообменных элементов при проектировании теплообменного устройства // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 4. С. 118-124.

СЕКЦИЯ № 5
ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

КИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ ИЗ
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ГРАВИОКОНЦЕНТРАТОВ

В.В. Жмурова¹, А.Г. Абдусаломов²

¹ Старший преподаватель кафедры металлургии и цветных металлов, ИрННТУ, e-mail: v_pichugina@list.ru

² студент гр. МЦм-18, ИрННТУ, e-mail: abdusalomov.95@inbox.ru

Гидрометаллургическая технология переработки богатых золотосодержащих концентратов «золотой головки»

На примере богатого гравитационного золотосодержащего концентрата («золотой головки») Холбинского рудника ОАО «Бурятзолото» показаны результаты исследований по разработке новой гидрометаллургической технологии с применением азотнокислого выщелачивания примесей из исходной «золотой головки» и последующей плавкой полученного кека. Внедрение данной технологии позволит устранить трудоемкие операции обжига и плавки со свинцом, исключить выделение токсичных газов, сократить потери благородных металлов (на 2–3 %) и снизить затраты на переработку «золотой головки» в два раза.

В зависимости от состава перерабатываемой исходной руды, данный гравитационный концентрат содержит следующие минералы: сульфиды (пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит и др.), техногенный скрап (металлическое железо, свинец, медь) и оксиды железа, кремния, алюминия — до 50 %. Массовая доля золота в ЗГ, как правило, составляет 1–10 %. Данный концентрат является весьма упорным для цианирования, поскольку золото сравнительно крупное и находится в тесной ассоциации с сульфидами и кварцем [1, 2].

Результаты опытов азотнокислого выщелачивания проб «золотой головки» и плавки полученных кеков показали следующее.

1. Возможность для «Холбинского» рудника исключить трудоемкие и высокотемпературные операции обжига, плавки на веркблей и купелирования, тем самым предотвратить выделение токсичных газов обжига и плавки со свинцом.

2. Повысить извлечение благородных металлов в слиток за счет существенного снижения (в два раза для пробы № 1 и в пять раз для пробы № 2) массы проплавленного продукта (кека), уменьшения, соответственно,

количества шлаков и исключения промпродуктов: «боя» капелей и кирпичей. Ожидаемое повышение извлечение благородных металлов — 2–3 %.

3. В процессе АКВ «золотой головки» происходит выщелачивание серебра до 8 %. Чтобы снизить извлечение серебра в раствор, разработаны и предложены условия АКВ. При этом извлечение серебра в раствор снизилось почти в 30 раз.

4. После плавки высушенных кеков от АКВ «золотой головки» пробы № 1 с применением известной шихты (сода, бура, кварц) получен сплав с суммарной массовой долей золота и серебра 90 %. А после плавки кеков от АКВ «золотой головки» пробы № 2 с применением экспериментальной шихты получены сплавы с суммарной массовой долей золота и серебра 95–99 %.

5. Значительное количество галенита в ЗГ приводит после АКВ к заметному переходу свинца в товарный золотосеребряный сплав, что снижает качество готового продукта. В процессе исследования определены условия и подобрана шихта для плавки кека, содержащего до 25 % свинца, с получением золотосеребряного сплава с суммарной массовой долей золота и серебра 95–99 %.

6. Исследования по азотнокислородному выщелачиванию ЗГ (проба № 2) показали, что достаточно полное разложение пирита (более 97 %) достигается при выщелачивании раствором азотной кислоты с концентрацией 500–550 г/л (см. табл.). Это связано с тем, что пирит (более 90 %) находится в сравнительно крупном классе (минус 0,5 + 0,25 мм) и для его разложения требуются более жесткие условия.

Биографический список

1. Metallurgy of noble metals: textbook. Kn. 1 /Ю.А. Котляр [и др.]. – М., МИСИС: Издательский дом «Руда и Металлы», 2005. – 432 с.

2. Патент РФ № 1649815 МКИ С22В 11/02. Способ извлечения благородных металлов из гравитационных концентратов /С.В. Баликов, Н.А. Дубинин, А.П. Манохин (Россия) - № 4749419/02; Заявл. 11.10. 1989. (Авторское свидетельство СССР переоформлено на патент РФ и зарегистрировано в Государственном реестре изобретений 13 апреля 1993 года).

3. Патент РФ № 2457263 МКИ С 22 В 11/00. Способ переработки сульфидных концентратов, содержащих благородные металлы /А.И. Карпухин. - № 2011112735/02; Заявл. 01.04.2011; Опубли. 27.07.2012, Бюл. №21.

4. <https://zolotodb.ru/articles/mining/extraction>

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КОМБИНИРОВАННОЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПЕРЕГОРОДКИ (арт. 56038 и арт. 56159)

А.Е.Лазарева¹.В.И.Саламатов²

¹ студентка гр МТбп-18-1, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск.

² к.т.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г. Иркутск. e-mail: salamatov_52@mail.ru

Обезвоживание технических суспензий на фильтрах не всегда позволяет получить качественные фильтраты в отношении содержания дисперсных частиц. Это имеет большое значение, когда фильтрат содержит ценное растворенное вещество. В таких случаях проводят осветлительное фильтрование. В качестве фильтрующей перегородки может быть использована синтетическая комбинированная перегородка, состоящая из лавсановой фильтроткани арт.56038 (подложка) и капроновой фильтроткани арт.56159 (основа). В работе исследованы условия, определяющие продолжительность эксплуатации такой перегородки (жизненный цикл).

Фильтрующие свойства комбинированной перегородки оценивались при осветлении малоцентрированных суспензий гравиконоцентрата Коммунаровской ЗИФ с содержанием дисперсных частиц 3 г/дм³.

Срок службы (жизненный цикл) фильтрующей перегородки может быть задан следующим выражением:

$$T_{\text{ср.сл.}} = T_{\text{осн.}} + T_{\text{рег.}}$$

где $T_{\text{осн.}}$ - основной период в эксплуатации перегородки;

$T_{\text{рег.}}$ - период эксплуатации перегородки, связанный с ее регенерацией;

Основной период эксплуатации определяется способностью перегородки противостоять засорениям (зернистым, мажущим, гелеобразным, органическим, цементирующим), которая оценивается значением адгезии частиц дисперсной фазы к волокнам фильтротканей, составляющих перегородку. Для подложки лавсановой ткани арт.56038 коэффициент засоряемости составил 0.400, а для основной капроновой ткани арт.56159 соответственно 0.230. Таким образом продолжительность основного периода перегородки задается сроком эксплуатации наиболее засоряемой ткани арт.56038. Окончанию основного периода соответствует такая величина производительности фильтра, которая становится экономически невыгодной.

Последующая эксплуатация перегородки требует восстановления ее проницаемости. В процессе осветления поры тканей забиваются частицами, со временем в них формируются цементирующие отложения. В работе для восстановления проницаемости перегородки был применен метод обработки поверхности острым паром.

В ходе исследований было установлено, что фильтрующая перегородка быстрее теряет свою механическую прочность, чем проницаемость. Анализ процесса осветления показал, что это является следствием исполь-

зования способа экипировки рам с применением прошивных полос. Был рекомендован способ экипировки с помощью струбцин.

На жизненный срок фильтрующей перегородки большое влияние оказывает химический состав жидкой фазы суспензии, в частности концентрация известковой щелочи. В работе было изучено влияние щелочи в интервале концентраций от 0.03 до 0.01% . Установлено, что с увеличением концентрации щелочи наблюдается образование цементирующих отложений и снижение срока службы фильтрующей перегородки.

Библиографический список

1. Саламатов В.И., Головачев С.Н., Горнов Ю.Н. Жизненный цикл фильтрующих перегородок //Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений.2016. №2(55).С.88-95.

2. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. М.:Изд-во МГТУ, 2006. Т.1. 415с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ДЕЙТЕРООБМЕНА КРАСНЫХ ШЛАМОВ

В.И.Саламатов¹, А.Е.Кочмарева²

¹к.т.н. доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов, ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г.Иркутск – mail: salamatov_52@mail.ru

²студентка гр. МТбп-18-1. ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», г.Иркутск

Проведение реакции дейтерообмена на образцах красного шлама позволяет выявить возможность изотопного обмена для таких сложных минералогических систем. Реакция дейтерообмена протекает при температуре фазового перехода жидкость-газ. В результате чего происходит обмен легких атомов протия на тяжелые атомы дейтерия в структуре образца.

В качестве образцов были выбраны красные шламы АО «Алюминий Казахстана» (Павлодарский алюминиевый завод).

Для проведения эксперимента брали навеску красного шлама 1 грамм на 50 мл тяжелой воды D₂O. Смешивали эти продукты в колбе. Сверху устанавливали холодильник. Процесс дейтерирования (кипячение в тяжелой воде) может продолжаться от нескольких часов до нескольких дней. Пробы отбирались через равные промежутки времени

Для оценки результатов исследования использовались инфракрасные спектры красного шлама, полученные как для недейтерированного, так и для дейтерированного красного шлама. ИК-спектры исходного красного

шлама имеют множество полос поглощения в инфракрасной области излучения. Более однозначно интерпретируется природа полос в области ИК-спектра от 4000 до 3000 см⁻¹.

Анализ ИК-спектров красных шламов, подвергнутых дейтерированию, показал, что уже после 2-х часов области OD-колебаний появились полосы поглощения. Это свидетельствует о наличии в структуре шламов таких минералов гидроксогруппы, которые способны замещаться дейтерогруппами. Для дейтерообмена красного шлама наблюдается так называемый предел насыщаемости, когда при дальнейшем увеличении времени дейтерирования интенсивность полос поглощения не меняется. Для исследованных красных шламов такой предел наступает по истечению 18 часов ведения процесса дейтерирования.

Таким образом, в ходе исследования эффекта дейтерообмена красных шламах АО «Алюминий Казахстана» установлена способность дейтерообмена его гидроксилсодержащих структурных составляющих.

Библиографический список

1. Ни Л.П., Халяпина, О.Б. Физико-химические свойства сырья и продуктов глиноземного производства.- Алма-Ата.1978, - 353с.
2. Копылова Е.А., Ни. Л.П. Инфракрасная спектроскопия в исследованиях процессов глиноземного производства.- Алма-Ата.1987, - .256с.
3. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. — 175 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА НА БАЗЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «КС ГОК».

Ю.Д. Грищенко¹

¹магистрант гр. ПСУМ17-1, «ИРНТУ», г. Иркутск,
e-mail: yulian.metal.95@mail.ru

На Кимкано-Сутарского месторождении выпускается магнетитовый концентрат с содержанием железа $Fe_{\text{общ}} = 65,8\%$. Обогащение железорудного концентрата требует тонкий помол и мокрую магнитную сепарацию измельченного продукта, далее производится фильтрование, которое обеспечивает получение концентрата влажностью 10%. При осуществлении железнодорожных перевозок в зимнее время необходимо сушить концентрат, предотвращая его смерзание в вагонах [1].

В настоящее время разрабатывается технология сушки концентрата крупностью 98% класса менее 0,044 мм до влажности, допускающей перевозку без смерзания [2].

Для сушки концентрата применяются сушильные барабаны, работающие при непосредственном контакте высушиваемого материала и теплоносителя. В качестве теплоносителей используют воздух, инертные и дымовые газы. Для сушки большого количества материала с производительностью до 140 т/час применяют, как правило, барабанные сушильные агрегаты с прямой подачей теплоносителя на концентрат. В этом случае обеспечиваются минимальные теплотери, не превышающие 5% для футерованных барабанов при температуре газов, достигающей 150°С [3].

Для выбора конкретных размеров и параметров работы сушильного барабана проведены экспериментальные исследования сушки Кимкано-Сутарского магнетитового концентрата и на их основе выполнен тепло-технический расчет [4].

Влажность материала определялась по методике ГОСТ 8735-08. Навеску концентрата массой 1000г насыпают в противень и сразу же взвешивают, а затем высушивают в этом же противне до постоянной массы. Влажность концентрата (W) в процентах вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m} * 100, \quad (1.1)$$

Где: m – масса навески в состоянии естественной влажности, г;
m₁ - масса навески в сухом состоянии, г.

Для определения насыпной плотности также была использована методика по ГОСТ 8735-08. Насыпную плотность концентрата (ρ) в кг/м³ вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (1.2)$$

где m - масса мерного сосуда, кг;
m₁ - масса мерного сосуда с концентратом, кг.
V - объем сосуда, м³.

В результате исследования были получены следующие результаты:

- насыпная плотность сухого концентрата (W = 2,5%) - 2,2 т/м³;
- насыпная плотность влажного концентрата при (W = 10%) - 1,36 Т/м³,
- угол естественного откоса сухого концентрата — 33 град;
- угол естественного откоса при влажности концентрата 10% - 39 град.

Испытания проводились на нескольких уровнях температуры окружающего воздуха. По полученным результатам построен график, представленный на рис.1.1.

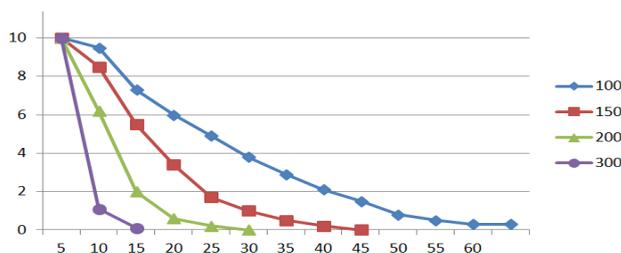


Рис. 1.1 – Кинетика сушка материала в лабораторной установке при различных температурах теплоносителя, °С

Анализ данных показывает, что удаление влаги из Кимкано-Сутарского концентрата имеет экспоненциальный характер. Экстраполяция данных на среднюю расчетную температуру и использованием физической модели определено, что в промышленном барабане с внутренним диаметром 3,5 м время сушки материала при средней температуре газов 600°C составляет 30 мин. При этом товарный продукт будет иметь влажность не более 2,5%.

На основании этих данных был произведен расчет характеристик сушильных барабанов, наиболее вероятных параметров процесса сушки и разработана автоматизированная система управления технологическим процессом.

Библиографический список

1. Пояснительная записка 200.08 - ПР.ПЗ;
2. Технологический регламент по разработке технологии переработки железных руд Кимкано - Сутарского месторождения (договор №195-06/СП).
3. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия, 1970.
4. Лыков А.В. Теория сушки, М., «Энергия», 1968 г., 472 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| СЕКЦИЯ № 1 ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ | 3 |
| ВИДЫ ФЛЮСОВ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА А.А. Тимофеев ¹ , М.П. Кузьмин ² | 3 |
| НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛЮСОВ В МЕТАЛЛУРГИИ АЛЮМИНИЯ С.А. Шумилов ¹ , А.А. Тимофеев ² , М.П. Кузьмин ³ | 5 |
| АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПОДИНЫ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА А.А. Горлова ¹ , О.В. Згербач ¹ , Г.В. Галевский ² | 7 |
| РАЗРАБОТКА И АТТЕСТАЦИЯ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРЕДПРИЯТИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ А.В. Таскина ¹ , Н.В. Немчинова ² | 9 |
| АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ О.Е. Лысенко ¹ , Г.В. Галевский ² | 13 |
| ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМО-ОБРАБОТКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ Г.Н. Черновский ¹ , Г.В. Галевский ² , В.В. Руднева ³ | 15 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ПЕСКА ДЛЯ ЕГО ВОЗМОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ В МЕТАЛЛУРГИИ Е.А. Гусева ¹ , Г.В. Евсюков ² | 17 |
| ПЛАЗМЕННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ Г.Н. Черновский ¹ , Г.В. Галевский ² , В.В. Руднева ³ | 19 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАФИНИРОВОЧНОГО ШЛАКА, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРЕМНИЯ Т.А. Карканица ¹ , Н.В. Немчинова ² | 21 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ БЛОК-СХЕМЫ ПРИ КОРРОЗИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ О.П. Гудкова ¹ , С.В. Садловский ² , Е.А. Анциферов ³ | 23 |
| МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ЦИАНИДА А.А. Козлов ¹ , Н.В. Немчинова ² | 25 |
| МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО СТАЛИ И ЕЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ М.В. Константинова ¹ , В.С. Вологин ² | 29 |
| СВОЙСТВА ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ОКСИДИРОВАНИЕМ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ В СЕРНОКИСЛОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ М.А. Демидов ¹ , М.Ю. Кузьмина ² | 31 |
| ВОЗМОЖНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ В.Г. Ситникова ¹ , М.Ю. Кузьмина ² | 33 |
| ЗАМЕНА ТЕРМИЧЕСКИХ МАССОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ SIERRA 640S НА ТРУБОПРОВОДАХ ПОДАЧИ РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДУ- | |

| | |
|--|----|
| ХА НА ФОРСУНКИ СКРУББЕРА-ОХЛАДИТЕЛЯ ПЛАВИЛЬНОГО АГРЕГАТА Е.Н. Кусаинов ¹ , Н.В. Немчинова ² | 36 |
| КУЧНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ МОЛИБДЕНИТА А.Э. Савелов ¹ , А.А. Васильев ² | 38 |
| ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПЕСКОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СУХИХ БАРЬЕРНЫХ СМЕСЕЙ (ОБЗОР И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ) О.П. Гудкова ¹ , Т.Ч. Нгуен ² , А.А. Яковлева ³ | 40 |
| ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ КАТОДНОГО УСТРОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА Н.В. Немчинова ¹ , А.И. Кобелева ² .. | 42 |
| ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОДИСПЕРСНОГО ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФЕЛИНОВОГО СЫРЬЯ Т.Ю. Никитина ¹ , Е.В. Сизякова ² | 46 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АНОДНОЙ МАССЫ Н.А. Горяшин ¹ , М.С. Ковалев ² , И.О. Дошлов ³ | 48 |
| КВАРЦЕВОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ А.А. Попов ¹ , Н.В. Немчинова ² | 50 |
| ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАСС ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Д.О. Зяблова ¹ , И.О. Дошлов ² | 53 |
| ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Е.А. Гусева ¹ , К.И. Алексеенко ² .. | 55 |
| ПЕРСПЕКТИВА ПЕРЕРАБОТКИ ЗАБАЛАНСОВЫХ ЗОЛОТОСУЛЬФИДНЫХ И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД, И ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КУЧНОГО БИООКИСЛЕНИЯ А.Н. Селезнев ¹ , С.В. Баликов ² , Л.Е. Шкетова ³ | 57 |
| ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОФАЗНЫХ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА А.Д. Колосов ¹ , М.В. Константинова ² | 59 |
| ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА ИЗ ХВОСТОВ ФЛОТАЦИИ УГОЛЬНОЙ ПЕНЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ А.Д. Колосов ¹ , Е.А. Гусева ² | 61 |
| СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФАЗОВОГО СОСТАВА КАМЕРНЫХ ПРОДУКТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ПНЕВНОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ФЛОТАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ШЛАМА А.Д. Колосов ¹ , М.В. Константинова ² | 63 |
| ОЦЕНКА КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ АВТОКЛАВНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ ЗОЛОТА О.В. Лазарева ¹ , Д.Е. Боровых ² | 65 |
| КУЧНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЗОЛОТА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА А.В. Гриженаускас ¹ , А.В. Аксенов ² | 67 |
| ПЕРЕРАБОТКА КАТОДНЫХ ОСАДКОВ ЗОЛОТА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕДИ А.А. Васильев ¹ , А.В. Аксенов ² , Г.Т. Рахимов ³ | 69 |
| ПОЛУЧЕНИЕ ТРИОКСИДА ВОЛЬФРАМА С.С. Бельский ¹ , М.Н. Рыбина ² .. | 71 |

| | |
|---|----|
| ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ КУЧНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УГЛИСТЫХ РУД П.О. Коблова ¹ , Г.И. Войлошников ² , Е.Д. Мусин ³ , В.В. Жмурова ⁴ | 73 |
| ПОЛУЧЕНИЕ ТОВАРНОГО ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОЦИНКСОДЕРЖАЩЕЙ ПЫЛИ А.Е. Патрушов ¹ , Н.В. Немчинова ² , А.А. Тютрин ³ , Д.Н. Чувашов ⁴ | 75 |
| ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИИ В КРЕМНИЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Н.В. Немчинова ¹ , К.С. Бушуев ² | 77 |
| ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НЕФТЯНЫМ ПЕКАМ Н.А. Горяшин ¹ , М.С. Ковалев ² , И.О. Дошлов ³ | 80 |
| МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РУД, ОБЛАДАЮЩИХ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТЬЮ Д.С. Шунин ¹ , А.В. Аксенов ² , А.А. Васильев ³ | 82 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ Д.Ю. Федосеев ¹ , Т.С. Минеева ² | 85 |

| | |
|---|-----|
| СЕКЦИЯ № 2 ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ | 87 |
| МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ Д.Е. Боровых ¹ , К.А. Старичков ² | 87 |
| ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОТАРИФНЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Л.А. Башкирова ¹ , П.Р. Ершов ² | 88 |
| ДОФЛОТАЦИЯ УГЛЕРОДА ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГОЛЬНОЙ ПЕНЫ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА А.А. Беломестнова ¹ , А.В. Никаноров ² | 90 |
| ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ Д.И. Цветков ¹ , А.А. Колодин ² .. | 92 |
| О МЕТОДИКЕ И СРЕДСТВАХ ПОВЕРКИ ОПТИЧЕСКИХ ПИРОМЕТРОВ М.А. Лазуткин ¹ , С.И. Половнева ² | 94 |
| РАЗРАБОТКА СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОЛОННОГО ФЛОТАЦИОННОГО АППАРАТА А.С. Вологин ¹ , В.С. Вологин ² , А.В. Никаноров ³ | 96 |
| ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ ПРИ ФЛОТАЦИИ ШЛАМОВ Д.А. Сокольников ¹ , А.В. Никаноров ² | 98 |
| ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПО КАНАЛУ РАЗРЯЖЕНИЯ В ТОПКЕ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА-РАБОТА ДЫМОСОСА А.А. Подкорытова ¹ , В.Г. Хапусов ² | 100 |
| ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ НА ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИИ «КОСМОДРОМ «ВОСТОЧНЫЙ»» Т.А. Джалилов ¹ , В.М. Салов ² | 102 |
| ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ НА ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИИ «КОСМОДРОМ «ВОСТОЧНЫЙ»» Т.А. Джалилов ¹ , В.М. Салов ² | 104 |
| ВЫБОР МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИИ «КОСМОДРОМ «ВОСТОЧНЫЙ»» Т.А. Джалилов ¹ , В.М. Салов ² | 106 |

| | |
|---|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УРОВНЯ П.О. Сошников ¹ , Д.И. Тюканов ¹ , С.И. Половнева..... | 108 |
| АЭРАТОР ДЛЯ КОЛОННОГО АППАРАТА О.Н. Логинов ¹ , А.В. Никаноров ² | 110 |
| КОМПЛЕКСНАЯ ПОДГОТОВКА ПРИРОДНОГО ГАЗА В БЛОКАХ ПРЯМОТОЧНЫХ ЦИКЛОНОВ С КАМЕРОЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ Е.А. Рудых ¹ , В.К. Левшаков ² , М.И. Аршинский ³ | 112 |
| КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ ПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ТЕРМИЧЕСКИМ КРЕКИНГОМ НЕФТЕШЛАМА НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ СПЛАВЕ Д.В. Медведев ¹ , С.А. Уханев ² , Н.С. Филиппов ² , А.Ю. Сотников ³ , Г.В. Боженков ⁴ , Е.В. Рудякова ⁴ | 114 |
| УПРАВЛЕНИЕ ДРЕНАЖНЫМИ НАСОСАМИ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ ОВЕН ПР-200 М.А. Лазуткин ¹ , П.Р. Ершов ² .. | 116 |
| РАЗРАБОТКА ПО УЧЕБНОГО СТЕНДА «ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ» П.Р. Ершов ¹ , В.К. Левшаков ² | 118 |
| ФОРМА РАЗЛОЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ АСУ ТП Е.Д. Пахомова ¹ , С.И. Половнева ² | 120 |

СЕКЦИЯ № 3 АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ..... 122

| | |
|--|-----|
| ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕСНЫХ ОТХОДОВ Д.А. Олейник ¹ , Т.А. Подгорбунская ² , Ю.А. Айзина ³ | 122 |
| ВОВЛЕЧЕНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ТОВАРНЫЕ ТОПЛИВА Ж.Н. Артемьева ¹ , А.А. Ганина ¹ , А.С. Легина ² , С.Г. Дьячкова ³ | 123 |
| КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕСКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ Т.Ю. Быкова | 125 |
| ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДАЧИ ФЛЕГМЫ НА СОСТАВ ФРАКЦИИ 30-70°С УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ Н.Д. Губанов ¹ , А.В. Урумов ² | 127 |
| ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТИЕВОЙ ПРОДУКЦИИ А.Р. Колесникова ¹ , Ю.А. Айзина ² | 129 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ О.В.Марченко ¹ , С.В.Соломин ² , Р.Г.Копченко ³ ... | 131 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ НЕФТИ МЕТОДАМИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА А.Н. Никитина ¹ , Т.А. Подгорбунская ² , Ю.А. Айзина ³ | 133 |
| ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИЙ С-АМИДОАЛКИЛИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ N-(4-СУЛЬФАМОИЛФЕНИЛ) АЦЕТАМИДОМ И.И. Омелюхина ¹ , А.С. Плотникова ² , Ю.А. Айзина ³ | 134 |

| | |
|--|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ МЕТОДОМ ГЕЛЬ ПРОНИКАЮЩЕЙ ХРОМАТОГРАФИИ Е.В. Прудникова ¹ , А.Ю. Сотников ² , С.Г. Дьячкова ³ | 136 |
| СОКРАЩЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ, УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГОФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОЛУЧАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НА УСТАНОВКАХ АТМОСФЕРНОЙ ТРУБЧАТКИ А.Г. Серганов ¹ , Ю. А. Айзина ² | 137 |
| ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ЛИГНИНА М.А. Савина ¹ , Е.В. Янчуковская ² | 139 |
| ВНУТРЕННЯЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В.И. Мотынга ¹ , Е.В. Янчуковская ² | 142 |
| РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В.И. Мотынга ¹ , Е.В. Янчуковская ² | 143 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ ПРИ ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОХРАНЕНИЙ СВОЙСТВ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ В.И. Гросс ¹ , В.Д. Черепанов ² | 146 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРНО-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ ПРИСАДОК В ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВАХ С.А. Уханев ¹ , Д.В. Медведев ² , А.Ю. Сотников ³ , Д.А. Олейник ⁴ , Е.В. Рудякова ⁵ | 148 |
| 1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ НИТРИЛОКСИДОВ К ПРОПИНАЛЯМ Нгуен Тхи Тху Суан ¹ , И.А. Поп, В.В. Новокшенов ³ , Н.С. Шаглаева ⁴ | 150 |
| УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ ИЧЕДИНСКОЙ НЕФТИ В.В. Коваленко ¹ , Белозерова О.В. ² | 151 |
| ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА НЕФТЯНОГО БИТУМА А.С. Лукин ¹ , В.Д. Черепанов ² | 153 |
| ТЕРМИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ НЕФТЕШЛАМА НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ СПЛАВЕ Д.В. Медведев ¹ , С.А. Уханев ² , Н.С. Филиппов ² , А.Ю. Сотников ³ , Г.В. Боженков ⁴ , Е.В. Рудякова ⁴ | 155 |
| МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ РАСТВОРОВ Н.В. Иринчинова ¹ , Г.Н. Дударева ² , Д.И. Дударев ³ | 157 |
| СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ ХРОМА(VI) НА УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТАХ О.В. Рыбарчук ¹ , В.И. Дударев ² , А.В. Драгуский ³ , Д.И. Дударев ⁴ | 159 |
| СВОЙСТВА ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН Р.Т. Усманов ¹ , Т.Д. Жамсаранжапова ² , С.А. Закарчевский ³ , С.Д. Максименко ⁴ , А.Н. Чеснокова ⁵ | 161 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕФТИ АНАЛИЗАТОРОМ LUMIFuge Ю.А. Добржанская ¹ , О.В. Белозерова ² , Э.В. Шакирова ³ | 163 |

| | |
|--|------------|
| СЕКЦИЯ № 4 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ..... | 166 |
| ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ А.П. Шевчук ¹ , О.Ю. Маковская ² | 166 |
| ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБЕЗМЕЖИВАНИЮ ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ К.Ю. Мальцев ¹ , О.Б. Колмачихина ² | 168 |
| ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО ЦИНКСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ А.А. Кийко ¹ , О.Б. Колмачихина ² , Ю.И. Топоркова ³ | 170 |
| МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НЕФТЕБАЗ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) С.Г. Дьячкова ¹ А.Я. Рыбкин ² , А.Ю.Сотников ³ | 171 |
| СПОСОБ СОКРАЩЕНИЯ ОБЪЕМОВ МЕЖФАЗНОЙ ВЗВЕСИ В.А.Матюшина ¹ , О.Б.Колмачихина ² | 173 |
| ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ Д.А.Бегунов, ¹ Л.А.Бегунова ² | 175 |
| ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА Т.И. Сысоева ¹ , И.А. Сысоев ² , А.С. Суханов ³ , Н.А. Шамарова ⁴ | 176 |

| | |
|---|------------|
| СЕКЦИЯ № 5 ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ..... | 180 |
| КИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ГРАВИОКОНЦЕНТРАТОВ В.В.Жмурова ¹ ,А.Г.Абдусаломов ² .. | 180 |
| ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КОМБИНИРОВАННОЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПЕРЕГОРОДКИ (арт. 56038 и арт. 56159) А.Е.Лазарева ¹ .В.И.Саламатов ² | 181 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ДЕЙТЕРООБМЕНА КРАСНЫХ ШЛАМОВ В.И.Саламатов ¹ ,А.Е.Кочмарева ² | 183 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА НА БАЗЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «КС ГОК». Ю.Д. Грищенко ¹ | 184 |