

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О. Байконурова

Кафедра «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»

Слэмбеков Ә.С.

Разработка установки вибропульсирующего слоя и исследование обжига
сульфида железа FeS

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломной работе

Специальность 5В070900 – Metallургия

Алматы 2019

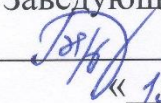
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О. Байконурова

Кафедра «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующей кафедрой МиОПИ
 М.Б. Барменшинова
«15» мая 2019 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломной работе

На тему: «Разработка установки вибропульсирующего слоя и исследование
обжига сульфида железа FeS»

по специальности 5В070900 – Metallургия

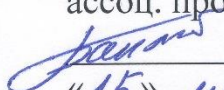
Выполнил

Слэмбеков Ө.С.

Научный руководитель

канд. техн. наук,

ассоц. профессор

 Б.С. Баимбетов
«15» мая 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О. Байконурова

Кафедра «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»



ЗАДАНИЕ на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Сламбеков Әсет Сламбекұлы

Тема: Разработка установки вибропульсирующего слоя и исследование обжига сульфида железа FeS

Утверждена приказом ректора университета № 1113–п от 08 октября 2019 г.

Срок сдачи законченной работы: 23 мая 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: Создание лабораторной установки и ее описание, методика проведения опытов с сульфидом железа FeS в вибропульсирующем слое, термодинамические расчеты, изучение кинетики обжига сульфида железа FeS

Перечень подлежащих разработке в дипломной работе вопросов:

- а) анализ научно-технической и патентной информации;
- б) создание лабораторной установки и ее описание;
- в) методика проведения опытов с сульфидом железа FeS в вибропульсирующем слое;
- г) изучение кинетики обжига сульфида железа FeS ;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): чертеж лабораторного аппарата вибропульсации для перемешивания шихты, чертеж лабораторного аппарата вибропульсации для выщелачивания продуктов обжига и промпродуктов, фотографии установки вибропульсирующего слоя и тигля с навеской материала

Рекомендуемая основная литература: из 7 наименований

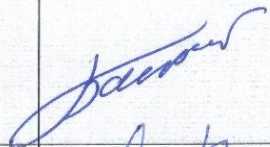
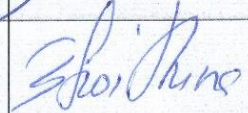
ГРАФИК

подготовки дипломной работы

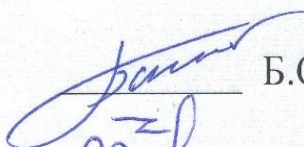
Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Анализ научной и патентной информации	15.01.19-11.02.19	
Создание лабораторной установки и ее описание	12.02.19-13.03.19	
Методика проведения опытов с сульфидом железа FeS в вибропульсирующем слое	14.03.19-26.03.19	
Термодинамические расчеты	27.03.19-08.04.19	
Изучение кинетики обжига сульфида железа FeS	09.04.19-20.04.19	
Исследование распределения ценных компонентов проведенные со смесью концентратов	21.04.19-29.04.19	
Заключение	30.04.19-06.05.19	

Подписи

Консультантов и нормоконтролера к дипломной работе с указанием относящихся к ним разделов работы

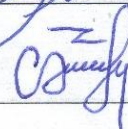
Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Анализ научной и патентной информации	Б. С. Баимбетов канд. техн. наук, ассоц. профессор	15.05.19	
Нормоконтролер	Г.М. Койшина PhD, лектор	06.05.2019	

Научный руководитель



Б.С. Баимбетов

Задание принял к исполнению обучающийся



Ә.С. Сләмбеков

Дата:

«14» январь 2019 г.

ОТЗЫВ

научного руководителя на дипломную работу Слэмбекова Э. С. по специальности 5В070900 – Metallургия, на тему «Разработка установки вибропульсирующего слоя и исследование обжига сульфида железа FeS »

В настоящее время переработка полиметаллического коллективного сырья - это задача, которая требует решения. Разрабатываемая технология переработки сульфидных полиметаллических концентратов решает проблему выброса сернистых газов в окружающую среду и основана на обжиге шихты с добавлением карбонатов натрия и калия при 500 - 700 °С, водного и кислого выщелачивания огарков при температурах 50 - 70 °С и плавки кека с выводом ценных и сопутствующих компонентов в различные продукты.

Дипломная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы.

Во введение обоснована актуальность темы дипломной работы, раскрыты цель и задачи исследования, научная новизна. В первой главе рассмотрен анализ процессов переработки сульфидных полиметаллических материалов. Во второй главе рассмотрена конструкция лабораторной установки окисления сульфидных материалов в пульсирующем слое, описание работы лабораторной установки. В третьей главе описана методика проведения обжига в вибропульсирующем слое. В четвертой главе описана термодинамика реакций окисления сульфида железа FeS . В пятой главе описана кинетика обжига сульфида железа в пульсирующем слое, приведены результаты опытов и выводы. В шестой главе описано исследование распределения ценных компонентов для смеси концентратов, даны расчеты материальных балансов по полученным данным исследования.

Дипломная работа Слэмбекова Э. С. носит законченный характер, соответствует требованиям МОН РК и допускается к защите ГАК.

Считаю, что дипломная работа выполнена на отлично и заслуживает оценку 97 баллов.

Научный руководитель
канд. техн. наук, ассоц. профессор



Б. С. Баимбетов

15.мая 2019 г.



Университет:	Satbayev University
Название:	Разработка установки вибропульсирующего слоя и исследование обжига сульфидов железа FeS и меди Cu ₂ S
Автор:	Слэмбеков Әсет Слэмбекұлы, Кареев Адиль Маратович
Координатор:	Болотпай Баимбетов
Дата отчета:	2019-05-13 10:24:34
Коэффициент подобия № 1: ?	11,5%
Коэффициент подобия № 2: ?	4,6%
Длина фразы для коэффициента подобия № 2: ?	25
Количество слов:	6 479
Число знаков:	45 341
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	29

! К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.
Количество выделенных слов 14

<< Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

№	Название, имя автора или адрес гиперссылки (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов	Удалить отмеченное
1	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	82	
2	URL_ http://www.findpatent.ru/patent/202/2023031.html		58	
3	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	38	
4	URL_ http://www.findpatent.ru/patent/202/2023031.html		34	
5	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	33	
6	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	25	
7	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	25	
8	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	23	
9	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	22	
10	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов Satbayev University (Г_М_И)	Абдикерим Бекзат	22	

<< Документы, в которых найдено подобные фрагменты: из RefBooks

Источник <https://arxiv.org/>

№	Название	Автор	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)	Удалить отмеченное
1	Two-Loop Master Integrals for the mixed EW-QCD virtual corrections to Drell-Yan scattering	(Roberto Bonciani; Pierpaolo Mastrolia; Stefano Di Vita; Ulrich Schubert;)	102 (14)	

<<

Документы,содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Название (Название базы данных)	Автор	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)	Удалить отмеченное
1	Проект цеха переработки сульфидных полиметаллических концентратов <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Абдикерим Бекзат	403 (20)	
2	Дипломная работа Бакитова АБ (1).docx <i>Satbayev University (И_И_В_Т)</i>	Бакитов Асхат Бахытжанович	32 (3)	
3	Переработка цинковых концентратов месторождения «Шалкия» <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Қаблақатов Ермек	21 (3)	
4	Изучение антифунгальных свойств рекомбинантной хитиназы <i>Satbayev University (И_И_В_Т)</i>	Югай Марина Олеговна	21 (2)	
5	Бигаы Дарын.docx <i>Satbayev University (Г_М_И)</i>	Бигаы Дарын	20 (1)	
6	Изучение влияния цеолитных катализаторов на выход α-олефинов при крекинге парафинов <i>Satbayev University (И_Х_И)</i>	Караулова Бахытгуль Казбековна	18 (1)	

<<

Документы,содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

Не обнаружено каких-либо заимствований

<<

Документы,содержащие подобные фрагменты: Из интернета

Документы, выделенные жирным шрифтом, содержат фрагменты потенциального плагиата, то есть превышающие лимит в длине коэффициента подобия № 2

№	Источник гиперссылки	Количество одинаковых слов (количество фрагментов)	Удалить отмеченное
1	URL_ http://www.findpatent.ru/patent/202/2023031.html	99 (3)	
2	URL_ https://metallurgy.zp.ua/plavka-v-otrazhatelnyh-pechah/	16 (2)	
3	URL_ https://www.chemicalaid.com/tools/equationbalancer.php?equation=S+%2B+Na2CO3+%3D+Na2S+%2B+CO2+%2B+O	10 (2)	

Детали отчета подобия

Фрагменты, найденные в документах базы данных отмечены **красным цветом**.
Фрагменты, найденные в интернете отмечены в **зеленый**.
Оранжевым цветом обозначены фрагменты, найденные в базе RefBooks.
Фрагменты, найденные в базе данных Юридических актов отмечены синим фоном.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О. Байконурова

Кафедра «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»

Слембеков Ә.С., Караев А.М.

Разработка установки вибропульсирующего слоя и исследование обжига сульфидов железа FeS и меди Cu₂S

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломной работе

Специальность 5В070900 - Metallurgy

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О. Байконурова

Кафедра «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующей кафедрой МиОПИ

_____ М.Б. Барменшинова

«__» _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающимся: Сламбеков Эсет Сламбекұлы, Караев Адиль Маратович

Тема: Разработка установки вибропульсирующего слоя и исследование обжига сульфидов железа FeS и меди Cu_2S

Утверждена приказом ректора университета №

Срок сдачи законченного проекта: 23 мая 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: Создание лабораторной установки и ее описание, методика проведения опытов с сульфидными железом FeS и медью Cu_2S в вибропульсирующем слое, термодинамические расчеты, изучение кинетики обжига сульфидными железом FeS и медью Cu_2S

Перечень подлежащих разработке в дипломной работе вопросов:

- анализ научно-технической и патентной информации;
- создание лабораторной установки и ее описание;
- методика проведения опытов с сульфидными железом FeS и медью Cu_2S в вибропульсирующем слое;
- изучение кинетики обжига сульфида железа FeS и меди Cu_2S ;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): чертеж лабораторного аппарата вибропульсации для перемешивания шихты, чертеж лабораторного аппарата вибропульсации для выпалачивания продуктов обжига и промпродуктов, фотографии установки вибропульсирующего слоя и тигля с навеской материала

Рекомендуемая основная литература: из 7 наименований

ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов Сроки представления научному руководителю и консультантам Примечание

Анализ научной и патентной информации 15.01.19 - 11.02.19

Создание лабораторной установки и ее описание 12.02.19 - 13.03.19

Методика проведения опытов с сульфидными железом FeS и медью Cu_2S в вибропульсирующем слое 14.03.19 - 26.03.19

Термодинамические расчеты 27.03.19 - 08.04.19

Изучение кинетики обжига сульфидов железа FeS и меди Cu_2S 09.04.19 - 29.05.19

Заключение 30.05.19 - 06.05.19

Подписи

Консультантов и нормоконтролера к дипломной работе с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание) Дата подписания Подпись

Анализ научной и патентной информации **Б. С. Банмбетов** канд. техн. наук, ассоц. профессор

Нормоконтролер Г. М. Койшина доктор PhD

Научный руководитель _____ Б.С. Банмбетов

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Сламбеков Э.С. Задание принял к исполнению обучающийся _____ Караев А.М.

Дата: «__» январь 2019 г.

АННОТАЦИЯ

В дипломной научно - исследовательской работе представлен анализ процессов переработки сульфидных полиметаллических материалов.

Цель работы - разработка установки окисления сульфидных материалов в вибропульсирующем слое, исследование кинетики и механизма окисления сульфидов с солями натрия и калия, для дальнейшей разработки технологии термодинамической переработки полиметаллических сульфидных материалов.

Был проведен термодинамический расчет реакций окисления. Были проведены исследования со смесью концентратов и построены материальные балансы.

По данным проведенных исследований было изучено поведение, скорость и степень окисления обжига сульфидов железа FeS и меди Cu_2S при температуре 550 °C, 600 °C и 650 °C.

АНДАТПА

Дипломдық ғылыми зерттеу жұмыста сульфидті полиметалдық материалдарды өңдеу үрдістеріне талдау жасалады.

Жұмыстың мақсаты - вибропульсирлеуші қабатта сульфидті материалдарды тотықтыруға арналған қондырғыны әзірлеу, полиметалл сульфидті материалдарды термо гидрметаллургиялық өңдеу технологиясын әрі қарай дамыту үшін сульфидтердің натрий және калий тұздарымен тотығуының кинетикасы мен механизмін зерттеу

Тотығу реакцияларының термодинамикалық есебі жүргізілді. Концентраттардың қоспасымен зерттеу жұмыстары жүргізілді және материалдық баланс құрылды.

Жүргізілген зерттеу жұмысының деректеріне сәйкес, темір FeS және мыс Cu_2S сульфидтерінің 550 °C, 600 °C және 650 °C температураларда күйдіру кезіндегі мінез-құлқы, жылдамдығы және тотығу дәрежесі зерттелді.

ABSTRACT

The diploma research paper presents an analysis of the processing of sulfide polymetallic materials.

The purpose of the work is to develop an installation for the oxidation of sulfide materials in a vibrating layer, to study the kinetics and mechanism of the oxidation of sulfides with sodium and potassium salts, for the further development of the technology of thermohydrometallurgical processing of polymetallic sulfide materials.

A thermodynamic calculation of the oxidation reactions was carried out. Studies have been conducted with a mixture of concentrates and built material balances.

According to the research, the behavior, rate, and oxidation state of burning of FeS sulfides and Cu_2S copper at 550 °C, 600 °C and 650 °C were studied.

АННОТАЦИЯ

В дипломной научно – исследовательской работе представлен анализ процессов переработки сульфидных полиметаллических материалов.

Цель работы – разработка установки окисления сульфидных материалов в вибропульсирующем слое, исследование кинетики и механизма окисления сульфидов с солями натрия и калия, для дальнейшей разработки технологии термогидрометаллургической переработки полиметаллических сульфидных материалов.

Был проведен термодинамический расчет реакций окисления. Были проведены исследования со смесью концентратов и построены материальные балансы.

По данным проведенных исследований было изучено поведение, скорость и степень окисления обжига сульфида железа FeS при температуре 550 °С, 600 °С и 650 °С.

АНДАТПА

Дипломдық ғылыми зерттеу жұмыста сульфидті полиметалдық материалдарды өңдеу үрдістеріне талдау жасалады.

Жұмыстың мақсаты - вибропульсирлеуші қабатта сульфидті материалдарды тотықтыруға арналған қондырғыны әзірлеу, полиметалл сульфидті материалдарды термогидрометаллургиялық өңдеу технологиясын әрі қарай дамыту үшін сульфидтердің натрий және калий тұздарымен тотығуының кинетикасы мен механизмін зерттеу

Тотығу реакцияларының термодинамикалық есебі жүргізілді. Концентраттардың қоспасымен зерттеу жұмыстары жүргізілді және материалдық баланс құрылды.

Жүргізілген зерттеу жұмысының деректеріне сәйкес, темір FeS сульфидінің 550°C , 600°C и 650°C температураларда күйдіру кезіндегі мінез-құлқы, жылдамдығы және тотығу дәрежесі зерттелді.

ABSTRACT

The diploma research paper presents an analysis of the processing of sulfide polymetallic materials.

The purpose of the work is to develop an installation for the oxidation of sulfide materials in a vibrating layer, to study the kinetics and mechanism of the oxidation of sulfides with sodium and potassium salts, for the further development of the technology of thermohydrometallurgical processing of polymetallic sulfide materials.

A thermodynamic calculation of the oxidation reactions was carried out. Studies have been conducted with a mixture of concentrates and built material balances.

According to the research data, the behavior, rate, and oxidation state of the roasting of iron sulfide FeS at 550 °C, 600 °C and 650 °C were studied.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	13
1 Анализ процессов переработки сульфидных полиметаллических материалов	15
2 Конструкция лабораторной установки окисления сульфидных материалов в пульсирующем слое	17
3 Методика обжига сульфида железа FeS в реакторе вибропульсирующего слоя	20
4 Термодинамика реакций окисления сульфида железа FeS	22
5 Кинетика обжига сульфида железа в пульсирующем слое	24
6 Исследование распределения ценных компонентов проведенные со смесью концентратов	29
Заключение	33
Список литературы	34

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время переработка полиметаллического коллективного сырья - это задача, которая требует решения. Современные технологии применяемые на заводах направлены на переработку монометаллического сырья, содержащего сравнительно небольшое количество сопутствующих металлов. Но в связи с тем, что месторождения вырабатываются, полиметаллические руды, поступающие на переработку, становятся бедными. Обеспечение заводов монометаллическими концентратами тяжелых цветных металлов требует селекции на стадии флотационного обогащения и соответственно увеличивает количество дополнительных операций очистки, снижает извлечение основного металла. При обогащении флотационным способом процент извлечения ценных компонентов в коллективный концентрат выше по сравнению с селективным. Технология переработки сульфидных полиметаллических концентратов поможет решить вышеприведенную проблему и снизить количество выбрасываемых газов и отходов в окружающую среду.

Технология переработки коллективного концентрата и промпродуктов цветных металлов, проводится на основе обжига шихты с добавлением карбонатов натрия и калия при 500-700 °С, водного и кислого выщелачивания огарков при температурах 50-70 °С и плавки кека-2 с выводом ценных и сопутствующих компонентов в различные продукты. Использование карбонатов натрия и калия позволит связать сернистые газы в прочный сульфат натрия.

Процессы окисления сульфидных концентратов и промпродуктов могут осуществляться в печах КС, барабанных и шахтных печах. В данных печах есть некоторые недостатки, например, в процессе обжига в печи КС наблюдается большой пылевынос, а для обжига в шахтной печи требуется операция гранулирования и сушки шихты. Решением этого может стать создание в слое шихты пульсирующего слоя, в частности вибропульсирующего слоя. Так же для процессов выщелачивания шихты и продуктов обжига используется вибропульсация.

Для создания вибропульсации был разработан электромагнитный вибратор, с помощью которого перемешивалась мелкодисперсная шихта, а для создания вибропульсации в слое пульпы был разработан электромагнитный вибратор иной конструкции.

Исследования обжига проб проводились в лабораторной установке, которую смонтировали на основе блока от дериватографа Q1000 с двумя печами. Для измерения и регулирования температуры в печи модуль был дополнительно оснащен измерителем типа ИРТ 5301 с термопарой ХА. Электропитание печей регулируется тиристорным блоком. Контрольные измерения температуры в реакционной зоне проводили термопарой и цифровым прибором DT-838.

В данной части комплексной дипломной работы выполнены исследования с сульфидом железа FeS и с смесью полиметаллических концентратов.

По программе проводили термодинамический расчет реакций в системах сульфид металла – карбонат натрия – кислород для сопутствующих ценных металлов в интересующем интервале температур.

Были проведены исследования для изучения кинетики окисления сульфида железа при добавлении карбонатов натрия и калия в условиях вибропульсирующего слоя.

Были проведены исследования распределения ценных компонентов при обжиге смеси концентратов, водного выщелачивания огарка и кислого выщелачивания кека – 2.

Состав концентрата, огарка, кеков и растворов определен на спектрофотометре СПАРК-1 по калибровочным данным (пластины металлов, смеси оксидов и сульфидов). Навеску материалов взвешивали на электронных весах ВЛТ-510-П (сарто). Выщелачивание материалов проводили в термостате UTU-2/n, анализ растворов на спектрофотометре JENWAY 6300.

1 Анализ процессов переработки сульфидных полиметаллических материалов

В данный момент основное сырье для производства меди, цинка, свинца и других металлов - это сульфидные, иногда окисленные руды. По составу сульфидные руды содержат медь, свинец, цинк и ряд сопутствующих ценных примесей. Но в связи с тем, что месторождения вырабатываются, в переработку вовлекаются более бедные полиметаллические руды. Технологии используемые на действующих предприятиях направлены на переработку селективного монометаллического материала, что приводит к дополнительным операциям на стадии обогащения и к снижению извлечения основного металла.

На кафедре МиОПИ КазННТУ имени Сатпаева нами были проведены исследования по теме “Разработка термо-гидрометаллургической переработки полиметаллических сульфидных материалов”. По данной технологии: обжигается сульфидная шихта с добавлением карбоната натрия и калия при температуре 500 - 700 °С, при температуре 50 - 70 °С продукт обжига (огарок) выщелачивают водой и кислотой при котором молибден и рений переходит в водный раствор, медь и цинк переходить в раствор с серной кислотой, а кек - 2 отправляют на свинцовое производство.

Обжиг в печи кипящего слоя является на данный момент самым эффективным процессом при проведении окислительного обжига. Однако данный процесс имеет недостаток в виде большого пылевыноса. Избежать данных недостатков можно путем создания в слое шихты вибропульсаций с помощью аппарата вибропульсирующего слоя.

Для определения положительных качеств этой технологии, проведем анализ современных технологии, используемые в данное время.

В патенте “Способ пирогидрометаллургической переработки медьсодержащих материалов”, проводится обжиг медьсодержащего материала, выщелачивание огарка кислым водным раствором и извлечение меди из раствора. Для обеспечения комплексной переработки сырья, повышения извлечения ценных компонентов и упрощения процесса, обжиг сырья ведут в инертной среде в смеси с сульфатом железа (III) при соотношении халькопирит: сульфат железа (III), равном 8 - 1,2 [1].

Недостатком данного способа является то, что ведение процесса обжига с добавлением сульфата железа (III) в количествах, превышающих количество перерабатываемого сырья, приводит к увеличению содержания железа в растворе при выщелачивании, что ведет к увеличению затрат на извлечение меди. Кроме того, кислород, содержащийся в сульфате железа (III), образует во время обжига газообразные оксиды серы, загрязняющие воздушную среду [2].

В работе “Способ переработки пиритных концентратов, содержащих цветные металлы” [3], проводится пирротинизирующий обжиг, сульфатизирующий обжиг, последующее получение серной кислоты из газов и извлечение цветных металлов из огарка, отличающийся тем, что, с целью

повышения извлечения кобальта и никеля и повышения комплексности использования сырья с расширением областей применения товарной продукции, огарок после пирротинизирующего обжига подвергают кислому выщелачиванию до снижения содержания железа в нем до 25 - 50% первоначального содержания железа в огарке.

Недостатком данного способа является сложность проведения процесса. Выщелачивание огарков с целью извлечения цветных металлов требует большого количества аппаратуры, огромных грузопотоков, и при низком содержании цветных металлов в исходном сырье, может привести к значительным потерям их с промывными водами и кеками [2].

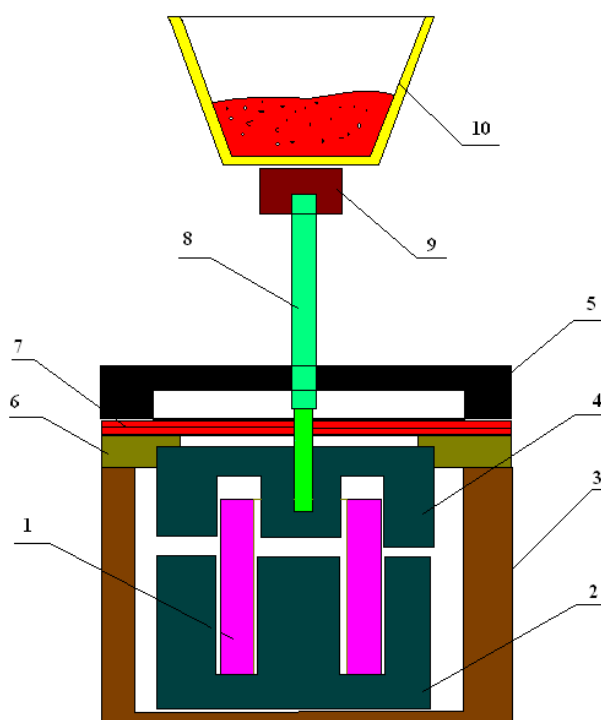
В патенте D. A. Norrgran [4] сульфидные руды в которых содержится медь, цинк, кобальт или никель, обогащают флотацией. После к полученному концентрату добавляют бикарбонат или карбонат щелочного металла и обжигают. Огарок смешивают с водой и определяют растворимые в ней сульфаты металла и отделяют от железа и твердого остатка. Полученные металлы в растворе получают, с помощью осаждения или электролизом.

Технология термо-гидрометаллургической переработки полиметаллических сульфидных материалов имеет преимущества над вышеуказанными технологиями, такие как: возможность комплексно переработать низкокачественное сырье, высокий процент извлечения ценных примесей, исключить загрязнение атмосферы сернистым газом [5, 6].

2 Конструкция лабораторной установки окисления сульфидных материалов в пульсирующем слое

На данный момент высокие показатели при окислительном обжиге сульфидного материала наблюдаются в печах КС. Но печи КС имеют недостатки связанные большим пылевыносом и дополнительными затратами на пылеулавливание. Чтобы устранить этот недостаток предлагается использовать вибропульсирующий слой.

С целью создания вибропульсаций в слое обжигаемого материала разработан и изготовлен на базе электромагнитного 3 - х фазного пускателя - электромагнитный вибратор с пружинами в виде пластин, приведенная на рисунке 2.1.



1-электромагнитная катушка; 2- неподвижный сердечник; 3- корпус; 4- подвижный сердечник; 5- крышка корпуса; 6- прокладки; 7- пластинчатые пружины; 8- шток; 9- крепежная муфта; 10- тигель с навеской шихты

Рисунок 2.1 – Лабораторный электромагнитный вибратор для перемешивания шихты

Для проведения обжига в вибропульсирующем слое была разработана лабораторная установка окисления сульфидных материалов в пульсирующем слое.

Установка для обжига в пульсирующем слое собрана на основе модуля с двумя нагревательными печами от дериватографа Q-1000. Для измерения и

регулирования температуры в печи модуль был дополнительно оснащен измерителем типа ИРТ 5301 с термопарой ХА. Электропитание печей регулируется тиристорным блоком. Фотографии установки и реакционного тигля приведены на рисунках 2.2, 2.3.



Рисунок 2.2 - Фотография установки обжига в вибропульсирующем слое



Рисунок 2.3 - Тигель с навеской материала

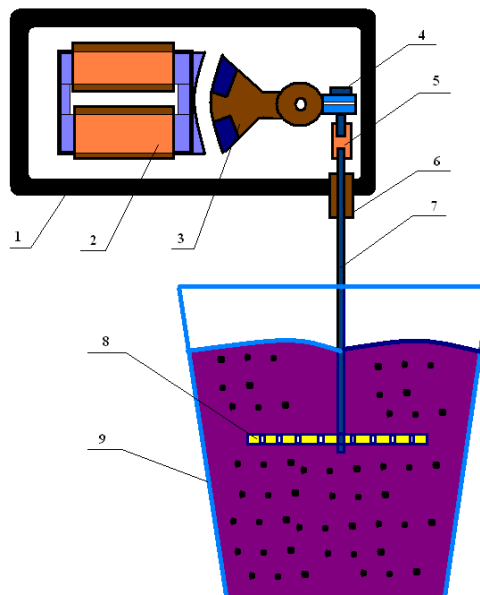
Тигель с шихтой состоящей из смеси сульфида и соды закреплен к электромагнитному вибратору через трубку подающую дутье. Навеска материала в тигле составляет $(10-15) \cdot 10^{-3}$ кг. Вес тигля с металлической трубкой, крепежными гайками и конусным керамическим распылителем составлял $61 \cdot 10^{-3}$ кг.

Подача воздушного дутья в тигель осуществляется микрокомпрессором через шток-трубку закрепленную на пластинах вибратора, а регулирования расхода ротаметрами с вентилями. Ротаметры откалиброваны по пенному расходомеру.

Питание вибратора осуществляется лабораторным автотрансформатором ЛАТР, что позволяет изменяя напряжения варьировать мощность на вибраторе и амплитуду пульсаций в рабочей зоне. При сопротивлении обмотки вибратора 111 Ом пульсации возникают при напряжении 20 Вольт. При мощности на вибраторе от 5 до 400 Вт амплитуда вибраций рабочего органа в вертикальной плоскости изменяется от $0,1 \cdot 10^{-3}$ до $1,0 \cdot 10^{-3}$ м. При мощности на вибраторе 25-30 Вт и амплитуде вибраций $0,1 \cdot 10^{-3}$ - $0,3 \cdot 10^{-3}$ м слой мелкодисперсной шихты массой $(10-15) \cdot 10^{-3}$ кг переходит в интенсивное подвижное состояние обеспечивающее перемешивание всего объема. При этом дутье поступает в слой

шихты через керамический распылитель конусообразной формы установленной в центре на дне тигля.

Для проведения гидрометаллургических операций выщелачивания, получаемых по разрабатываемой технологии огарков и кеков разработан электромагнитный вибратор другой конструкции, приведенный на рисунке 2.4.



1 - корпус; 2 - электромагнитная катушка; 3 - маятниковый сердечник; 4 - винт; 5 - муфта; 6 - втулка; 7 - шток вибратора; 8 - перфорированный диск; 9 - емкость с пульпой.

Рисунок 2.4 - Лабораторный электромагнитный вибратор для выщелачивания

3 Методика обжига сульфида железа FeS в реакторе вибропульсирующего слоя

Для проведения опытов использовались реагенты такие как сульфид железа, карбонат натрия.

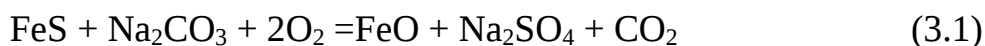
Для изучения кинетики окислительно - сульфатизирующего обжига сульфид железа смешивали с карбонатом натрия. Далее через слой шихты подавался воздух. Рассматривались следующие режимы обжига: фильтрующий и вибропульсирующий слои. В режиме вибропульсирующего слоя на хроматографе проводились анализы отходящих газов на содержание CO₂.

На данном этапе изучается кинетика окисления сульфида железа в вибропульсирующем слое.

Чтобы провести опыт взвешивались навески реагентов: сульфид железа 5 грамм и навеска соды 3,4-6,0 грамм. В общем количестве навеска шихты составила 8-11 граммов.

Рабочий алундовый тигель имеет следующие параметры: диаметр верхней части 5 см, диаметр нижней части 3 см, высота 3,5 см. На дне тигля по центру сделано отверстие к которому крепится металлическая трубка. Эта трубка закрепляется к штоку электромагнитного вибратора. Через трубку при помощи керамического распылителя в слой шихты подавалось воздушное дутье. Рабочий тигель закрывался алундовым цилиндрическим тиглем диаметром 7 см и высотой 13 см, объем реактора $0,34 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Расход воздуха составила $(5-8) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ и мощность на электромагнитном вибраторе составила 30 - 40 Вт. В процессе обжига сульфида образовывался оксид металла и сульфат натрия, кроме того выделялся CO₂.



Количество CO₂ в отходящих газах время от времени определяли на хроматографе Газохром. Количество определенного CO₂ давала возможность рассчитать степень десульфуризации, степень декорбонизации, а также степень сульфатизации с образованием сульфата натрия.

Твердые продукты обжига по окончании опыта взвешивались и подвергались рентгеноспектральному анализу на СПАРК – 1.

Навеска сульфида в алундовом тигле помещалась в реактор. Перед началом опыта на реактор опускали электропечь и нагревали до заданной температуры без подачи воздушного дутья. При достижении заданной температуры опыта проводился отбор первой порции газов, образовавшихся в реакторе при нагреве за счет кислорода имеющегося в объеме реактора, что позволяло рассчитать начальную степень превращения до подачи воздушного дутья. Далее включали подачу дутья, расход которого измеряли по ротаметру, откалиброванному по пенному расходомеру и периодически проводили отбор

проб отходящих газов дозатором хроматографа.

Температура в реакционной зоне измерялась и поддерживалась на заданном уровне ХК термпарой и измерителем регулятором ИРТ 5301.

На первом этапе исследований обжиг проводили на навеске чистого исследуемого сульфида смешанной с навеской соды. Крупность материала составляла 0,08 – 0,1 мм. Обжиг сульфидов заметно протекает при температуре выше 500 °С, достаточно интенсивно при 550 °С, а при температуре 600 °С при обжиге чистых сульфидов наблюдается частичное спекание материала, даже при интенсивном виброперемешивании. Спекание приводит к снижению воспроизводимости результатов опытов. Для исключения спекания чистых сульфидов в дальнейшем навеску сульфида разбавляли инертным материалом (прокаленный глинозем).

По хроматограммам проводилось построение зависимостей концентрации диоксида углерода от продолжительности процесса и с учетом количества отходящих газов по площади кривых определялась степень превращения сульфидов при обжиге (рисунок 3.1).

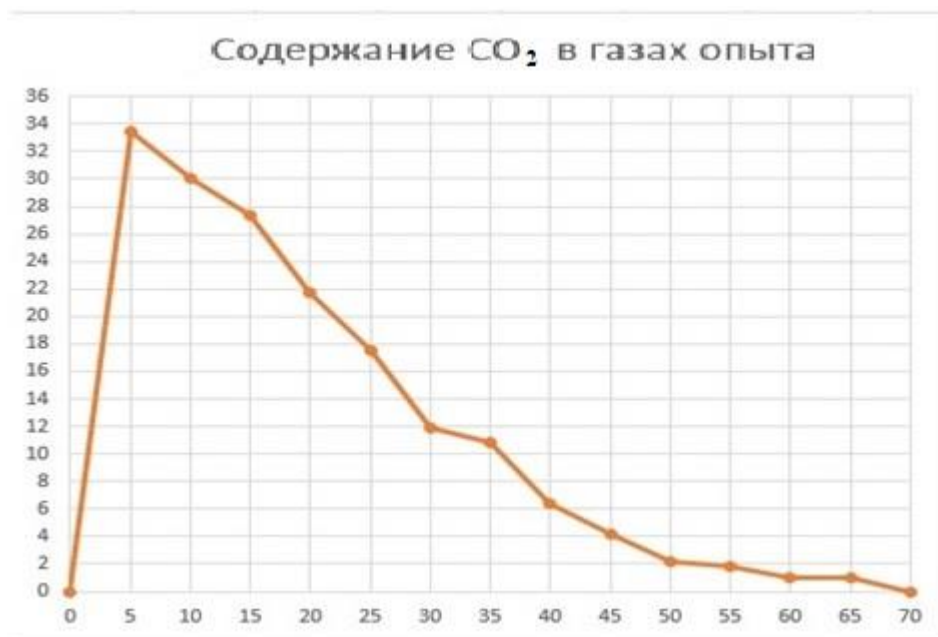


Рисунок 3.1 – Содержание CO₂ в отходящих газах

При заданных условиях проводилось по 3-5 параллельных опыта с целью определения погрешности эксперимента и оценки величин констант скорости реакции и кажущейся энергии активации.

4 Термодинамика реакций окисления сульфида железа FeS

Перед началом изучения кинетики обжига сульфида железа в пульсирующем слое были проведены термодинамические расчеты, с помощью которого определялись протекания той или иной реакции.

В процессах обжига и плавки сульфида железа в присутствии карбоната натрия Na_2CO_3 либо каустической соды NaOH в нейтральной атмосфере могут образоваться оксиды, карбонаты и гидроксиды металла при связывании серы в сульфид натрия. При отсутствии кислорода, реакция с получением оксида железа и сульфида натрия имеют положительные значения изменения энергии Гиббса и свидетельствуют о невозможности протекания процесса:



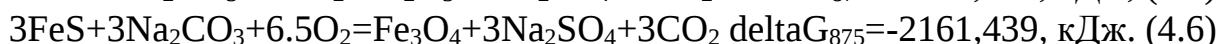
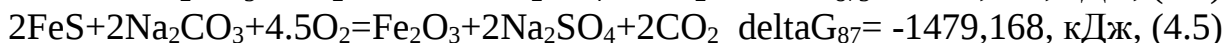
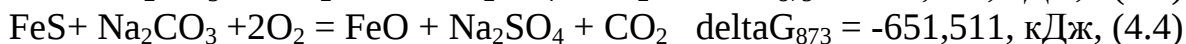
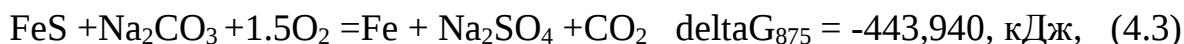
Также термодинамически невозможно образование карбоната железа по реакциям, для которых значения изменения энергии Гиббса имеют положительные значения:



Изменения энергии Гиббса для реакций с образованием сульфида натрия, оксидов и карбонатов металла в нейтральной атмосфере остаются положительными до температур обжига и плавки применяемых в цветной металлургии ($700 - 1300^\circ\text{C}$).

В окислительной атмосфере протекают экзотермические реакции окисления серы и низших сульфидов, и на этих хорошо изученных реакциях основаны технологии сульфатизирующего и окислительного обжига сульфидных концентратов, а также технологии автогенных процессов плавки сульфидного сырья. Сульфиды цветных металлов и железа при температурах $450 - 600^\circ\text{C}$ могут окисляться с образованием сульфатов, а при температурах $700 - 1000^\circ\text{C}$ до оксидов. При более высоких температурах за счет взаимодействия оксидов и сульфидов, в конечных продуктах реакций окисления присутствуют металлы.

Реакции, протекающие при обжиге низшего сульфида железа, описываются уравнениями:



Реакции с участием активного окислителя - O_2 имеют значительные отрицательные значения изменения энергии Гиббса во всем интервале

температур пирометаллургии, что свидетельствует о высокой термодинамической вероятности протекания реакции слева направо с получением в продуктах металлической меди и оксида металла.

В отличие от существующих технологий переработки сульфидного сырья, применение солей щелочных металлов позволит полностью исключить выделение в атмосферу сернистых газов, а получаемый сульфат натрия может быть отделен от продуктов процесса простым выщелачиванием водой.

5 Кинетика обжига сульфида железа в пульсирующем слое

В данном разделе приведены результаты исследования кинетики обжига сульфида железа FeS в смеси с карбонатом натрия Na_2CO_3 . Обжиг проводили при 500, 550 и 600 °С, расход воздуха составил $5 - 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ и мощность на вибраторе 30 - 40 Вт. Навеска сульфида железа FeS составляла 5,0 г, а соды Na_2CO_3 6,0 г.

Были проведены параллельные опыты по данным которых рассчитывалась площадь графика под полученной кривой.

По результатам опытов был построен график зависимости изменения содержания диоксида углерода в отходящих газах от продолжительности опыта, который приведен на рисунке 5.1.

При проведении обжига учитывалось содержание CO_2 в навеске и проводился расчет степени декорбонизации.



Рисунок 5.1 – Зависимость изменения содержания CO_2 от продолжительности опыта

По результатам параллельных опытов, изменение степени десульфуризации сульфида железа FeS в реакторе вибропульсирующего слоя при частоте пульсаций 50 Гц и амплитуде пульсаций 0,1 - 0,5 мм, приведено на рисунке 5.2

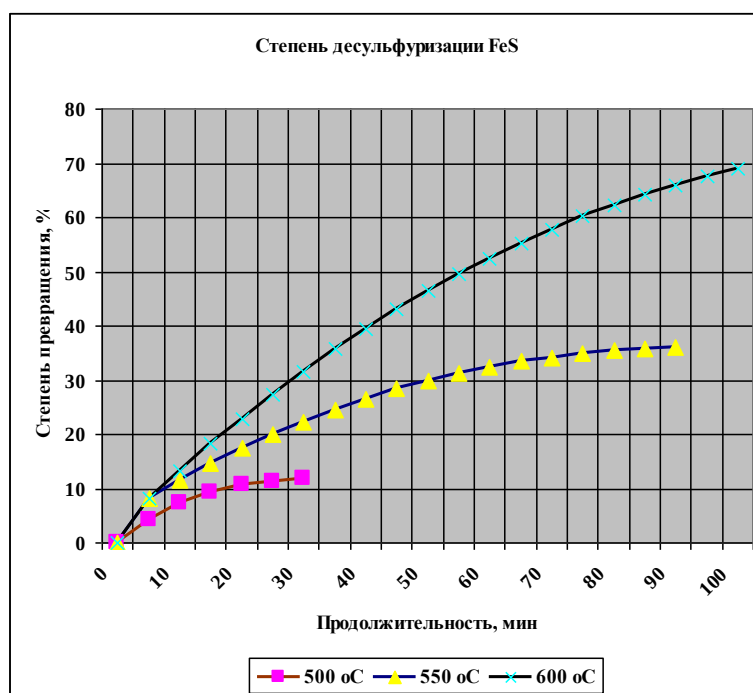


Рисунок 5.2 - Зависимости степени обжига сульфида железа от температуры и продолжительности обжига в вибро-пульсирующем слое

Для оценки кинетических параметров процесса обжига сульфидов в вибропульсирующем слое был применен дифференциальный метод определения порядка реакции и константы скорости [7].

По экспериментальным данным составлялись таблицы изменения концентрации реагента и средней скорости процесса от продолжительности и строился график зависимости $\ln V = f(\ln C)$, далее по тангенсу наклона прямой и отсекаемому на оси ординат отрезку определялись значения n - порядка сложной реакции и логарифма константы скорости – $\ln K$. Скорость реакции и концентрации диоксида углерода рассчитывались для сопоставимости в долях единицы. Такое представление исходных данных не привязанное к количеству прореагировавших компонентов участвующих в сложном процессе с последовательными и параллельно протекающими реакциями позволяет получить кинетические данные, которые можно использовать для различных объемов реакторов при сохранении расходных коэффициентов. Результаты опытов и расчетные величины для обжига сульфида железа приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Применение дифференциального метода для определения кинетических параметров обжига FeS при 600 °C в вибропульсирующем слое

t, min	C, %	R, %	V _{ср} , ед/мин	ln C, ед.	ln V, ед
1	2	3	4	5	6
0	18,1078		0		

1	2	3	4	5	6
5	12,7244	8,103175	0,081032	-2,06165	-2,51291
10	14,1926	13,2619	0,051587	-1,95245	-2,96448
15	12,235	18,22222	0,049603	-2,10087	-3,0037
20	13,2138	22,91799	0,046958	-2,02391	-3,05851
25	9,2986	27,41534	0,044974	-2,37531	-3,10168
30	10,2774	31,64815	0,042328	-2,27522	-3,16231
35	8,3198	35,68254	0,040344	-2,48653	-3,21031
40	10,2774	39,45238	0,037698	-2,27522	-3,27814
45	8,8092	43,02381	0,035714	-2,42937	-3,3322
50	8,8092	46,39683	0,03373	-2,42937	-3,38936
55	7,341	49,57143	0,031746	-2,6117	-3,44999
60	6,3622	52,48148	0,029101	-2,7548	-3,537
65	6,3622	55,19312	0,027116	-2,7548	-3,60762
70	4,894	57,77249	0,025794	-3,01716	-3,65763
75	4,4046	60,15344	0,02381	-3,12252	-3,73767
80	4,894	62,2037	0,020503	-3,01716	-3,8872
85	2,9364	64,12169	0,01918	-3,52799	-3,95389
90	2,9364	65,90741	0,017857	-3,52799	-4,02535
95	2,9364	67,49471	0,015873	-3,52799	-4,14313
100	2,447	68,8836	0,013889	-3,71031	-4,27667

Для оценки применимости дифференциального метода и получения значений порядка реакции и логарифма константы скорости строился график $\ln V_{\text{ср}} = f(\ln C_{\text{ср}})$ на рисунке 5.3.

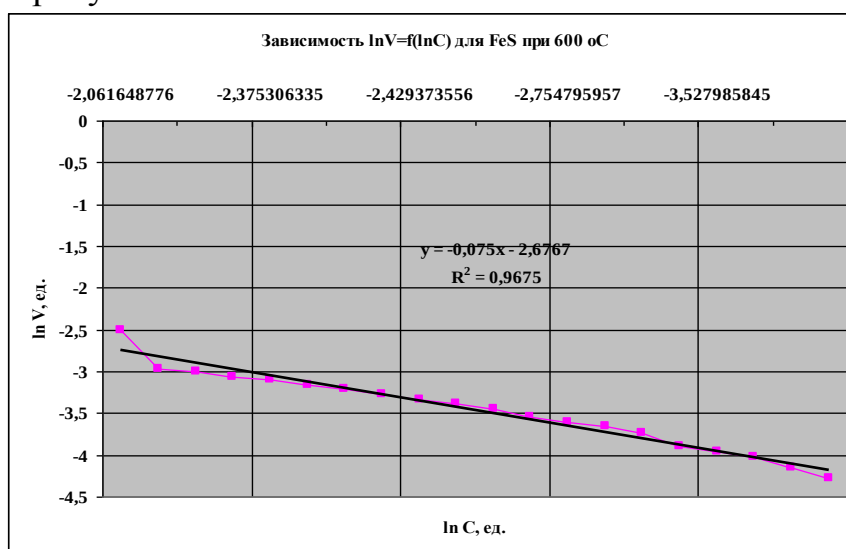


Рисунок 5.3 - Зависимость логарифма средней скорости обжига от логарифма концентрации продукта процесса - диоксида углерода

Для определения кажущейся энергии активации сложного гетерогенного процесса обжига шихты составленной из сульфида и карбоната натрия в воздушной атмосфере используется методика [7] определения кинетических данных из рисунка 5.4 по уравнению Аррениуса $k = A \cdot \exp(-E / RT)$.

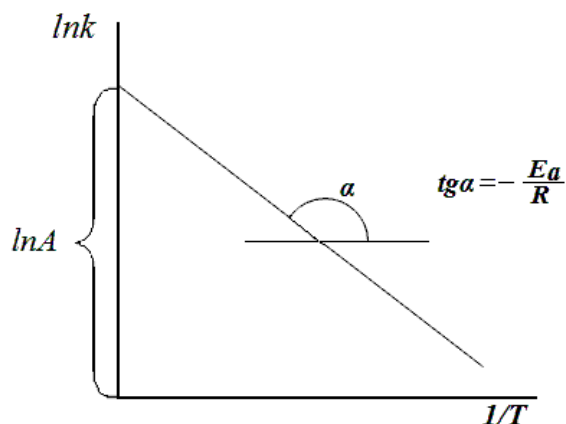


Рисунок 5.4 - Графическое определение постоянных величин в уравнении Аррениуса

При определении энергии активации проведены опыты с сульфидом железа FeS для трех температур: 500, 550, 600 °С. Усредненные результаты опытов по обжигу сульфида железа в вибропульсирующем слое приведены в таблице 5.2 и на рисунке 5.5.

Таблица 5.2 - Обобщенные результаты обжига FeS для расчетов по уравнению Аррениуса

T, °C	T, K	1/T*10 ⁴	ln K	Порядок реакции, n
500	773	12,937	3,0404	0,701
550	823	12,151	2,889	0,816
600	873	11,455	2,7517	0,673

По данным рисунка 5.5 определены значения величин в уравнении Аррениуса для обжига сульфида железа приведенные в таблице 5.3

Таблица 5.3 - Значения тангенса угла наклона прямых, энергии активации и множителя при обжиге FeS

500-550 °C			550-600 °C		
ln A1	tg F1	E1, Дж.моль (CO ₂)	ln A2	tg F2	E2, Дж.моль (CO ₂)
3,04	0,192621	1,60145	2,89	0,19727	1,640104

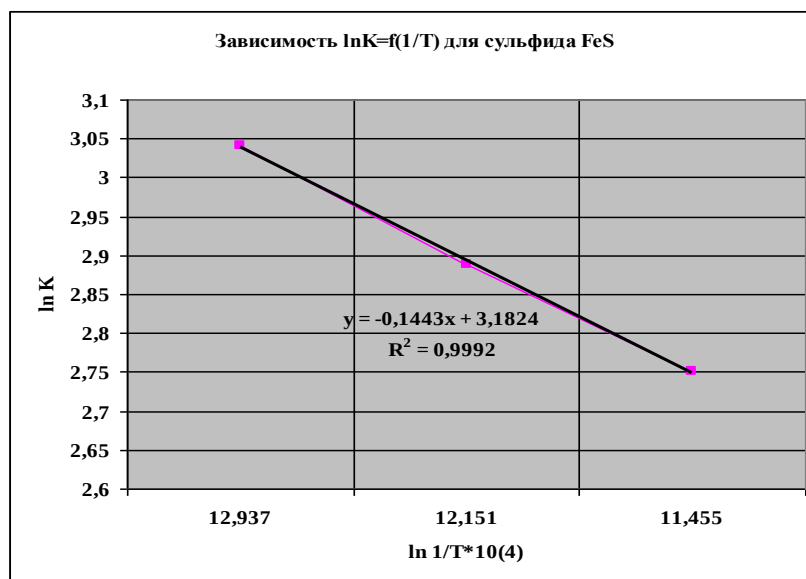


Рисунок 5.5 - Зависимость логарифма константы скорости обжига FeS в пульсирующем слое от обратной температуры.

Из полученных результатов можно сделать выводы:

а) Окисление сульфида железа для условий вибропульсирующего слоя при стехиометрическом расходе карбоната натрия и подаче в качестве окислителя воздушного дутья, в интервале 500-550 °С и 550-600 °С протекает в диффузионном режиме. Малые значения кажущейся энергии активации свидетельствует о существенном диффузионном торможении процесса.

б) При интенсивном перемешивании твердых реагентов (сульфида и соды) скорость процесса можно увеличить за счет повышения расхода дутья или концентрации окислителя (кислорода).

в) Повышение скорости обжига требует отвода избыточного тепла окисления сульфидов, которое может приводить к спеканию материала и нарушению хода процесса, что выявлено при обжиге чистых сульфидов.

6 Исследование распределения ценных компонентов проведенные со смесью концентратов

В данном разделе приведены результаты опытов со смесью концентратов, который состоит из следующих концентратов: медный концентрат БМЗ, Pb - Zn концентрат Шалкия (гранулы с содой), шламовые концентраты Малеевского месторождения. Эти концентраты были смешаны между собой, далее проводился анализ на СПАРК - 1, результаты которого приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Содержание компонентов в смеси концентратов по СПАРК–1

Компоненты	Cu	Fe	Zn	Pb
Средняя интенсивность по концентрату, ед.	3598	3099	12787	3090
Средняя интенсивность по металлу, ед.	54066	25609	103694	21686
Содержание, %	6,65	12,15	12,3	14,25

Для проведения опытов подготовили шихту смеси концентратов с содой. Навеска смеси концентратов составила 10 грамм, навеска соды составила 22 грамма. Параметры проведения опыта: температура 550 – 650 °С, расход воздуха 34 л/ч, мощность вибратора 25 В, продолжительность опытов 70 – 105 минут. Был проведен рентгеноспектральный анализ огарков на СПАРК – 1.

На основе полученных данных рассчитан материальный баланс обжига при температуре 650 °С, которая показана на таблице 6.2.

Была проведена операция водного выщелачивания огарка. При проведении водного выщелачивания огарка переводили сульфат натрия в водный раствор. Параметры проведения опыта: объем дистиллированной воды 150 мл, продолжительность выщелачивания 30 минут. Выщелачивание материала проводились в термостате UTU-2/п. Раствор водного выщелачивания подвергали рентгеноспектральному анализу на СПАРК – 1.

По результатам полученных данных рассчитан материальный баланс водного выщелачивания, которая показана на таблице 6.3.

Была приведена операция кислого выщелачивания кека - 1. Параметры проведения опыта: объем серной кислоты 50 мл, продолжительность выщелачивания 30 минут. Раствор кислого выщелачивания подвергали рентгеноспектральному анализу на СПАРК -1.

По результатам полученных данных рассчитан материальный баланс кислого выщелачивания, которая показана на таблице 6.4.

Таблица 6.2 – Расчет материального баланса обжига 650 °С

ПОСТУПИЛО МАТЕРИАЛОВ	Всего, кг (тн)	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Re	S	C	O2	N2	Прочие
1. Шихта смеси концентратов	10	0,665	1,215	1,23	1,425	0,127	0,011	2,5	0	0	0	2,827
Содержание, %		6,65	12,15	12,3	14,25	1,27	0,11	25	0	0	0	28,27
2. Кальцинированная сода	9,94	0	0	0	0	0	0	0	1,125	1,077	0	7,738
Содержание, %		0	0	0	0	0	0	0	11,32	10,83	0	77,85
3. Воздушное дутье	51,17	0	0	0	0	0	0	0	0	10,95	39,708	0,512
Содержание, %		0	0	0	0	0	0	0	0	21,4	77,6	1
ИТОГО	71,11	0,665	1,215	1,23	1,425	0,127	0,011	2,5	1,125	12,027	39,708	11,077
ПОЛУЧЕНО ПРОДУКТОВ	Всего, кг (тн)	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Re	S	C	O2	N2	Прочие
1. Огарок из СК	24,641	0,665	1,215	1,23	1,425	0,127	0,011	2,5	0,047	6,946	0	10,476
Содержание, %		2,699	4,931	4,991	5,783	0,515	0,045	10,145	0,19	28,187	0	42,514
Извлечение, %		99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	4,17	57,75	0	94,57
2. Отходящие газы	46,498	0	0	0	0	0	0	0	1,079	5,084	39,734	0,601
Содержание, %		0	0	0	0	0	0	0	2,321	10,934	85,453	1,292
Извлечение, %		0	0	0	0	0	0	0	95,9	42,27	100,07	5,42
ИТОГО	71,14	0,665	1,215	1,23	1,425	0,127	0,011	2,5	1,126	12,03	39,734	11,077
Невязка	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,003	0,026	0

Таблица 6.3 – Материальный баланс водного выщелачивания огарка

ПОСТУПИЛО МАТЕРИАЛОВ	Всего, кг (тн)	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Re	S	C	O2	H2	Прочие
1. Огарок оп №5 650 °С	29,71	0,793	1,465	1,483	2,609	0,154	0,013	3,016	0,056	8,375	0	11,746
Содержание, %		2,67	4,93	4,99	8,78	0,52	0,045	10,15	0,19	28,19	0	39,535
2. Дистилл вода	150	0	0	0	0	0	0	0	0	133,35	16,65	0
Содержание, %		0	0	0	0	0	0	0	0	88,9	11,1	0
ИТОГО	179,71	0,793	1,465	1,483	2,609	0,154	0,013	3,016	0,056	141,725	16,65	11,746
ПОЛУЧЕНО ПРОДУКТОВ	Всего, кг (тн)	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Re	S	C	O2	H2	Прочие
1. Кек-1 оп №5 650 °С	12,954	0,793	1,465	1,483	2,609	0,008	0,001	0,007	0	1,646	0	4,943
Содержание, %		6,125	11,309	11,447	20,14	0,062	0,006	0,053	0	12,703	0	38,155
Извлечение, %		100,02	100,02	100,02	100,02	5,21	5,36	0,23	0	1,16	0	42,08
2. Раствор сульфата натрия оп №8	166,752	0	0	0	0	0,146	0,013	3,009	0,056	140,075	16,649	6,804
Содержание, %		0	0	0	0	0,088	0,008	1,804	0,034	84,002	9,985	4,08
Извлечение, %		0	0	0	0	94,79	94,64	99,77	100	98,84	100	57,93
ИТОГО	179,706	0,793	1,465	1,483	2,609	0,154	0,013	3,015	0,056	141,721	16,649	11,746
Невязка	-0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,005	-0,001	0,001

Таблица 6.4 – Материальный баланс кислого выщелачивания

ПОСТУПИЛО МАТЕРИАЛОВ	Всего, кг (тн)	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Re	S	C	O2	H2	Прочие
1. Кек-1 опыта №2 600 °С	7,285	0,765	1,167	1,182	1,367	0,005	0	0,001	0,002	0,896	0	1,9
Содержание, %		10,5	16,02	16,22	18,76	0,067	0,006	0,017	0,025	12,3	0	26,085
2. Раствор кислоты H2SO4 (180 г/л)	111	0	0	0	0	0	0	5,883	0	94,417	10,7	0
Содержание, %		0	0	0	0	0	0	5,3	0	85,06	9,64	0
3. Раствор перекиси H2O2 (30%)	11,12	0	0	0	0	0	0	0	0	10,059	1,06	0,001
Содержание, %		0	0	0	0	0	0	0	0	90,46	9,53	0,01
ИТОГО	129,405	0,765	1,167	1,182	1,367	0,005	0,000437	5,884	0,002	105,372	11,76	1,901
ПОЛУЧЕНО ПРОДУКТОВ	Всего, кг (тн)	Cu	Pb	Zn	Fe	Mo	Re	S	C	O2	H2	Прочие
1.Кек-2 оп №8 550 °С	3,164	0,113	1,168	0,108	0,85	0,001	0	0,187	0	0,4	0	0,335
Содержание, %		3,586	36,921	3,408	26,876	0,044	0,012	5,908	0	12,647	0	10,598
Извлечение, %		14,83	100,08	9,12	62,21	28,39	85,66	3,18	0	0,38	0	17,63
2. Раствор сульфатов металлов оп №8	126,188	0,651	0	1,073	0,517	0,003	0	5,695	0,002	104,926	11,755	1,566
Содержание, %		0,516	0	0,851	0,41	0,003	0	4,513	0,001	83,15	9,315	1,241
Извлечение, %		85,14	0	90,84	37,82	71,6	14,4	96,78	99,96	99,58	99,96	82,35
ИТОГО	129,352	0,765	1,168	1,181	1,367	0,005	0	5,882	0,002	105,326	11,755	1,901
Невязка	-0,053	0	0,001	0	0	0	0	-0,002	0	-0,046	-0,005	0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день металлургические предприятия нашей страны ориентируются на монометаллическом селективном концентрате. В связи с этим возникает необходимость разработать технологии, которые используют полиметаллический коллективный концентрат.

Технология “термо-гидрометаллургической переработки полиметаллических сульфидных материалов” с применением карбоната натрия, позволит комплексно переработать низкокачественное сырье и исключить выброс сернистых газов в окружающую среду. Экологический эффект достигается за счет полного связывания серы сульфидного сырья в легко выщелачиваемый водой сульфат натрия, регенерации исходных солей щелочных металлов.

В комплексной дипломной работе была поставлена задача решить проблемы, возникшие в связи выработкой месторождения и обеднения полиметаллических материалов, не эффективности технологии предложенных в других исследованиях. Для решения этих проблем было предложено использовать технологию “термо-гидрометаллургической переработки полиметаллических сульфидных материалов”.

Эффективность печи КС уменьшается за счет пылевыноса и было предложено заменить кипящий слой пульсирующим слоем, при помощи электромагнитной вибрации. Показана конструкция лабораторной установки вибропульсирующего слоя и лабораторной установки для выщелачивания. Была указана методика проведения обжига в вибропульсирующем слое. Рассчитана термодинамика реакции окисления. Были проведены исследования кинетики окисления сульфида железа с солью карбоната натрия в вибропульсирующем слое. В результате которого пришли к выводу:

а) Окисление сульфида железа для условий вибропульсирующего слоя при стехиометрическом расходе карбоната натрия и подаче в качестве окислителя воздушного дутья, в интервале 500-550 °С и 550-600 °С протекает в диффузионном режиме. Малые значения кажущейся энергии активации свидетельствует о существенном диффузионном торможении процесса.

б) При интенсивном перемешивании твердых реагентов (сульфида и соды) скорость процесса можно увеличить за счет повышения расхода дутья или концентрации окислителя (кислорода).

в) Повышение скорости обжига требует отвода избыточного тепла окисления сульфидов, которое может приводить к спеканию материала и нарушению хода процесса, что выявлено при обжиге чистых сульфидов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сайт для патентного поиска, поиска патентов на изобретения. [Электронный ресурс]. 2012. Дата обновления сайта: 23.04.2019. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/130/1301858.html/> (дата доступа к сайту: 15.02.2019).
- 2 Сайт для патентного поиска, поиска патентов на изобретения. [Электронный ресурс]. 2012. Дата обновления сайта: 17.02.2018. URL: <http://ru-patent.info/21/70-74/2173726.html/> (дата доступа к сайту: 15.02.2019).
- 3 Сайт для патентного поиска, поиска патентов на изобретения. [Электронный ресурс]. 2012. Дата обновления сайта: 09.04.2019. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/130/1301858.html/> (дата доступа к сайту: 15.02.2019).
- 4 Pat. 4,541,993 USA. Process for the sulfatization of non-ferrous metal sulfides/ [Daniel A. Norrgran](https://patents.justia.com/patent/4541993/); 1985 // электронная версия на сайте <https://patents.justia.com/patent/4541993/>
- 5 Баимбетов Б.С., Айтенов К.Д., Бекишева А.А., Абдікерім Б.Е. Процессы взаимодействия сульфидов металлов с карбонатом натрия. Metallurgical and Mining Industry- 2015, №10. – С.
- 6 Баимбетов Б.С. Разработка технологии термогидрометаллургической переработки полиметаллических сульфидных материалов. Отчет НИР 0118РК00421, 2018 г., 56с.
- 7 Suslick K.S. Ultrasound. Its chemical, physical and biological effects. Ed.: VCH, N. Y., 336 p.