

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора, Рыжкова Александра Филипповича,
на диссертационную работу Шолоховой Светланы Анатольевны
«Кинетика окисления сульфидного цинкового концентрата применительно к
обжиговым печам кипящего слоя»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена растущим интересом промышленности к повышению эффективности энергетических установок, в частности совершенствованием технологии получения цинка. Одним из основных процессов производства цинка является обжиг цинкового концентрата в высокопроизводительных эффективных печах кипящего слоя, который в значительной мере определяет технико-экономические показатели производства в целом. Характерной особенностью современного цинкового производства является необходимость переработки большого ассортимента концентратов различных месторождений, в связи с чем происходит неконтролируемое варьирование химических и физических свойств шихты, подаваемой в печь. Это приводит к неконтролируемому изменению процесса обжига. Диссертационная работа посвящена разработке мероприятий по обеспечению устойчивой работы обжиговых печей кипящего слоя.

В диссертационной работе С.А. Шолоховой получены следующие результаты, обладающие **научной новизной**. Получены новые экспериментальные данные, на основании которых рассчитаны кинетические характеристики окисления цинкового концентрата, сфалерита и пирита с учетом внутрипористого реагирования. Доказано, что при размере частиц менее 0,5 мм скорость окисления компонентов шихты является функцией температуры и не зависит от диаметра частиц.

Полученные в диссертационной работе С.А. Шолоховой результаты обладают **практической значимостью**. Разработанные на основании полученных кинетических характеристик математические модели конверсии цинкового концентрата в кипящем слое могут послужить для уточнения инженерных методик расчета режимных параметров и повышения эффективности работы обжиговых печей. Полученные в результате экспериментально-расчетных исследований параметры настройки регулятора температуры могут позволить осуществлять безопасную и устойчивую работу обжиговых печей, исключив недожог и спекаемость шихты.

Работа носит экспериментально-расчетный характер и представляет собой удачный синтез применения методов техники термогравиметрического эксперимента, теории топок с кипящим слоем и основ теории авторегулирования.

Материалы, изложенные в работе, прошли достаточную апробацию на конференциях различного уровня. Они опубликованы в открытой печати, в том числе 3 работы в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК, из них 1 статья индексируется базой Scopus. Результаты работы могут использоваться на промышленном оборудовании, что подтверждается справкой ПАО «Челябинский цинковый завод» о возможности реализации результатов работы.

Достоверность основных выводов и результатов работы обеспечивается применением современного оборудования для проведения экспериментов, воспроизводимостью результатов измерений и сопоставлением численных оценок с результатами физического эксперимента. Эксперименты проводились на приборе синхронного термического анализа NETZSCH STA 449 F3, совмещенного с масс-спектрометрической системой QMS 403C Aëolos. В работе производились расчетные исследования с применением программных пакетов Microsoft Excel и Matlab Simulink, верификация моделей проводилась на реальной промышленной установке.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня условных обозначений, списка литературы и двух приложений. Основной текст изложен на 112 страницах, включая 44 рисунка и 14 таблиц. Диссертация является завершенным научным трудом, сделанные в ней выводы научно обоснованы.

Во введении определены актуальность темы диссертации, охарактеризована степень ее разработанности, сформулированы цели, задачи и методы исследования, его новизна, основные положения, выносимые на защиту. Отмечено, что полученные другими авторами кинетические характеристики различаются между собой на порядок, что подчеркивает актуальность темы исследования.

В первой главе автор показывает преимущества использования печей с кипящим слоем для обжига цинкового концентрата и особенности их эксплуатации, приводит описание технологии производства цинка на Челябинском цинковом заводе, акцентируя внимание на этапе обжига.

Показано влияние температуры обжига, как основного изменяющегося параметра процесса, на поведение различных компонентов шихты. Приведен обзор методов определения кинетических данных и полученных другими авторами результатов окисления сульфидных цинковых концентратов. Обоснована целесообразность автоматизации печей с кипящим слоем.

В главе 2 приведены результаты определения теплофизических и технических свойств применяемых в исследовании материалов.

Глава 3 посвящена определению кинетических характеристик шихты и основных ее компонентов – сфалерита и пирита. Описана лабораторная установка и ход проведения экспериментов. Соискателем экспериментально определена масса образца, при которой исключается диффузия кислорода в слой, описана методика определения кинетических характеристик окисления веществ, основанная на определении потока реагирующего вещества. Показано, что при исследованных температурах массовое количество прореагировавшего вещества не зависит от диаметра частиц в навеске и пропорционально концентрации окислителя. Приведен сравнительный анализ энергии активации цинковых концентратов с результатами других авторов. Полученные кинетические данные применены для определения зависимости содержания горючих в слое от расхода шихты и кислорода в дутье, расчет по которой дает удовлетворительное совпадение с данными процесса обжига в промышленной печи.

В главе 4 приведено применение кинетических данных окисления шихты в математической модели переходных процессов в кипящем слое – зависимости температуры кипящего слоя и концентрации горючих в нем от расхода загружаемой в печь шихты. Корректность модели подтверждается сравнением с данными, полученными на промышленной установке (печь №2 КС ПАО «ЧЦЗ»). Расчетно-экспериментальным путем (с применением программного пакета Matlab Simulink и программно-технического комплекса «Овация») получены динамические характеристики обжиговой печи, на основании которых подобраны параметры настройки ПИ-регулятора температуры процесса.

В заключении диссертации приведены выводы по основным результатам работы и перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

Диссертация написана логически последовательно, корректным с научной и технической точки зрения языком. Содержание диссертации

соответствует паспорту научной специальности 05.14.04 — Промышленная теплоэнергетика.

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам, а именно: по целям, задачам и основным положениям, определениям актуальности, новизны и достоверности, научной и практической значимости и др.

По представленным материалам диссертации и автореферата имеются следующие **вопросы и замечания**:

1. В тексте диссертации содержатся некоторые опечатки и неточности – нумерация пунктов второго раздела не точна; в главе 2 применен термин «рассевка» вместо «интегральная характеристика»; в главе 4 вместо безразмерных сигналов, используемых в теории авторегулирования, применены размерные (стр. 81).

2. О каком газообразовании идет речь в главе 3, если исследуется не процесс окисления серы (газообразования), а процесс замещения серы кислородом?

3. Каким образом сейчас регулируется температура кипящего слоя на Челябинском цинковом заводе?

4. Какой физический смысл несут постоянные времени T_1 и T_2 , и почему при описании динамических характеристик объекта диссертант пренебрегает второй производной?

5. Данные по чувствительности желательно подвергнуть более глубокому анализу.

6. В приложении вместо выгрузки данных по ТГА желательно видеть расчетные алгоритмы Matlab Simulink и «Овация», применяемые при расчете.

Замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и не ставят под сомнение основные результаты и выводы, полученные автором.

Заключение

Диссертация С.А. Шолоховой является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой определены кинетические характеристики окисления сульфидного цинкового концентрата, полученные данные применены для разработки математических моделей и регулятора температуры в печи кипящего слоя.

Считаю, что диссертационная работа Шолоховой Светланы Анатольевны «Кинетика окисления сульфидного цинкового концентрата применительно к обжиговым печам кипящего слоя» полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Тепловые электрические станции» Уральского энергетического института, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
доктор технических наук, профессор

Рыжков
Александр Филиппович

29.09.2020

Сведения:

Адрес организации: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Телефон: +79097025977

E-mail: a.f.ryzhkov@urfu.ru

Подпись Рыжкова Александра Филипповича заверяю.

29.09.2020

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В.А.

