



**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор ООО

«Научно-исследовательский центр

«Гидрометаллургия»,

д. т. н, профессор

Я.М. Шнеерсон

«6» ноября 2018 г.

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертацию Савиновой Юлии Александровны «Разработка технологии переработки рудных сульфидных концентратов цветных металлов с применением окислительного обжига в печах кипящего слоя», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallurgy черных, цветных и редких металлов

### **1. Актуальность темы диссертации.**

На сегодняшний день при переработке рудных сульфидных концентратов цветных металлов наибольшее распространение получили пирометаллургические автогенные процессы. Вместе с тем, необходимо отметить, что выбор оптимального метода переработки сырья зависит от многих факторов, в том числе – от состава конкретного сырья. Так, на ряде предприятий («Thompson», «Sudbery») до сих пор применяется технология обжига сырья в печах кипящего слоя (КС) перед подачей материала на электроплавку.

Кроме того, обжиг рудного сульфидного сырья находит широкое применения в рамках технологических схем, предполагающих последующую гидрометаллургическую переработку огарка. Так, около 90% мирового производства первичного цинка реализуется по схеме «обжиг концентрата в печах кипящего слоя – сернокислотное выщелачивание огарка». Кроме того, на ряде предприятий, перерабатывающих рудное сульфидное сырье, рассматриваются варианты реконструкции существующих технологических схем, предусматривающие внедрение предварительного обжига материала в печах КС (АО «Кольская ГМК», ТОО «Казгидромедь» Корпорации «Казахмыс», ООО «Байкальская Горная Компания»).

Таким образом, исследования в области окислительного обжига сульфидных концентратов в печах КС в настоящее время являются актуальными и востребованными в производстве.

Экспериментальные исследования процесса обжига сульфидных концентратов проведены диссертантом на лабораторных и укрупненно-лабораторных установках ООО «Институт Гипроникель». Исследования состава и строения материалов проводились методами химического анализа, рентгенофазового анализа (РФА), растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа (РЭМ и РСМА). Термодинамический

№ 380-10  
от 21.11.2018

анализ процесса обжига выполнен с использованием комплекса программ и баз данных FactSage.

## **2. Научная новизна**

В результате исследования вещественного состава огарков рудных сульфидных концентратов, полученных в широком диапазоне параметров обжига, установлено, что:

- вне зависимости от конкретных условий реализации процесса все продукты обжига представлены одними и теми же структурными составляющими;

- в исследованном диапазоне условий вещественный состав огарков определяется, главным образом, температурой обжига.

Термодинамический анализ процесса обжига сульфидного полиметаллического концентрата показал, что полное удаление из огарков шпинелей за счет их сульфатизации не достигается вследствие преимущественного расходования  $SO_3$  на взаимодействие с оксидными составляющими.

На основе полученных экспериментальных данных, проведенного термодинамического анализа высказано предположение о протекании процессов окисления сульфидных концентратов в печах КС в условиях, приближающихся к равновесным.

## **3. Практическая значимость работы**

Полученные данные легли в основу проведенных технико-экономических расчетов ряда технологических схем переработки медных, медно-никелевых и полиметаллических сульфидных рудных концентратов.

Данные о составе и строении продуктов обжига и зависимости их вещественного состава от условий проведения обжига могут быть использованы в качестве справочного материала при разработке технологических схем переработки широкого круга сульфидных материалов, включающих в себя передел обжига в печах КС.

Основной задачей окислительного обжига рудных сульфидных концентратов перед подачей на гидрометаллургическую переработку является перевод цветных металлов из нерастворимой сульфидной формы в растворимые оксидные и сульфатные формы. Показатели гидрометаллургической переработки напрямую зависят от вещественного состава продуктов обжига (соотношения в них растворимых и не растворимых форм металлов).

В настоящей работе были исследованы продукты обжига медно-никелевого, медного и полиметаллического концентратов и связь указанных показателей от вещественного состава огарков.

Показано, что показатели выщелачивания огарков существенно варьируются в зависимости от условий реализации обжига. Так, при выщелачивании огарков от высокотемпературного обжига достигнутая степень извлечения меди варьировалась в диапазоне от 82 до 86%отн. При выщелачивании огарков от низкотемпературного обжига достигнуты показатели от 94%отн до 98%отн. Таким образом, установлено, что показатели извлечение меди из огарков низкотемпературного обжига значительно превышают таковые при переработке огарков от «мертвого» обжига. Данный факт обуславливается преобладанием в первых огарках легко растворимых оксидных и сульфатных составляющих (в составе которых

сконцентрировано не менее 90-95%отн. всей содержащейся в огарке меди). Ориентировочное распределение меди между фазами кека от выщелачивания огарков низкотемпературного обжига приведено на рисунке 8.

Степень извлечения цветных металлов при гидрометаллургической переработке продуктов первой серии экспериментов не превышала 70-72%отн., продуктов второй серии - колебалась в диапазоне 82-86%отн. В свою очередь, в результате выщелачивания огарков третьей серии достигнутая степень извлечения цветных металлов достигает 94-96%отн. Существенно разные показатели извлечения обусловлены особенностями вещественного состава огарков (в первую очередь, – соотношением растворимых и нерастворимых составляющих).

Полученные в рамках настоящей работе данные были использованы при разработке технологического регламента для оценки целесообразности внедрения переработки концентратов обжига сырья в печах КС применительно к плавильному цеху площадки Печенганикель (АО «Кольская ГМК»). Результаты ТЭР однозначно указывают на большую эффективность предложенной технологической схемы по сравнению с существующей на данный момент технологии с экономической точки зрения. Полученные данные, относящиеся к продуктам обжига медного и полиметаллического концентратов, были выданы Заказчикам в соответствии с условиями контрактов для выполнения ТЭО всей технологической схемы.

Работа носит главным образом научный характер. В частности, вывод о равновесности состава твердых продуктов обжига в печах КС имеет фундаментальный характер. Получен большой объем экспериментальных научно-обоснованных данных, которые носят справочный характер.

В целом, полученные результаты могут быть использованы как в промышленной практике, так и в учебных целях при подготовке в ВУЗах бакалавров, магистров и аспирантов по соответствующим направлениям и научным специальностям.

#### **4. Замечания, рекомендации и выводы по работе.**

По диссертации можно сделать следующие замечания.

1. В диссертации отсутствуют сведения о составе отходящих газов, образующихся в процессе обжига, а эта информация желательна при оценке равновесия в рассматриваемых системах и необходима для разработки технологических регламентов и при проектировании.

2. В работе отсутствуют соображения о кинетике окисления сульфидных концентратов.

3. Понятно, что одному человеку невозможно выполнить технико-экономические расчеты трех технологий, на которые нацелена работа. Обычно это делают коллективы проектировщиков, включающих технологов, экологов, экономистов. При этом, как показывает практика, ошибка расчетов может составлять до 25-30% и больше. Диссертанту следовало бы провести качественные соображения эффективности переработки трех рассматриваемых концентратов с использованием обжига в печах КС. Хотелось бы на защите услышать мнение диссертанта по данному пожеланию.

В целом, диссертация написана технически грамотным языком. Автореферат соответствует диссертации, а список опубликованных работ в полной мере отражает ее содержание.

Диссертация Савиновой Ю. А. на тему «Разработка технологии переработки рудных сульфидных концентратов цветных металлов с применением окислительного обжига в печах кипящего слоя», является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученой степени (Постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Отзыв заслушан и утвержден на заседании Научно-технического отдела ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия». Протокол заседания №.44 от 06.11.2018г.

Председатель заседания,  
Начальник научно-технического отдела,  
кандидат технических наук  
Зайцев Пётр Викторович



подпись

Секретарь,  
Старший научный сотрудник  
кандидат технических наук  
Косицкая Татьяна Юрьевна



подпись

ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия», 196247, г.  
Санкт-Петербург, Ленинский проспект, д. 151. Телефон: (812) 600-77-45. E-m:  
[src@gidrometall.ru](mailto:src@gidrometall.ru). <http://gidrometall.ru>