

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

КВАЛИТЕТ

Юридический адрес: 140000, М.О., г. Люберцы, Котельнический проезд, д. 4, лит. В, ком. 7
Почтовый адрес: 140000, М.О., г. Люберцы, а/я 2791 E-mail: qualitet2004@mail.ru
ОГРН 1027739383650 ИНН 7709048728 КПП 502701001 ОКПО 40065452
Тел: (495) 679-86-27, факс: (495) 679-86-31

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Шахалова Александра Александровича** по теме: **«Автоклавная технология переработки некондиционных медных концентратов с использованием гидротермальной обработки»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – **Металлургия чёрных, цветных и редких металлов**

Целью диссертационной работы являлась разработка комбинированной технологии для переработки некондиционных полиметаллических концентратов и промпродуктов ТОО «Корпорация Казахмыс» на основе автоклавной гидрометаллургии сульфидного сырья с использованием существующего оборудования Цинкового завода ТОО «Kazakhmys Smelting (Казахмыс Смэлтинг)». Полученные в работе результаты исследований позволили разработать технологию, которая обеспечивает возможность экономически эффективной переработки двух типов некондиционных медных сульфидных концентратов с содержанием меди на уровне 11 % и 18 %, в которых в качестве ценных компонентов также присутствуют цинк, свинец, золото и серебро, а в качестве примеси – мышьяк.

Тема диссертации весьма актуальна, поскольку предложенная технология позволяет вывести из пирометаллургической переработки низкосортные медные концентраты с высоким содержанием примесей, что обеспечивает рост извлечения меди на пирометаллургическом переделе.

Разработанная технологическая схема переработки некондиционных концентратов на 80 % обеспечивается оборудованием реконструируемого Цинкового завода (г. Балхаш, Казахстан), что даёт возможность минимизировать величину капитальных затрат. Создание в Балхаше металлургического кластера, основанного на комбинированной гидро-пирометаллургической технологии, позволит повысить технический уровень и эффективность действующих предприятий корпорации «Казахмыс», вовлечь в производство сложные некондиционные концентраты и промпродукты, а также увеличить

количество перерабатываемого сырья и выпускаемой продукции, с одновременным снижением себестоимости производства.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Изучены физико-химические свойства некондиционных полиметаллических концентратов и возможности их автоклавного окислительного выщелачивания (АОВ) с переводом меди и цинка в раствор. Установлено, что селективное окисление сфалерита и халькопирита достигается с понижением давления кислорода; выявлены условия, при которых уменьшается выход элементной серы.

2. Получены кинетические характеристики процесса АОВ сульфидных полиметаллических концентратов.

3. Исследованы и определены рабочие параметры процессов автоклавного окисления и гидротермального осаждения. Показано, что АОВ концентрата Балхашской ОФ при температуре 170 °С и парциальном давлении кислорода 0,6 МПа позволяет на 89 % перевести в раствор медь и на 63 % – цинк при ограниченном окислении пирита. При этом гидротермальное осаждение меди после частичного АОВ концентрата Жезкентского ГОК при температуре 170 °С и парциальном давлении кислорода 0,6 МПа позволяет переводить в твердую фазу более 99 % меди.

4. Определена техническая возможность использования действующего автоклавного оборудования Цинкового завода ТОО «Корпорация Казахмыс» для проведения операций автоклавного окисления и гидротермального осаждения.

5. Разработаны способы выделения целевых продуктов в предлагаемой технологии.

6. Впервые создана рациональная комбинированная технологическая схема для переработки низкосортных полиметаллических концентратов, обеспечивающая получение кондиционного медного концентрата (≥ 28 % Cu) и выделение других ценных компонентов в селективные продукты, в частности: цинка и свинца соответственно – в цинковый и свинцовый концентраты, а золота и серебра – в золото-серебряный цементат, при одновременном снижении выбросов вредных веществ в основном пиromеталлургическом производстве.

7. Предложена оптимальная компоновка схемы цепи аппаратов для реализации разработанной технологии в условиях действующего производства на Балхашской промышленной площадке металлургического производства ТОО «Kazakhmys Smelting (Казахмыс Смэлтинг)». Выполнено технико-экономическое обоснование предложенной технологии, подтвердившее её экономическую эффективность. Факторами экономической эффективности проекта, указанными в диссертации, являются: повышение качества шихты для плавки в печи Ванюкова; увеличение производства катодной меди; повышение прямого извлечения меди; получение дополнительной прибыли от извлечения попутных продуктов (цинк, свинец); снижение циклической нагрузки; снижение количества отвальных шлаков медеплавильного завода; получение прибыли от вовлечения

толлингового сырья; повышение эффективности работы предприятия за счет использования оборудования и инфраструктуры законсервированного Балхашского цинкового завода; создание новых рабочих мест; улучшение экологической картины региона.

Положительной стороной диссертации является то, что в ней на конкретном примере крупного металлургического комплекса (БМЗ) показаны преимущества применения комбинированной технологии на основе автоклавной гидрометаллургии для переработки сложного по составу некондиционного полиметаллического сырья.

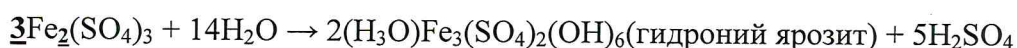
Работа представляет собой законченный научный труд, теоретические положения которого можно рассматривать как новое достижение в развитии комбинированных технологий для переработки сложных полиметаллических сульфидных материалов с получением качественных селективных концентратов. Полученные результаты свидетельствуют о решении важной научной проблемы, имеющей, в первую очередь, прикладную направленность.

Результаты исследований использованы при подготовке исходных данных для разработки проектно-сметной документации «Реконструкция Балхашского цинкового завода для переработки некондиционных медных концентратов».

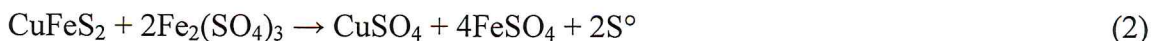
По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ, 5 тезисов докладов в сборниках материалов научно-практических конференций.

По автореферату имеются следующие вопросы и замечания.

1. В реакциях (6)-(8) на стр. 7 допущена опечатка: сульфат Fe (III) имеет вид – $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Кроме этого, левую и правую части данных реакций необходимо уравнивать:



2. В первой главе (литературном обзоре) автореферата, диссертант справедливо подчеркнул, что важное значение при АОВ имеет количество выделяющейся элементной серы. Из второй главы следует, что исследования операции АОВ проводили в среднетемпературном диапазоне (130-180 °С), а именно: при температуре 170 °С, избыточном давлении кислорода равном 0,7 МПа (общее давление 1,39 МПа) и соотношении Ж:Т равном 12:1. Выбор температурного режима обусловлен тем, что площадка перспективного внедрения разрабатываемой технологии (Цинковый завод, г. Балхаш, Казахстан) уже оборудована тремя автоклавами, рассчитанными на температуру не выше 170 °С и избыточное давление не выше 1,6 МПа. В этих условиях, как известно, халькопирит и сфалерит окисляются по реакциям с образованием элементной серы:

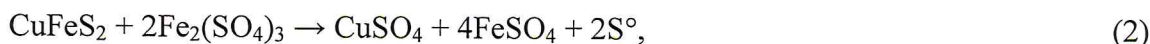


На стр. 9 и 10 отмечено, что в ходе выщелачивания процесс окисления существенно замедляется, и это, как справедливо указывает автор, связано с выделением элементарной серы и пассивацией сульфидов расплавленной серой. Данный эффект был установлен уже на стадии лабораторных экспериментов, проводимых на сильно разжиженных пульпах (Ж:Т = 12:1). Промышленные пульпы исходного сырья будут намного более плотными и, безусловно, эффект диффузионного торможения процесса выщелачивания, связанный с воздействием расплавленной серы, будет многократно сильнее. Необходимо также учитывать масштабный переход, в результате которого в автоклавах возможно даже на начальной стадии процесса образование серосульфидных гранул и плавов.

Согласно данным, представленным в табл. 1 и 2, исходные концентраты БОФ и ЖГОК, которые будут поступать на АОВ, характеризуются довольно высоким содержанием серы – 26-37 % и меди – 15-20 %. Такой материал обладает при АОВ повышенной склонностью к агрегации и гранулообразованию. В промышленных автоклавах неизбежно будет происходить образование конгломератов нефлотационного класса крупности и серосульфидных плавов («козлов»), которые будут приводить к аварийным остановкам автоклавов. Для предотвращения рисков образования в автоклаве серосульфидных конгломератов в процессах АОВ используют специальные поверхностно-активные вещества (ПАВ), препятствующие смачиванию сульфидов жидкой элементарной серой.

Вопрос: предусмотрено ли использование при АОВ специального ПАВ и, если нет, то каким образом автор планирует исключить риск образования в автоклавах серосульфидных гранул и плавов?

3. На стр. 10 сказано, что снижение парциального давления кислорода при АОВ «позволяет снизить количество образующейся элементарной серы и повысить степень вскрытия халькопирита». Вместе с тем, согласно реакциям окисления халькопирита:



масса образующейся элементарной серы прямо пропорционально количеству разложившегося халькопирита. Возникает вопрос, на основании какого предполагаемого механизма АОВ повышение вскрытия халькопирита снижает количество образующейся элементарной серы?

4. На стр. 11 диссертант утверждает, что «увеличение кислотности раствора (до $40 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$) приводит к увеличению выхода элементарной серы в остатке выщелачивания с 2,2 % до 7,1 %, при этом уменьшилось извлечение меди с 80 до 60 %». Данный факт вполне объясним с позиций отрицательного воздействия элементарной серы на кинетику окисления сульфидов. Вместе с тем, в экспериментах с заменой воды на оборотный кислый раствор (ОКР), содержащий $33 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$, скорость окисления материала согласно рис. 6, заметно повысилась, а извлечение меди в раствор – существенно увеличилось. При этом отмечено, что «количество элементарной серы в окисленном остатке в опытах с добавкой ОКР не отличалось от базового опыта». Чем можно объяснить этот парадокс?

5. Целесообразно унифицировать размерности: заменить по тексту «нл» – на «ндм³», а «г/л» – на «г/дм³».

6. Целесообразно уточнить название рисунков 9 и 10. Рис. 9: «Динамика осаждения меди и извлечения в раствор цинка в процессе ГТО», а рис. 10: «Динамика осаждения меди и извлечения в раствор цинка в процессе АО+ГТО».

Вместе с тем, высказанные замечания не снижают высокой научной и практической значимости выполненной работы.

Считаем, что диссертационная работа Шахалова А.А. отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, *Шахалов Александр Александрович*, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Заместитель Директора
ООО НПП «КВАЛИТЕТ»
по металлургии и обогащению, к.т.н.

01.02.2021

Нафталь Михаил
Нафтольевич

Подпись Нафталь Михаила Нафтольевича заверяю.
Начальник Отдела кадров ООО «НПП КВАЛИТЕТ»

/Тимакова Г.А./

