



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

Н.П. Коновалов

28 " 04 2015г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

на диссертационную работу Рогова Сергея Ивановича

«Исследование и разработка технологии получения серебра из серебряно–цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, двухстадийной окислительной плавкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

На отзыв представлена диссертационная работа на тему «Исследование и разработка технологии получения серебра из серебряно – цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, двухстадийной окислительной плавкой», изложенная на 141 страницах, содержащая 18 таблиц, 35 рисунков, 4 главы, выводы, список литературы из 92 наименований и приложения.

#### Актуальность работы

Потребность в благородных металлах неуклонно растет во всем мире. В то же время происходит сокращение инвестиций в развитие минерально-сырьевой базы, уменьшаются разведанные запасы. Поэтому разрыв между потребностью и производством благородных металлов может быть в какой-то степени восполнен вовлечением в переработку вышедших из строя ломов аккумуляторов превосходящие по содержанию компонентов в тысячи раз по сравнению с разведанными запасами.

Известно, что заводы по переработке вторичных драгоценных металлов на протяжении длительного периода успешно перерабатывают лом серебряно-цинковых аккумуляторов. Такие аккумуляторы поступают после демонтажа с дизельных подводных лодок, замены по истечению срока хранения на арсеналах торпедного вооружения, по истечению срока эксплуатации в частях и соединениях военно-воздушных сил и ракетных войсках стратегического назначения.

В последнее время с целью экономии серебра производители аккумуляторов без изменения их технических характеристик начали вводить в их состав до 10-15 % свинца взамен серебра. Такие аккумуляторы после истечения срока их эксплуатации или хранения на арсеналах стали поступать на переработку. Однако для создания технологии получения серебра

из серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, следует прибегать к нетрадиционным подходам. В связи с этим диссертационная работа Рогова С.И., посвященная научному обоснованию и созданию технологии переработки лома серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, с регенерацией серебра и тяжелых цветных металлов и получением нужной продукции, является актуальной.

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, научная новизна и практическая значимость, сформулированы цель и задачи исследований.

**В первой главе** представлен аналитический обзор опубликованных теоретических и практических работ, в котором рассмотрены существующие технологии получения серебра из аккумуляторов различного состава. Оценено современное состояние технологической базы для получения данного металла из ломов с учетом последних запатентованных разработок. Отмечено, что способы получения серебра из серебряно-цинковых руд, содержащих свинец, практически не исследовались, а поступление аккумуляторов аналогичного состава и их накопление приводят к необходимости в создании технологии их переработки, что является одной из наиболее важных проблем аффинажа благородных металлов.

На основе проведенного анализа литературных данных сформулированы задачи, требующие разработки научно-обоснованной технологии переработки лома серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, с очисткой серебра и тяжелых цветных металлов и получением нужной продукции.

**Во второй главе** приведены результаты исследования восстановительной плавки лома серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, и определены основные показатели технологического процесса.

По результатам проведенных исследований установлено, что при восстановительной плавке не удается достичь полной отгонки примесей, что приводит к большим потерям серебра. Экспериментально доказано, что данный восстановительный процесс целесообразно применять для ломов с умеренно низкими содержаниями свинца.

В заключении данной главы отмечено, что применение восстановительной плавки для извлечения серебра из ломов серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, ввиду выше перечисленных и ряд других причин является нерентабельным.

На основании предварительного анализа литературных данных о закономерностях поведения основных компонентов при восстановительной плавке автором высказано предположение об эффективности использования окислительной плавки, что способствует уменьшению потерь серебра и удалению свинца.

**В третьей главе** приведены результаты теоретического анализа физико-химических исследований процесса окислительной плавки лома серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец.

Изучено поведение примесей (свинец и цинк) и их взаимное влияние на степень очистки серебра. По результатам проведенных физико-химических исследований предложена принципиально новая технологическая схема: двухстадийная окислительная плавка при температуре 1150 °С, включающая окислительный процесс с целью ошлакования цинка, отделение цинково-силикатного шлака от расплава, скоростное охлаждение расплава при 75 °С/мин с последующей плавкой под слоем покровного флюса. Установлено, что применение данной технологии на лабораторной стадии позволило получить черновой металл с содержанием в нем серебра на уровне 96,4 % и с минимальными его потерями (0,18 %).

**В четвертой главе** работы представлены результаты полупромышленных испытаний предложенной технологии и произведена математическая обработка полученных данных, позволяющая оценить влияние различных параметров на потери серебра и качество получаемого металла.

Полупромышленные испытания по разработанной технологии проведены на ОАО «Щелковский завод вторичных драгоценных металлов» и ЗАО «ДИЭМ – 21». Показано, что предложенная двухстадийная плавка с отделением цинково-силикатного шлака после первой стадии от расплава, скоростное охлаждение полученного расплава и повторная его плавка под слоем покровного флюса на второй стадии позволяет получить черновое серебро с содержанием в нем целевого металла до 95,3 %.

Расчеты по математической обработке полученных данных показали высокую достоверность результатов полупромышленного испытания на уровне 98 %. Отмечено, что предложенные уравнения позволяют прогнозировать технологические показатели при постоянно изменяющемся составе исходного сырья.

Отмечено, что экономический эффект от применения данной технологии за счет вовлечения в переработку серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, составит 37000 рублей на 1 тонну перерабатываемого сырья.

**В заключении** приведены общие результаты и выводы, полученные в работе.

#### **Научная новизна работы**

- экспериментально и теоретически доказаны особенности поведения свинца в присутствии цинка в расплаве чернового серебра при окислительной плавке лома с флюсами, проявляющиеся в том, что возгонка свинца не происходит вследствие того, что цинк и его

пары, вступая во взаимодействие с оксидными соединениями свинца, восстанавливает его до металлической формы;

- выявлен эффект повышения качества черного серебра при скоростном охлаждении, обусловленный тем, что кислород, поглощенный расплавом, при скоростном охлаждении активно окисляет свинец и способствует его полному удалению в виде легколетучего оксида.

**Достоверность научных положений и выводов**, приведенных в диссертационной работе, обеспечена использованием современных методов анализа и аттестованных методик, а также сходимостью результатов лабораторных и полупромышленных испытаний.

Материалы диссертационной работы докладывались на международных конференциях; по результатам исследований опубликовано 7 научных трудов, в т.ч. 3 статьи в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ, 1 монографию.

#### **Практическая значимость работы**

- разработана принципиально новая технологическая схема переработки серебряно–цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, двухстадийной плавкой, включающей отделение расплава от шлака после первой стадии, с последующим скоростным охлаждением и плавкой охлажденного расплава под слоем покровного флюса с получением товарного продукта, содержащего до 96,4 % серебра;

- проведены полупромышленные испытания предложенной технологии извлечения серебра из лома серебряно–цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, объемом 8,9 тонн, на ОАО «Щелковский завод вторичных драгоценных металлов» и ЗАО «ДИЭМ – 21» с получением товарного продукта, содержащего до 95,3 % серебра.

#### **По диссертационной работе и автореферату имеются следующие замечания:**

1. В исследуемом ломе содержится меди в среднем до 3 %. Однако, не совсем ясно, почему не были поставлены задачи по изучению поведения меди и вывода ее из технологической схемы; целесообразно было дать также материальный баланс по данному металлу.

2. Аккумуляторы, вышедшие из строя и поступающие на заводы, являются крупногабаритными и требуют перед операцией разделки и дробления. Из представленного материала не совсем ясно, как было произведено дробление. Следовало бы дать информацию о крупности материала и дополнительно ввести добавить в технологическую схему операцию данную подготовительную операцию.

3. На стр. 109-110 текста диссертации приведенные результаты полупромышленных испытаний процесса выщелачивания цинка недостаточно информативны; дополнение техно-

логической схемы данной операцией является излишним, так как не входит в изначально поставленные задачи, требующие решения.

4. Замечания по пунктуации и орфографии по тексту диссертации и автореферата:

- отсутствуют запятые либо появляются лишние (с. 11,17, 33, 37 (наименование п. 1.3), с. 46, с. 50 (наименование п. 2.5), с. 17 автореферата );
- неверные падежные окончания (с. 26 «При переработки...», с. 19 автореферата «... показателем экономической эффективностью...» и «... за счет вовлечении...» и др.),
- неоднократные повторы одинаковых слов как в рядом стоящих предложениях, так и в одном,
- одновременное упоминание устаревшей и современной терминологии («оксид» и «окись»).

5. Отсутствие результатов математической обработки данных полупромышленных испытаний, хотя автором на основе модельных расчетов предложены уравнения, позволяющие в режиме реального времени прогнозировать и контролировать технологические показатели при постоянно изменяющемся составе исходного сырья.

Однако приведенные замечания в целом не влияют на общее положительное впечатление о диссертационной работе. Материалы исследований изложены технически грамотным, научным языком. Заключение и выводы работы представляются полностью обоснованными. Они соответствуют сформулированным целям, задачам, научной и практической значимости проведенных исследований.

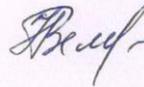
В целом, диссертационная работа Рогова С.И. позволяет расширить знания по проблеме переработке серебряно-цинковых аккумуляторов, содержащих свинец. Стиль изложения материала в диссертационной работе технически грамотный. Ее содержание обладает высокой степенью проработки, последовательностью и ясностью изложения научных результатов. Оформление работы соответствует Государственным стандартам, требованиям ВАК и действующим нормативным документам. Текст автореферата соответствует основному содержанию диссертации и дает достаточно полное представление о структуре, научной новизне и практической значимости работы, а также доказательной базе защищаемых положений, апробации и публикациях по теме диссертации.

Диссертационная работа Рогова Сергея Ивановича «Исследование и разработка технологии получения серебра из серебряно–цинковых аккумуляторов, содержащих свинец, двухстадийной окислительной плавкой» является законченной научно-квалификационной работой содержит необходимые квалификационные признаки, соответствующие Пункту 9 Поло-

жения ВАК Минобрнауки РФ «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

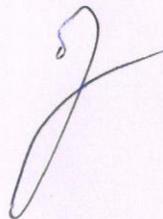
Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры «Металлургия цветных металлов», протокол № 11 от 27 апреля 2015 г.

Заведующая кафедрой  
«Металлургия цветных металлов»,  
доктор технических наук, профессор



Немчинова  
Нина Владимировна

Секретарь, доцент кафедры  
«Металлургия цветных металлов»,  
кандидат технических наук, доцент



Белусова  
Ольга Викторовна

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кафедра «Металлургия цветных металлов», тел.  
(3952) 405-116; e-mail: [kafmcm@istu.edu](mailto:kafmcm@istu.edu)

