

## УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Институт металлургии  
Уральского отделения Российской академии  
наук, член корреспондент РАН, доктор  
физико-математических наук

Андрей Андреевич Ремпель  
«30» октября 2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук на диссертационную работу Меньщикова Викентия Алексеевича «Совершенствование технологии переработки вторичных медьсодержащих материалов в ТРОФ-конвертере», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - Металлургия черных, цветных и редких металлов

**Общая характеристика работы.** Диссертационная работа выполнена на кафедре Металлургии цветных металлов Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Диссертация изложена на 197 страницах машинописного текста, содержит 85 рисунков, 24 таблицы и 1 приложение. Отдельные главы между собой логически связаны, структурированы, каждая заканчивается выводами. В заключении проведено обобщение полученных результатов. Список использованной литературы состоит из 97 источников, отражающих последние достижения в области металлургии цветных металлов и теории металлургических процессов. По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Научная работа направлена на разработку технологии переработки медно-цинкового лома в ТРОФ-конвертере.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов, результатов**

**Во введении** отмечена актуальность работы, сформулированы цель исследования, суть научной проблемы и защищаемые положения.

**В первой главе** представлен литературный обзор работ, посвященных анализу составов шлаков и их свойства. Особое внимание уделено влиянию оксида цинка на физико-химические свойства шлакового расплава. В главе также приведен обзор известных пиро- и гидрометаллургических технологий переработки цинксодержащего медного сырья. Обоснована необходимость совершенствования существующей технологии переработки медьсодержащего вторичного сырья.

**Во второй главе** приведены результаты статистической обработки заводских данных ОАО «Новгородский металлургический завод» по составам шлака и металла. Оценено влияние состава шихты ТРОФ-конвертера на распределение ценных компонентов по продуктам плавки.

Показано, что увеличение содержания цинка в шихте плавки латунных ломов сопровождается ростом содержания меди в шлаках. Наибольшее влияние на содержание меди в шлаке оказывает содержащийся в шлаке цинк (22–24 % масс.). Выработан подход к статистической обработке показателей промышленного оборудования, который позволяет обоснованно оценивать влияние режимов работы на потери материалов и их извлечение.

**В третьей главе** приведены результаты изучения химического и фазового составов шлаков от плавки латунных ломов и шлаков огневого рафинирования меди. Определены формы нахождения цинка в шлаках, их вязкость и электропроводность, даны рекомендации по составу шихты исходя из требуемых свойств шлаков. По результатам термодинамического моделирования переработки сырья (смесь шлаков) оценены возможные достигаемые показатели, что позволило уменьшить объемы экспериментального моделирования. Показана эффективность использования металлического железа в качестве восстановителя для отгонки цинка их оксидного расплава. Установлено влияние состава газовой фазы на полноту обесцинкования шлакового расплава. Выявленные кинетические зависимости обесцинкования шлаковых расплавов позволяют обоснованно регулировать процесса и достигать требуемых показателей по составу продуктов и

извлечению металлов. Исходя из годовых объемов переработки сырья и возможностей имеющегося на ЗАО «Новгородский металлургический завод» оборудования, определены оптимальные параметры его переработки в промышленных условиях.

**В четвертой главе** Представлены результаты изучения гидродинамики работы ТРОФ-конвертера, для чего использован метод холодного моделирования и подбора критериев подобия. Установлено, что на этапе плавления материала вращение конвертера оказывает значимое влияние на массообменные процессы. После расплавления сырья влияние вращательной составляющей снижается. Выявлены траектории движения материала в объеме жидкой ванны. Определены скорости движения расплава. На основании критериальных зависимостей определена константа массоотдачи на поверхности восстановителя в зависимости от скорости движения расплава. Подтвержден диффузионный режим процесса обесцинкования. Полученные данные позволяют пояснить последовательность процессов в ТРОФ-конвертере и установить роль аэро-гидродинамических характеристик его работы на достигаемые технологические показатели..

**В пятой главе** приведены сведения о тепловой работе ТРОФ-конвертера при переработке смеси шлаков, определены величины тепловых потерь. На основании термодинамического моделирования и данных о составе шлаков определена последовательность реакций и их тепловые эффекты. На основании полученных данных составлены материальный и тепловой балансы, позволяющие прогнозировать показатели процесса и методы их корректировки.

**В шестой главе** приведены результаты промышленных испытаний плавки латунного лома и обеднения шлака огневого рафинирования. Эксперименты проведены в промышленном масштабе, переработано 30 т ломов. Подтверждена корреляция между содержанием меди и цинка в шлаке, а также возможность обесцинкование шлака введением металлического железа. Процесс обеднения шлаков проведен с использованием биметалла

железного лома. Достигнуто снижение содержание цинка в шлаке до 5.5 – 7.6%, а меди – 2.3-8.6%. Технология рекомендована для использования при переработке медно-цинкового вторичного сырья.

**Научная новизна работы заключается** в том, что установлены основные физико–химические свойства оксидных расплавов с повышенным содержанием меди и цинка, определены закономерности изменения состава шлака при совместной переработки цинксодержащих шлаков с металлическим железом. Определены кинетические параметры отгонки цинка из оксидного расплава, рассчитаны константы скоростей и энергии активации вероятных реакций. Установлены математические зависимости, интерпретирующие процессы массообмена в условиях барботажа в ТРОФ-конверторе.

**Практическая ценность.** Разработаны технические решения для организации процесса комплексной переработки высокоцинковистых шлаков и шлаков анодных печей, обеспечивающие доизвлечение меди и цинка. Разработаны предложения по снижению техногенной нагрузки на окружающую среду за счет добавки флюсующих агентов, обеспечивающих отгонку цинка и снижающих объем шлаков.

Использование результатов работы осуществлено на предприятии по переработке медного лома ЗАО «Новгородский металлургический завод». Результаты предполагается использовать в научно-исследовательских и проектных институтах - в части обоснований новых технологий и оборудования, а также вузах (УрФУ) – качестве методических материалов подготовки магистров по специальности «Металлургия».

Основные материалы диссертации достаточно полно изложены в печатных изданиях. По результатам работы опубликовано 7 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах рекомендованных ВАК. Материалы диссертации доложены на научно-практических конференциях.

Автореферат охватывает основные положения диссертационной работы и полностью отражает ее содержание.

Защищаемые научные положения и выводы обоснованы проведёнными теоретическими и экспериментальными изысканиями. Достоверность результатов обеспечена представительностью и надёжностью исходных данных; применением сертифицированного оборудования, современных средств и методик проведения экспериментов, использованием достоверных и аттестованных методик выполнения измерений.

Объект, предмет диссертации, цели и задач работы, а также содержание основных разделов, позволяют утверждать, что диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.16.02 «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

По содержанию диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Взаимосвязь выполненных теоретических выкладок и выбора технологических параметров прослежена не явно. Значительная часть работы посвящена термодинамическим расчетам, каким образом полученные данные повлияли на обоснование и выбор параметров работы ТРОФ-конвертора? Каким образом полученные многочисленные сведения о кинетике реакций и их лимитирующих стадиях использованы для достижения цели и задачи работы в целом.

2. Автор бегло охарактеризовал состав исходных шлаков, опираясь лишь на данные рентгенофазового анализа, из которых не ясно в каких формах находятся цветные металлы, какова доля механических потерь?

3. Математической обработкой изменения вязкости шлаков с температурой определены значения энергий активации. Однако в расчеты вошли и значения вязкости для гетерогенного (температуры ниже первичной кристаллизации) состояния оксидного расплава. Поэтому величины энергии активации не имеют научной значимости для пояснения вязкого течения расплава.

4. В таблице 3.4.4 (страницы 82-87) автор привел большое количество вероятных химических реакций, однако, никаких фактов, подтверждающих

их протекание и использование для пояснения механизма процессов, не приводятся.

5. Проведенные аэро-гидродинамические исследования не отвечают на ряд важных вопросов, касающихся минимальной скорости газового потока из сопла, необходимой глубины проникновения струи газа.

6. Не ясно, почему для импортного агрегата применена русифицированная аббревиатура – ТРОФ-конвертор?

7. В списке использованной литературы встречаются ссылки на работы, выполненные в пятидесятых и шестидесятых годах прошлого века (13, 14, 19, 26, 28, 29, 32, 68, 79). Большую значимость имеют первоисточники, а не их обобщение в виде учебников.

8. В современной научной литературе не используется понятия окись и закись.

Высказанные замечания не снижают ценность полученных результатов и научно-практическую значимость всей работы, но указывают на аспекты, которые необходимо учесть при дальнейшем изучении и практическом использовании предлагаемого процесса.

### **Заключение**

Диссертационная работа Меньщикова Викентия Алексеевича «Совершенствование технологии переработки медьсодержащего сырья в ТРОФ-конвертере», является квалификационной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью в направлении совершенствования переработки медно-цинкового вторичного сырья. Основные положения диссертации в достаточной мере обсуждены на конференциях и совещаниях, опубликованы в научно-технических журналах. По критериям актуальности, новизны, достоверности полученных соискателем результатов, а также научной и практической значимости работа соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденном Постановлением

Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 (с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335).

Работа полностью соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, а её автор, Меньщиков Викентий Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация Меньщикова В.А. и отзыв на нее обсуждены и утверждены на расширенном научном- семинаре лаборатории пирометаллургии цветных металлов, протокол № 46 от 19.10.2018 г, и утверждена на заседании ученого совета Института металлургии УрО РАН, протокол № 4 от 30 октября 2018 г.

Председатель научного семинара, доктор технических наук,  
заведующий лабораторией пирометаллургии цветных  
металлов Института металлургии Уральского отделения  
Российской академии наук

  
Селиванов Евгений Николаевич

Секретарь научного семинара, кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории пирометаллургии  
цветных металлов ФБГУН Института металлургии  
Уральского отделения Российской академии наук

Уполовникова Алена Геннадьевна

620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена 101, Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки Институт металлургии Уральского отделения  
Российской академии наук (ИМЕТ УрО РАН).

Телефон: (343) 267-91-24, 267-91-30.

e-mail: imet.uran@gmail.com, admin@imet.mplik.ru

Подпись Селиванова Е.Н. и Уполовниковой А.Г. удостоверяю  
Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН,  
кандидат химических наук

Пономарев Владислав Игоревич

