



# АО «УРАЛМЕХАНОБР»

ИНН 6661000466 КПП 667101001

юридический адрес: 620063 Свердловская обл.,

г. Екатеринбург ул. Хохрякова, 87

почтовый адрес: 620144 г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, 87

многоканальный телефон (343) 344-27-42 \* 2000

e-mail: umbr@umbr.ru, www.umbr.ru

---

## ОТЗЫВ

**На автореферат диссертации Якорнова Сергея Александровича  
«Технология переработки цинксодержащих пылей дуговых  
сталеплавильных печей с получением цинкового порошка»,  
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности 2.6.2. - Metallургия черных, цветных и редких  
металлов**

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время на предприятиях черной металлургии скопились значительные запасы цинксодержащих пылей электродуговых печей. Несмотря на высокое содержание цинка, данные пыли не пригодны для переработки по существующей технологии производства цинка. Накопление пылей, помимо возрастающего влияния на экологию, приводит к выводу содержащегося в них цинка из цинкового рециклинга, что будет способствовать увеличению дефицита цинка на мировом рынке.

Поэтому тема диссертации, посвященная разработке научно обоснованной технологии переработки пылей черной металлургии с получением конкурентоспособных видов товарной продукции, является актуальной.

**Научная новизна и теоретическая значимость исследования** заключается, прежде всего, в основополагающих физико-химических положениях, составляющих теоретическую базу процессов твердофазного обменного взаимодействия феррита цинка с оксидом кальция. При этом:

1. Предложена схема диффузии элементов внутри фазы феррита цинка в результате взаимодействия её с оксидом кальция и впервые установлено образование зональной структуры (3 зоны) внутри фазы феррита цинка.

2. Доказано, что суммарный процесс взаимодействия в системе  $ZnFe_2O_4 - CaO$  в интервале температур 1000-1100 °С подчиняется уравнению диффузионной кинетики в твердой фазе.

4. Впервые определен коэффициент диффузии оксида кальция в системе  $ZnFe_2O_4 - CaO$  в интервале температур 900-1100 °С.

5. Впервые установлено, что в системе  $ZnO - Ca_2Fe_2O_5 - NaOH$  взаимодействия между элементами системы могут протекать в различных режимах в зависимости от начальных параметров системы.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается использованием стандартных и апробированных методик, современных методов анализа и обработки полученных результатов. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

**Практическая значимость.** Разработаны теоретические основы для понимания и описания физико-химических процессов, протекающих при твердофазном взаимодействии ферритных соединений цинка с оксидом кальция, теоретические представления о механизме гетерофазных реакций выщелачивания цинксодержащих фаз в щелочных средах, осуществлено моделирование процесса катодного осаждения кристаллического цинка из цинкатных растворов. Выявленные закономерности позволяют прогнозировать получение товарного продукта с заданными свойствами и минимизировать количество установочных экспериментов.

Полученные в ходе исследования данные служат фундаментальной основой для разработки и промышленной реализации новой технологии переработки ранее складированных в отвал техногенных отходов – пылей дуговых сталеплавильных печей.

По результатам проведенных исследований и опытно-промышленных испытаний подготовлена к внедрению новая технология переработки пылей ДСП с получением высококачественных цинковых порошков и железосодержащего продукта, реализуемого на предприятия строительной индустрии и горнодобывающей промышленности.

**Публикации.** Научные результаты работы изложены в 41 печатной работе, включая 18 научных статей в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, из которых 15



статей, опубликованы в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science (WoS), и 7 патентов Российской Федерации.

**Личный вклад автора** состоит в формировании целей и направлений исследований, планировании экспериментальных исследований и разработке технологий переработки цинк-свинцовосодержащих пылей черной металлургии, анализе и обработке экспериментальных данных, подготовке рукописей статей в научные журналы и заявок на получение патентов РФ, а также обосновании аппаратного оформления процессов, реализации разработанных технологических процессов в условиях действующих производств, технико-экономической оценке эффективности предложенных технологий.

По автореферату имеются следующие вопросы:

1. Какое влияние оказывают примесные элементы входящие в состав пылей на эффективность предложенной технологии?
2. Возможно ли получение товарного железного концентрата, пригодного для переработки на сталеплавильных предприятиях?

#### **Заключение.**

Диссертация представляет собой крупную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных исследований предлагаются варианты

По созданию безотходной технологии, повышения комплексности использования сырья и охраны окружающей среды в цветной металлургии. Диссертация Якорнова Сергея Александровича «Технология переработки цинксодержащих пылей дуговых сталеплавильных печей с получением цинкового порошка», выполнена и оформлена на высоком научном уровне, обладает внутренним единством, материал изложен грамотно, логично, выводы и рекомендации достоверны и сомнений не вызывают. Научные и технологические результаты имеют практическую ценность. Якорнов Сергей Александрович является известным специалистом в области металлургии тяжелых цветных металлов.

Имеющиеся замечания по автореферату не ставят под сомнение достоверность полученных в работе результатов, а также ее научную и практическую значимость. По своей актуальности, научной и практической значимости представленная диссертационная работа соответствует паспорту

специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов, а также требованиям п. 9, установленных Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», а ее автор Якорнов Сергей Александрович – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
«Окускования и физико-механических  
испытаний» института АО  
«Уралмеханобр», доктор технических  
наук, профессор

  
Жуков Владимир Петрович

Подпись Жукова В.П. заверяю Начальник отдела кадров АО «Уралмеханобр»  
Олюнина Ольга Викторовна 



АО «Уралмеханобр», 620063, Россия, Свердловская область, гор.  
Екатеринбург, ул. Хохрякова, д. 87, Телефон +7(343)344-27-42 доб. 2189,  
E-mail: Zhukov\_VP@umbr.ru

Дата: 10.06.2024