

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертационную работу

**Байконурова Ердена Галымовича**

на тему «Поведение компонентов жаропрочных сплавов при электрохимической переработке вторичного металлосодержащего сырья»,

представленную на соискание степени доктора философии (Ph.D)

по специальности: «6D070900 – Metallurgy»

### **1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники).**

Представленная на рецензию диссертационная работа Байконурова Ердена Галымовича освещает вопросы электрохимической переработки отработанных жаропрочных сплавов с применением кислотных электролитов. Тема диссертации является актуальной, поскольку количество отработанных сплавов, в том числе и жаропрочных на никелевой основе, растет год от года и проблема их переработки становится значимой не только с точки зрения экологии, но и с точки зрения рециклинга компонентов сплавов.

Актуальность темы и методы переработки сплавов, существующие в настоящее время, хорошо описаны соискателем в подробном анализе литературных данных, где показано, что наряду с прямыми методами пирометаллургической переработки могут быть с успехом использованы гидрометаллургические и электрохимические методы, которые могут позволить не только решить проблему переработки отработанных сплавов, но быть основой для получения новых промежуточных и целевых продуктов для различных отраслей промышленности и техники.

Особое внимание в диссертационной работе уделено электрохимическим методам, преимущество которых состоит в избирательности растворения и осаждения металлов в процессе электролиза и, как следствие, возможности получения одновременно целевого продукта и концентрата цветных и редких металлов, причем получаемый электролит можно с успехом рассматривать как концентрат тяжелых цветных металлов и рения.

На процесс электрохимической переработки могут влиять следующие факторы: природа отработанного сплава, природа и концентрация электролита, режимы электролиза и процессы, связанные с образованием продуктов электролиза – катодного осадка, электролита и анодного шлама. Поэтому рассмотрение поведения компонентов жаропрочного сплава при его электрохимической переработке действительно является важным элементом в разработке технологии переработки отработанных сплавов на никелевой основе.

Практически все указанные факторы рассмотрены в настоящей диссертационной работе, решен ряд проблемных вопросов, связанных с изучением анодного растворения жаропрочного сплава ЖС32-ВИ, показано, что возможен довольно селективный перевод никеля, кобальта и рения в кислый электролит и последующее осаждение названных металлов в виде порошковой смеси, пригодной для создания композиционных материалов, что усиливает

значимость и актуальность выбранного докторантом Байконуровым Ерденом Галымовичем, направления исследований.

Кроме того, следует учесть, что отработанные жаропрочные сплавы на никелевой основе для Республики Казахстан могут явиться источником ряда цветных металлов, в настоящее время не производимых в нашей стране.

Диссертационная работа имеет непосредственную связь с общегосударственными программами, в частности, с Бюджетной программой 055 «Научная и (или) научно-техническая деятельность», подпрограммой 100 «Программно-целевое финансирование» (приоритет «Фундаментальные исследования в области естественных наук», подприоритет «Фундаментальные основы процессов, базирующихся на электрохимических процессах») на 2015-2017 г.г.

## **2. Научные результаты и их обоснованность.**

К наиболее существенным научным результатам, полученным диссертантом, следует отнести следующие положения:

1) установлена возможность получения никельсодержащего порошка прогнозируемого состава и дисперсности в результате электрохимической переработки жаропрочного сплава ЖС32-ВИ при варьировании режимов электролиза и состава электролита;

2) выявлено поведение компонентов жаропрочного сплава ЖС32-ВИ в ходе его электрохимической переработки;

3) выявлено влияние сульфосалициловой кислоты на процесс электрохимической переработки сплава ЖС32-ВИ и качество получаемого катодного осадка.

Научная новизна полученных результатов, заключающаяся, прежде всего, в том, что установлена возможность получения электролитического никельсодержащего порошка, которая основана на выборе режима анодного растворения, природы электролита и применении сульфосалициловой кислоты в качестве добавки к электролиту, как органического поверхностно-активного поляризующего соединения, не вызывает сомнений.

В результате исследований, выполненных докторантом, отработаны условия проведения электрохимической переработки жаропрочного сплава ЖС32-ВИ, проведены балансовые опыты, результаты которых показали не только научную, но и практическую значимость представленной на рецензирование диссертационной работы.

Научные результаты, полученные Байконуровым Ерденом Галымовичем являются достоверными и обоснованными, поскольку основываются на обширных теоретических сведениях в области электрохимической переработки сплавов цветных металлов, квалифицированно систематизированных в диссертационной работе. Полученные данные сопровождаются соответствующими физико-химическими анализами с применением современного аналитического оборудования и имеют необходимое метрологическое обеспечение.

### 3. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), выводов и заключений, сформулированных в диссертации.

Результаты 1-го положения достоверны и обоснованы, так как:

– проведено подробное термодинамическое обоснование возможности химического и электрохимического растворения никельсодержащего сплава ЖС32-ВИ с использованием современной программы термодинамических расчетов HSC Chemistry 5.11 компании Outokumpu Technology Engineering Research, которое показало принципиальную возможность перевода в состав электролита ряда цветных металлов и рения и концентрирование редких и редкоземельным металлов в нерастворимом остатке;

– произведен поиск начальных условий электрохимической переработки никельсодержащего сплава ЖС32-ВИ с использованием современного потенциостата марки PCI4/750/ZRA в потенциодинамическом режиме с охватом анодной и катодной областей потенциала (от минус 2 до 3 В) с настройкой автоматической регистрации тока, в результате которого установлено, что в качестве электролита следует использовать минеральные кислоты с концентрацией не ниже 50 г/л, электролиз проводить при потенциале на аноде не ниже 2 В, и потенциале на катоде менее минус 0,5 В;

– обоснован выбор кислотного электролита, показано, что при одном и том же количестве электричества, пропущенном через электролит, максимальный переход в состав электролита никеля и рения наблюдается именно в кислотных электролитах;

– при изучении процесса электрохимической переработки никельсодержащего сплава ЖС32-ВИ показано и доказано преимущество использования азотнокислого электролита, что сопровождается контролем состава продуктов электролиза, выполненного с использованием современных методов физико-химического анализа;

– показана и обоснована возможность получения целевых продуктов – катодного осадка, представляющего собой мелкодисперсный никельсодержащий порошок, и анодного шлама, являющегося фактически концентратом редких металлов.

Результаты 2-го положения достоверны и обоснованы, поскольку поведение компонентов жаропрочного сплава ЖС32-ВИ в ходе его электрохимической переработки выражалось в виде демонстрации составов продуктов электролиза, полученных современными методами анализа.

Результаты 3-го положения достоверны и обоснованы, поскольку влияние сульфосалициловой кислоты на процесс электрохимической переработки сплава ЖС32-ВИ и качество получаемого катодного осадка заключается в экранировании центров кристаллизации сульфосалициловой кислотой, что способствует росту поляризации и возникновению новых центров кристаллизации осаждающегося на катоде никельсодержащего порошка, величина зерен которого уменьшается в ее присутствии. Этот вывод подтвержден изучением гранулометрического состава и микрофотографиями получаемых катодных осадков, сравнением их между собой.

Полученные результаты исследований имеют достаточно удовлетворительную корреляцию с литературными данными.

Таким образом, достоверность и обоснованность основных научных результатов исследований и выводов, сформулированных в диссертационной работе, обеспечиваются привлечением современных физико-химических и электрохимических методов исследований, а также корреляцией полученных данных с литературными сведениями.

Кроме того, метод электрохимической переработки никельсодержащего сплава ЖС32-ВИ с использованием смешанного соляно-азотнокислого электролита прошел тестовые испытания, которые подтверждаются соответствующим актом испытаний.

#### **4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации.**

Результат 1 является новым, поскольку получены данные, которые могут позволить проводить электрохимическую переработку никельсодержащего сплава с использованием широкого круга электролитов и режимов электролиза, которые ранее не осуществлялись.

Результат 2 является новым, так как показано, что в зависимости от выбора режима анодного растворения и природы электролита можно получить катодные осадки различного качества:

– из сернокислого электролита – никельсодержащий порошок с содержанием никеля около 95 %;

– из азотнокислого электролита – никельсодержащий порошок, в составе которого в зависимости от режимов электролиза могут присутствовать кобальт, рений и алюминий;

– из солянокислого электролита – никельсодержащий порошок, в составе которого присутствуют кобальт и алюминий.

Результат 3 является новым, так как полученный в ходе электрохимической переработки никельсодержащий порошок отличался мелкодисперсностью и хорошими реологическими данными, исходя из микрофотографий, представленных в работе.

Косвенно новизна полученных результатов подтверждается их публикацией в 3 журналах рекомендованных ККСОН МОН РК, 1 журнале, входящем в базу данных Scopus и участием в 4 научных конференциях различного масштаба и уровня.

#### **5. Оценка внутреннего единства полученных результатов.**

Диссертационная работа характеризуется внутренним единством, обусловленным системным подходом при проведении исследований, включая выбор исходных материалов для проведения исследований, выполнение термодинамического обоснования химического и анодного растворения компонентов жаропрочного сплава ЖС32-ВИ, изучение процесса электрохимической переработки жаропрочного сплава ЖС32-ВИ с использованием кислотных электролитов и добавки поляризующего агента и проведение балансовых опытов с получением целевых продуктов – катодного осадка, представляющего собой мелкодисперсный никельсодержащий порошок,

и анодного шлама, являющегося фактически концентратом цветных и редких металлов.

Следует отметить основное достоинство представленной для рецензирования диссертационной работы – подчиненность всех исследований поставленным задачам и стремление автора обосновать теоретически и практически полученные результаты.

#### **6. Направленность полученных соискателем результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи.**

Полученные в работе научные результаты направлены на решение актуальной научной задачи по выявлению поведения компонентов никельсодержащего жаропрочного сплава ЖС32-ВИ при его электрохимической переработке и прикладной задачи – возможности рециклинга цветных и редких металлов в условиях металлургических предприятий Республики Казахстан.

#### **7. Подтверждение достаточной полноты публикации основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации.**

Основные положения, результаты и выводы диссертации в достаточном объеме опубликованы в 9 научных работах, из них 1 статья в рецензируемом научном журнале по базе Scopus (Цветные металлы, IF = 0,216), 3 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК две статьи в News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan «Series of geology and technical sciences», а также публикация в журнале «Промышленность Казахстана». Материалы диссертации были представлены и обсуждены на 4 научных конференциях международного и республиканского уровней.

#### **8. Соответствие аннотации (автореферата) содержанию диссертации.**

Аннотация диссертационной работы полностью соответствует содержанию диссертации, поскольку отражает актуальность, теоретическую и практическую значимость работы, в ней указаны цели и задачи работы, приведены основные результаты, полученные в ходе исследований, отражена научная новизна работы. В аннотации также указаны методы исследований, анализа и обработки данных, применяемые в ходе экспериментальных работ. Кроме того, в аннотации показана связь работы с общенаучными и общегосударственными программами и положениями, выносимыми на защиту.

#### **9. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации.**

По работе имеются следующие замечания и пожелания:

1) не показаны объемы накопившихся отработанных жаропрочных сплавов на никелевой основе в Республике Казахстан;

2) недостаточно обоснован выбор концентрации сульфосалициловой кислоты, добавляемой в состав электролита для уменьшения размеров зерен катодного осадка;

3) не представлена математическая модель процесса электрохимической переработки, которая могла бы позволить составить программу получения катодных осадков варьируемого состава и дисперсности.

В то же время, представленные замечания не умаляют достоинства работы и не затрагивают ее основных положений, выводов и научных результатов.

**10. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по надзору и аттестации в сфере образования и науки РК.**

Исходя из вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа «Поведение компонентов жаропрочных сплавов при электрохимической переработке вторичного металлсодержащего сырья» выполнена с соблюдением принципов самостоятельности, внутреннего единства, научной новизны, достоверности и практической ценности, что полностью соответствует требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК, а ее автор – Байконуров Ерден Галымович – за решение приоритетной задачи в области электрохимической переработки отработанных никельсодержащих сплавов с получением мелкодисперсного никельсодержащего порошка и концентрата редких металлов – заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070900 – Metallurgy».

Официальный рецензент,  
к.т.н., в.н.с. лаборатории «Технологии  
электрохимических производств»  
РГП «НЦ КМПС РК»



*Хомяков*

Хомяков А.П.

