

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Тарганова Игоря Евгеньевича «Сорбция рения и кобальта при комплексной переработке шлифотходов никелевых суперсплавов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 –
Технология редких рассеянных и радиоактивных элементов

Актуальность темы диссертации. Рений является критически важным редким металлом, который применяется при производстве специальных жаропрочных сплавов для авиакосмической отрасли, производстве катализаторов риформинга в нефтеперерабатывающей промышленности, электронике. Отсутствие на территории Российской Федерации традиционных сырьевых источников первичного рения – молибденовых и медных сульфидных руд, обуславливает зависимость от импортных поставок и необходимость вовлечения в переработку вторичного рениевого сырья – отходов производства суперсплавов, при производстве которых используется до 80 % объема потребления рения, и утилизации изделий, в составе которых данные суперсплавы присутствуют.

В настоящее время значительное потребление кобальта связано с изготовлением литий-ионных аккумуляторных батарей для автомобильной промышленности, в которых кобальт используется в качестве катодного материала.

Один из широко используемых традиционных гидрометаллургических методов переработки растворов – сорбционный, однако имеющиеся сорбенты, в силу сложного состава растворов, отличаются невысокой селективностью по отношению к целевым металлам. В связи с этим тема диссертационной работы Тарганова Игоря Евгеньевича, посвященной изучению сорбционных характеристик новых импрегнатов и ТВЭКСов для извлечения рения из растворов комплексной переработки отходов рений-

никелевого суперсплава а также определение условий селективной сорбции кобальта из солянокислых растворов анионитами различного типа актуальна.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Впервые изучены сорбционно-десорбционные характеристики комплексообразующего ионита ТВЭКСа-ДИДА, содержащего диизододециламин, макропористого анионита марки Indion 850 с функциональными группами третичных и четвертичных аминов.

2. Определены кинетические характеристики сорбции рения ТВЭКСом-ДИДА из раствора выщелачивания рения при комплексной переработке шлифотходов никелевых суперсплавов, а также кобальта при температуре 70 °С из модельного раствора выщелачивания цветных металлов из шлифотходов никелевых суперсплавов анионитом марки Indion 850.

Практическая значимость работы состоит в том, что автором определены оптимальные условия окислительного выщелачивания рения растворами соляной кислоты, показана возможность количественного извлечения рения комплексообразующим сорбентом ТВЭКС-ДИДА и кобальта макропористым анионитом Indion 850 из солянокислых растворов комплексной переработки шлифотходов рений-никелевого суперсплава. Полученные данные подтверждены результатами укрупненных лабораторных испытаний сорбционного извлечения рения и кобальта из солянокислых растворов выщелачивания шлифотходов рений-никелевого суперсплава с получением продуктов: перрената аммония и оксида кобальта.

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа Тарганова Игоря Евгеньевича изложена на 160 страницах машинописного текста, включает введение, 6 глав, в которых представлены основные результаты работы и их обсуждение, выводы, заключение, список литературных источников. Работа содержит 62 рисунка и 32 таблицы. Список литературных источников включает 141 наименование.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации сформулированы цель и задачи исследования, изложены научная новизна и практическая значимость работы.

Глава 1 посвящена анализу методов переработки (вскрытия) отходов рений – и кобальтсодержащих суперсплавов, рассмотрены гидрометаллургические методы извлечения этих металлов. Приводятся сведения по сорбционным и экстракционным методам выделения и концентрирования рения, разделения кобальта и никеля с использованием ряда анионитов и экстрагентов различных классов. Анализ литературных данных позволил автору корректно сформулировать цель и задачи работы.

В главе 2 приводится описание используемых методик анализов, методов экспериментальных исследований при изучении растворения шлифотходов в растворах минеральных кислот, физико-химических и сорбционных характеристик материалов, математической обработки экспериментальных данных.

В главе 3 представлены результаты по изучению основных параметров процесса выщелачивания никеля и рения их шлифотходов суперсплавов, определены оптимальные условия выщелачивания рения раствором соляной кислоты в присутствии окислителя. При обработке кинетических данных выщелачивания никеля из шлифотходов раствором соляной кислоты с установлено, что процесс протекает в кинетической области реагирования. Изучение процесса выщелачивания рения раствором пероксида водорода в соляной кислоте из твердого остатка солянокислого выщелачивания никеля с применением диффузионных и кинетических моделей показало, что скорость выщелачивания лимитирует диффузия пероксида водорода в твердом концентрате.

В главе 4 представлены результаты исследований по сорбции рения экстрагентсодержащими материалами из солянокислых растворов комплексной переработки отходов ренийсодержащего сплава. Показано, что

наибольшее значение коэффициента детерминации (R^2) наблюдается при использовании модели псевдо-второго порядка для материалов (И-ДИДА 21 %, И-ТАА 21 %, И-ДИДА 57 %, И-ТАА 57 %, ТВЭКС-ДИДА) со значениями в интервале (0,992-0,998). С помощью диффузионной модели Вебера-Морриса определено, что сорбцию рения лимитирует внутренняя диффузия. Полная динамическая обменная емкость по рению, определенная при исследовании динамических характеристик сорбции рения ТВЭКСом-ДИДА из солянокислых растворов выщелачивания шлифотходов ренийсодержащего сплава, составила 105 мг/г, рассчитано значение кинетического коэффициента сорбции рения при заданном значении сбросной концентрации.

В главе 5, на основании результатов исследований по сорбции кобальта из модельных солянокислых растворов в статических условиях анионитами различной степени основности, по критерию значения максимального значения сорбционной емкости, отобраны три перспективных образца сорбентов: Axionit VPA G.2.4, Indion 850 и Lewatit MonoPlus MP 800. Далее этот перечень анионитов был уточнен при изучении сорбции кобальта из смешанного Ni–Co раствора, состав которого был определен ранее – анионит Lewatit MonoPlus MP 800 в последующих экспериментах не использовали, в следствие его наименьшей сорбционной емкости.

При изучении сорбентов в различных ионных формах методом ИК-спектроскопии, диссертантом показано, что взаимодействие рения с функциональными группами ТВЭКСа-ДИДА и кобальта с функциональными группами анионита Indion 850 протекает по механизму ионного обмена.

В главе 6 представлены результаты апробации полученных в главах 3–5 данных по выщелачиванию ценных компонентов из шлифотходов никелевого суперсплава, а также сорбции рения и кобальта из образующихся растворов, разработана принципиальная технологическая схема сорбционного извлечения рения и кобальта. Качество полученных оксида

кобальта и перрената аммония по содержанию лимитируемых примесей соответствует действующей нормативной документации.

Проведена оценка экономической эффективности предлагаемой технологии переработки шлифотходов с сорбционным извлечением рения и кобальта.

Полученные автором результаты, с использованием современных методов исследований: элементный анализ образцов методом ICP-MS - масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой ICPMS-2030 (Shimadzu, Япония), вскрытие твердых образцов - система микроволнового разложения проб MC-10, ИК спектроскопии - ИК-Фурье спектрометра Nicolet 380 (Thermo Scientific, США) и лабораторного оборудования (универсальный коллектор фракций Eldex R (U-200) и др.) **достоверны**, воспроизводимость результатов, а также согласованность результатов не противоречат опубликованным данным, представленными в независимых источниках по близкой тематике, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном числе исходных данных и расчетов.

Степень завершенности и качество оформления диссертации

Диссертация Тарганова Игоря Евгеньевича представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, направленную на решение актуальной задачи – получению сорбционных характеристик новых импрегнатов и ТВЭКСов для сорбционного извлечения рения и кобальта из растворов комплексной переработки отходов рений-никелевого суперсплава. Текст диссертации написан грамотно, работа оформлена в соответствии с требованиями Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»

Подтверждение публикации основных результатов диссертации в научных изданиях

По материалам диссертации опубликовано 17 работ, из них 3 статьи в журналах, входящих в международные базы данных научного цитирования Scopus, 13 – в материалах и тезисах конференций. Указанные публикации полностью отражают основное содержание диссертационной работы Тарганова Игоря Евгеньевича.

Соответствие автореферата основным положениям и выводам диссертации

В представленном соискателем автореферате достаточно полно раскрыто содержание диссертационной работы, при одновременном сохранении ее структурной составляющей.

Замечания по содержанию диссертации

1. В главе 5 определена оптимальная концентрация соляной кислоты при сорбции кобальта из никель-кобальтовых растворов анионитом Indion 850 – 4 М, сорбция кобальта при проведении укрупненных лабораторных испытаний проведена из раствора, скорректированного по содержанию соляной кислоты до этого значения. Промывка насыщенного анионита была проведена 9 М соляной кислотой, при этом ранее показано, что при увеличении в исходном растворе концентрации соляной кислоты с 4 до 5 М, емкость по кобальту снижается. Не понятно, чем обусловлен выбор состава промывного раствора.

2. Не показано распределение никеля в элюатах при десорбции кобальта при проведении укрупненных лабораторных испытаний, также отсутствуют данные по остаточному содержанию никеля и кобальта в анионите после десорбции.

3. При изучении ИК-спектров анионита Indion 850 (Глава 5) указывается на появление полосы поглощения $943,83 \text{ см}^{-1}$ при переводе

анионита из сульфатной в хлоридную форму, однако отнесение этой полосы к определенным группам отсутствует.

Отдельные замечания не являются принципиальными и не снижают общего положительного впечатления от диссертации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть использованы на предприятиях, связанных с производством лопаток, турбин для двигателей самолетов и газовых турбин большой мощности, например ОАО «Пермские моторы», ПАО «Тюменские моторостроители» и ПАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение», а также при переработке отходов электролитного передела, образующихся на горнодобывающих предприятиях, например ПАО «Норильский никель».

Заключение

По своему содержанию диссертационная работа Тарганова Игоря Евгеньевича соответствует паспорту научной специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части направлений исследований «Очистка и концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья».

Диссертация Тарганова Игоря Евгеньевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи сорбционного извлечения рения и кобальта при комплексной переработке шлифотходов рений-никелевого суперсплава. Реализация этих исследований и разработок внесет значительный вклад в экономическое развитие и экологическую безопасность металлургической и горнорудной промышленности Российской Федерации.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней в

федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Тарганов Игорь Евгеньевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Официальный оппонент,
начальник отдела комплексной переработки сырья
АО «ВНИПИпромтехнологии»,
кандидат технических наук
специальность 05.17.02 – технология редких,
рассеянных и радиоактивных элементов

А.А. Соловьев

Дата: 24.04.2024

Личную подпись Соловьева Алексея Александровича
удостоверяю



Даю свое согласие на обработку персональных данных, включенных в документы, связанные с работой диссертационного совета.

*Соловьев Алексей Александрович
Начальник отдела комплексной переработки сырья Акционерного общества «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии» (АО «ВНИПИпромтехнологии») 115409, Россия, г. Москва, Каширское шоссе, дом 33. Тел. +7(495)544-11-22, E-mail: Solovev.A.A@vnipt.ru*