

## ОТЗЫВ

официального оппонента Архипова Павла Александровича на диссертацию Кузаса Евгения Александровича «Растворение сырья, содержащего металлы платиновой группы, под действием электрического тока», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов

Изменение технологии переработки сырья – сложный шаг для любого промышленного предприятия, поскольку он связан, как правило, со значительными капитальными затратами. Наиболее часто такие процессы происходят вынужденно, как по экономическим, так и экологическим соображениям. В случае с АО «ЕЗ ОЦМ» стремление производить химические соединения родия высокой степени чистоты и желание сократить продолжительность аффинажа обусловило необходимость разработки технологий, альтернативных процессам спекания с окислителями и царсководочного растворения. С учётом особенностей производственного процесса (объёмы и виды перерабатываемого сырья, содержащего МПГ), предпочтение отдано электрохимическим технологиям.

В литературе имеется достаточное количество исследований и сведений о лабораторном применении электрического тока при растворении МПГ. Однако промышленное применение электрохимических процессов ограничено, что связано с их низкой интенсивностью.

В рассматриваемой диссертационной работе предпринята попытка научного обоснования и разработки универсальных технологий растворения сырья, содержащего МПГ, под действием электрического тока в соляной кислоте (порошка родия, шлиховой платины и пр.). Данные технологии отличаются низкими капитальными и операционными затратами, простотой, минимальными экологическими рисками.

Во **введении** приведены общие сведения о диссертационной работе, в **первой главе** – подробный обзор литературных источников.

С теоретической точки зрения наибольший интерес представляют сведения, приведённые во **второй главе**. Автором сделана попытка обоснования предложенного механизма растворения МПГ под действием электрического тока в соляной кислоте – электрохлорирования. Показано, что дисперсные типы сырья (порошок родия и полупродукты, содержащие МПГ) преимущественно растворяются под действием атомарного хлора, выделяющегося на поверхности МПГ, а не под влиянием механизмов электроокисления или гидрохлорирования.

При изучении особенностей пассивации платины, родия и иридия при их поляризации под действием электрического тока в концентрированной соляной кислоте удалось установить, что атомы кислорода, находясь в хемофазах и/или в составе оксидов, покрывают всю поверхность электродов уже через несколько десятков секунд после начала процесса. Наибольшее влияние полученные результаты оказали на выбор типа электрического тока для процесса растворения родия при проведении лабораторных исследований и промышленного проектирования технологии электрохлорирования порошка родия.

На основании данных кинетического анализа автор сделал заключение о лимитировании стадий электроокисления хлорид-ионов и хемосорбции атомарного хлора в процессах электрохлорирования. Для интенсификации данных процессов в промышленных условиях предложено увеличение плотности тока.

В **третьей и четвёртой главах** приведены сведения о разработке технологий электрохлорирования порошка родия и полупродуктов, содержащих МПГ. Учитывая склонность родия к кислородной пассивации, наибольший интерес представляют результаты лабораторных исследований, направленных на выбор оптимального типа тока. Как и ожидалось, при использовании постоянного и переменного токов скорость растворения родия в соляной кислоте является крайне низкой и уменьшается с течением времени под влиянием кислородной

пассивации. Удалось установить, что использование периодического тока способно нивелировать явление кислородной пассивации. Однако полное устранение указанного явления возможно лишь при использовании периодического тока с длительностью прохождения его в прямом и обратном импульсах 1/1 мин/мин. Автор выдвигает обоснованные предположения относительно причин полного депассивирующего эффекта указанного типа тока, основанные на промышленной практике процесса, что, в том числе, отражает научную новизну диссертационной работы.

Экономические сведения и акт внедрения технологии электрохлорирования порошка родия, приведённые в **пятой главе и приложениях**, подтверждают практическую значимость проведённых исследований.

Успешно применив электрический ток в процессе растворения порошка родия, автор предложил использовать метод электрохлорирования при растворении других видов сырья, содержащих МПГ, – шлиховой платины, КП-1 и пр. Разработка данной технологии находится на стадии промышленного проектирования.

**По диссертации имеются следующие вопросы и замечания:**

В целом в диссертационной работе Кузаса Е.А. дано решение научной проблемы электрохимического гидрохлорирования родия и МПГ в среде раствора HCl, имеющей важное практическое значение.

При ознакомлении с диссертационной работой возникли следующие замечания по содержанию и оформлению:

1. К сожалению, в работе нет анализа анодных процессов, учитывающих степень окисления МПГ и подтверждение количества переносимых электронов в электродном процессе для конкретных металлов.

2. Поверхность отдельно взятых платины и иридия под действием постоянного тока пассивируется, а сплав платины с иридием интенсивно растворяется (стр. 61), чем это может быть обусловлено?

3. При определении режимов и значений константы скорости реакции электрохлорирования порошка родия использованы уравнения Павлюченко (стр. 70, выражения 2.26, 2.27), которые применимы для реакций зарождения и роста твердых фаз. Объяснение правомерности применения этих уравнений приведенное на стр. 78 носит описательный характер. На сколько оправдано в условиях протекания процесса электрохлорирования, применение уравнений для кинетического анализа топохимических реакций, есть ли экспериментальные подтверждения образования и роста твердой фазы?

4. При использовании объемного электрода (присутствие электропроводных частиц в пульпе) может ли во время катодного импульса на частичках активированного угля выделяться водород?

5. В диссертационной работе встречается ряд неудачных выражений: «образована ... атомов» (стр. 60), «Скорость растворения большинства МПГ повторяет такую для платины...» (стр. 110) и т.д.

Высказанные замечания не снижают общей высокой оценки работы. По формальным признакам (оформление диссертации, количество и качество научных публикаций), а также теоретической и практической значимости диссертационная работа является законченным научным трудом и соответствует требованиям ВАК.

Актуальность темы очевидна, поскольку существующие технологии переработки сырья, содержащего МПГ (спекание с окислителями, гидрохлорирование, царсководочное растворение), не отвечают требованиям, предъявляемым АО «ЕЗ ОЦМ» к современным производственным процессам, по критериям капитальных, операционных затрат, а также экологических рисков.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна не вызывают сомнений.

Диссертация Кузаса Евгения Александровича «Растворение сырья, содержащего металлы платиновой группы, под действием электрического тока»

соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

Считаю, что автор диссертации Кузас Евгений Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент  
кандидат химических наук,  
заместитель руководителя  
научно-исследовательского отдела электролиза  
ФГБУН Институт высокотемпературной  
электрохимии Уральского отделения  
Российской академии наук

Архипов Павел Александрович

*22.03.2018 г.*

620137, Россия, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д. 20,  
тел.: 8 (343) 362–34–62,  
e-mail: arh@ihte.uran.ru

Подпись Архипова Павла Александровича заверяю:

Ученый секретарь  
ФГБУН Институт высокотемпературной  
электрохимии Уральского отделения  
Российской академии наук

Кодинцева Анна Олеговна