

На основании полученных результатов (рис 1. и рис 2.) по подбору оптимальных параметров электролиза, можно сделать следующие выводы:

- при увеличении уровня электролита в электролизерах (№101–136) наблюдается снижение МГД-нестабильности на 4,5 мВ и повышение выхода по току на 0,2 % за счет полного расплавлению поступающего глинозема, тем самым снижается образование осадков на подине электролизера, что способствует снижению перепада напряжения на границе «анод-электролит»;
 - при повышении температуры электролита в электролизерах (№201–236) наблюдается снижение МГД-нестабильности на 2,6 мВ и повышение выхода по току на 0,2 % за счет увеличения скорости расплавления поступающего глинозема, что в свою очередь приводит к снижению потерь в электролите;
 - при увеличении цикла замены анодов в электролизерах (№301–336) наблюдается снижение МГД-нестабильности на 2,3 мВ и повышение выхода по току на 0,2 %, за счет снижения количество операций на электролизере, что приводит к сохранению теплового баланса электролизеров;
 - при установке анодов с пропилами 250–100мм наблюдается снижение МГД-нестабильности электролизеров (№601–636) на 2,3 мВ и повышение выхода по току на 0,2 %, за счет равномерного выхода анодных газов под анодными блоками, что приводит к снижению циркуляции металла и электролита;
 - при установке анодов ниже горизонта установки анодов электролизеров (№401–436), при установке на торцевые группы анодов без пропила электролизеров (№501–536), при увеличении навески плавикового шпата электролизеров (№701–736) и при увеличении уставного напряжения на 2 больше регламентируемых параметров электролизеров (№801–836) снижение МГД-нестабильности и увеличение выхода по току не наблюдалось, из-за негативного влияния данных мероприятий на процесс электролиза.
- Таким образом, на основании полученных проведенных экспериментальных исследований по определению оптимальных технологических параметров электролизеров и снижению МГД-нестабильности было определено, что необходимо следующее:
- 1) поддерживать уровень электролита не ниже 16 см;
 - 2) температура процесса не ниже 95,5 °С;
 - 3) устанавливать аноды с пропилом 250–100 мм;

4) цикл замены анодов 29 дней, при условиях поставки качественного сырья для производства обожженных анодов. Полученные результаты полезны в практическом применении в условиях АО «КЭЗ».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ибрагимов А.Т., Пак Р.В. Технология производства алюминия на электролизерах АО «Казахстанский электролитный завод». Монография. – Павлодар: ТОО Дом печати, 2012. – 288 с.
- 2 Операционная карта основных работ. Корректировка уровня электролита. КЭЗ-ОК-10.3-001-2012. – Павлодар, 2012. – 7 с.
- 3 Операционная карта основных работ. Замена анодов. КЭЗ-ОК-10.3-051-2021. Павлодар, 2021. – 13 с.
- 4 ТР-КЭЗ-1.10-024-2021 Временный технологический регламент по работе с электролизерами имеющих МГД-нестабильность. – Павлодар, 2021. – 34 с.

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОЛОВА ИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ

САПИНОВ Р. В.
преподаватель специальных дисциплин,
Павлодарский машиностроительный колледж, г. Павлодар
КУЛЬШМАНОВА Ж. Т.
преподаватель химии и биологии,
Павлодарский машиностроительный колледж, г. Павлодар
БАЕВА А. Б.
специалист, ФРГП на ПХВ НПЭ КЭЗ МЗ РК, Павлодарская обл.

Олово является важнейшим компонентом для электронной промышленности. На производство припоев для электроники идет 49 % (140 тыс. т) всего производимого олова (рисунок 1), и это доля в связи с ростом потребления микроэлектроники увеличивается. Мировые минеральные запасы олова составляют около 5 млн. тонн, при ежегодном потреблении 300 тыс. тонн [1]. Только 15 % Sn из электронных отходов перерабатывается вторично, поскольку оптимальной технологии извлечения олова из электронных отходов не разработано и порядка 100 тыс. т олова уходит на свалки с электронными отходами [2]. В ближайшее десятилетие мир может столкнуться с дефицитом этого металла. В связи с этим с 2021 по 2022 год цена олова на Лондонской бирже увеличилась с 21 тыс.

до 43 тыс. долларов США [3]. Для расширения материально-сырьевой базы и снижения рисков, связанных с нехваткой олова необходимо улучшать технологии переработки различного оловосодержащего сырья и вовлекать в переработку техногенные и электронные отходы. В Казахстане, несмотря на присутствие минерально-сырьевой и техногенной базы, на сегодняшний день практически отсутствует производство и переработка олова, а также практически не ведутся научные изыскания в этом направлении. В условиях значительного удорожания олова и больших перспектив расширения сферы его применения, а также сокращения запасов, поиск оптимальной технологии извлечения олова из различных видов оловосодержащего сырья является очень важным и может положить начало целой индустрии. Цель данной работы оценить перспективы переработки электронного лома – печатных плат смартфонов с помощью гидрометаллургических методов в качестве сырья для производства олова.

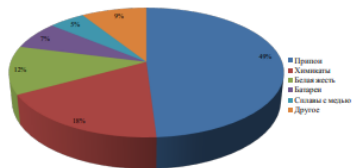


Рисунок 1 – Распределение потребления олова (тыс. т) по отраслям в 2019 г [4]

На сегодняшний день существуют различные способы переработки электронного лома. В их числе относятся пирометаллургические и гидрометаллургические методы переработки [5]. Многими исследователями отмечается, что пирометаллургические методы переработки электронного лома уступают гидрометаллургическим методам по энергосбережению и экологичности [6]. Гидрометаллургические методы переработки основаны на растворении полезного компонента и перевода его в продуктивный раствор с последующим осаждением различными способами [7]. Для этого используются различные реагенты. В данном исследовании в качестве реагента был использован водный

раствор серной кислоты. Для проведения анализов использовалось оборудование факультета инженерии Торайгыров Университета и ВКТУ им Д.Серикбаева.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования были использованы электронные отходы - печатные платы смартфонов (рисунок 2). Часть плат была измельчена для определения содержания олова. Для определения содержания олова и других ценных компонентов спектральным методом использовался масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой ICP-MS 7500ex. Для исследования фазового состава использовали рентгеновский дифрактометр X'Pert PRO фирмы Panalitical. Для выщелачивания использовали водный раствор серной кислоты 140 г/дм³ плотностью 1,83 г/см³. Плата помещалась в химический стакан при комнатной температуре и атмосферном давлении на 24 часа. Данные параметры были определены ранее опытным путем. Полученный продуктивный раствор фильтровали, производился замер химических элементов в продуктивном растворе. Обработанную печатную плату промывали водой, измельчали и замеряли содержание олова. Извлечение олова проводилось подсчетом материального баланса.



Рисунок 2 – Печатная плата смартфона

Результаты и обсуждение. В таблице 1 показано среднее содержание химических элементов в печатной плате смартфона. Видно, что содержание олова относится сырье к богатому. Кроме этого в печатных платах большое содержание меди-27%. Все элементы находятся в металлическом виде. Таким образом, сырье печатные платы очень перспективный вид сырья.

Таблица 1 – Содержание ценных компонентов в печатных платах смартфонов (масс. %)

№	Sn	Cu	Ni	Al	Fe
1	2,4	27	0,4	14	3

Реакция растворения олова водным раствором серной кислоты идет согласно реакции 1. Поскольку ΔG реакции 1, при комнатной температуре = - 302 кДж/моль, реакция протекает самопроизвольно.

$$\text{Sn} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SnSO}_4 + \text{SO}_2(\text{r}) + 2\text{H}_2\text{O} \quad (1)$$

На рисунке 3 показано, что после 24 часов практически весь припой был удален с поверхности печатной платы.

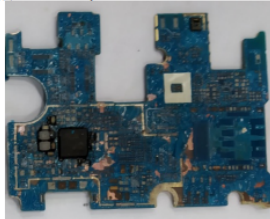


Рисунок 3 – Печатная плата смартфона после выщелачивания

В результате проведенного анализа было установлено, что 84 % олова было переведено в продуктивный раствор. Из раствора олово можно осадить при помощи электролиза либо цементирования на более электроотрицательном металле.

Заключение. Проведенное исследование показало, что использованные печатные платы являются ценным источником таких металлов как олово и медь. В платах эти металлы содержатся в количествах превышающих их содержание в минеральном сырье. Гидрометаллургические методы переработки позволяют перевести олово в продуктивный раствор и далее осадить его получив ценный продукт. Авторы считают, что работы в направлении переработки электронного лома с целью извлечения олова из электронных отходов возможны и перспективны.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Официальный сайт Геологической службы США // Tin Statistics and Information. USGS. National Minerals Information Center 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/tin-statistics-and-information>. [дата обращения: 26.03.2022]
- 2 Официальный сайт международной ассоциации олова // I.T.A. E-waste tin recovery success for EnviroLeach 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.internationaltin.org/e-waste-tin-recovery-success-for-enviroleach>. [дата обращения: 07.08.2021]
- 3 Официальный сайт Лондонской биржи металлов // LME tin official prices, US\$/t. – 2021 – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lme.com/Metals/Non-ferrous/Tin#tabIndex=0>. (дата обращения 07.08.2021)
- 4 Официальный сайт международной ассоциации олова // I.T.A. Global Resources Reserves 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.internationaltin.org/wp-content/uploads/2020/02/Global-Resources-Reserves-2020-Update.pdf>. [дата обращения: 07.08.2021]
- 5 Ruslan Viktorovich Sapinov, Marzhan Anuarbekovna Sadenova, Natalya Anatolyevna Kulenova, Natalya Vasilievna Oleinikova. Improving Hydrometallurgical Methods for Processing Tin containing Electronic Waste. Chemical engineering transactions. – 2020– VOL. 81. 1021. [на англ. яз.].
- 6 Zhang Y., Wang J., Cao C., Su Z., Chen Y., Lu M., Liu S., Jiang T. New understanding on the separation of tin from magnetite-type, tin-bearing tailings via mineral phase reconstruction processes // Journal of Materials Research and Technology. – 2019. –8 (6), P 5790-5801. [на англ. яз.].

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

ТИМУР И. Т.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТОЛЫМБЕКОВА Л.Б

PhD, асоц.профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

Современные тенденции в производстве стали показывают, что отечественные компании-производители конкурируют на внутреннем и мировом рынке металлопродукции, что обосновывает