



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

ТОМ 4, N2, 2008, 93-102

УДК 621.355:541.135

МАЛОВІДХОДНА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА КОМПЛЕКСНА ПЕРЕРОБКА ВІДПРАЦЬОВАНИХ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Н. В. Ісаєва-Парцванія, О. І. Сердюк

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Україна, 86123.*

E-mail: nina_par_is@mail.ru

Отримана 10 квітня 2008; прийнята 5 травня 2008.

Анотація. Робота присвячена вивченню більш екологічно чистої електрохімічної технології переробки свинцевий-кислотних акумуляторів в електролітах на основі кремнефтористоводородної кислоти. Запропонована комплексна схема переробки свинцевомістких компонентів акумуляторів, що включає відділення акумуляторного шламу, його подрібнення, десульфатацію, розчинення відповідним для цієї мети реагентом і електророзчинення попереднє десульфатованих акумуляторних пластин в отриманому електроліті після введення додаткових компонентів, що дозволяють полішити його експлуатаційні властивості. Розглянуто вплив концентрації солі свинцю, кремнефтористоводородної кислоти, різних ПАВ в електроліті на параметри електролізу і швидкість переробки (допустиму катодну щільність струму, швидкість осадження свинцю і розчинення акумуляторних пластин, катодний і анодний виходи по струму, анодний вихід по продукту). Підібраний склад електроліту, раціональний з екологічної і технологічної точок зору.

Ключові слова: екологічна безпека, відпрацьований свинцево-кислотний акумулятор, електрохімічна переробка, викиди забруднюючих речовин.

МАЛОУХОДНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННЫХ СВИНЦОВО- КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Н. В. Исаева-Парцванія, А. И. Сердюк

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Украина, 86123.*

E-mail: nina_par_is@mail.ru

Получена 10 апреля 2008; принята 5 мая 2008.

Аннотация. Работа посвящена изучению более экологически чистой электрохимической технологии переработки свинцово-кислотных аккумуляторов в электролитах на основе кремнефтористоводородной кислоты. Предложена комплексная схема переработки свинецсодержащих компонентов аккумуляторов, включающая отделение аккумуляторного шлама, его измельчение, десульфатацию, растворение подходящим для этой цели реагентом и электрорастворение предварительно десульфатированных аккумуляторных пластин в полученном электролите после введения добавочных компонентов, позволяющих улучшить его эксплуатационные свойства. Рассмотрено влияние концентрации соли свинца, кремнефтористоводородной кислоты, различных ПАВ в электролите на параметры электролиза и скорость переработки (допустимую катодную плотность тока, скорость осаднения свинца и растворения аккумуляторных пластин, катодный и анодный выходы по току, анодный выход по продукту). Подобран состав электролита, рациональный с экологической и технологической точек зрения

Ключевые слова: экологическая безопасность, отработанный свинцово-кислотный аккумулятор, электрохимическая переработка, выбросы загрязняющих веществ.

THE SMALL WASTED SAFE ECOLOGICAL COMPLEX PROCESSING OF SPENT LEAD-ACID BATTERIES

N. V. Isayeva-Partsvaniya, A. I. Serdyuk

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Derzhavina str., 2, Makeyevka, Ukraine, 86123.

E-mail: nina_par_is@mail.ru

Received 10 April 2008; accepted 5 May 2008.

Abstract. Work is devoted to the study more ecologically clean electrochemical technology of lead-acid processing accumulators in electrolytes on the basis of silicic fluorine hydrogen acid. The complex chart of lead contained processing of components of accumulators, including the separation of accumulator sludge its, grinding, desulphatation, dissolution by suitable reagent for this purpose, is proposed, and electric dissolution of preliminary desulphated of plates in the received electrolyte after introduction of additional components, allowing to improve its operating properties. Influence of lead salt concentration, of silicic fluorine hydrogen acids, different acid substances in an electrolyte on the electrolysis parameters and processing speed has been considered (tolerable cathode density of flow, speed of lead sludge and accumulator plate's dissolution, cathode and anode outputs along the flow, anode output product). Composition of electrolyte, in terms of rational ecology and technology has been selected.

Keywords: ecology safety spent lead-acid battery, the electrochemical processing, emissions of polluting substances.

Введение

На сегодняшний день менее чем половины общего производства свинца в мире (4,7 млн. т) получается в процессе переработки свинцового лома. Основной источник лома свинца для переработки в США – это свинцово-кислотные аккумуляторы (СКА) (около 90 %) [1]. Исползованные автомобильные аккумуляторы составляют около 85 % от этого количества. Другими перерабатываемыми свинецсодержащими материалами являются оболочка от телефонных и силовых кабелей, свинцовые трубы и листы, аноды, печатные платы, окалина, шлак и пыль. В Европе и почти во всем остальном мире лом СКА составляет только около половины свинцового скрапа, поступающего на заводы по переработке. Основным вторичным перерабатываемым сырьем являются кабельные оболочки, свинцовые листы и трубы. Однако в ближайшее время в связи с увеличением количества автотранспорта, ожидается резкое увеличение доли СКА в перерабатываемом скрапе.

Ужесточающееся законодательство США, большинства европейских стран, в том числе России и Украины строго регламентирует порядок сбора и переработки свинцового лома. Требования предполагают сбор, хранение и транспортировку аккумуляторов только в неразобранном виде, что исключает попадание сернокислого электролита в окружающую среду. Однако в отличие от стран Европы и США, где сбор и последующую передачу отработанных аккумуляторов дилерам или непосредственно предприятиям по переработке, осуществляют сами СТО, в Украине существующие требования к сбору и переработке аккумуляторов не выполняются, т.к. отсутствует система централизованного сбора отработанных батарей.

Другой крупной проблемой не только в нашей стране, но и во всем мире является экологическая опасность процесса переработки аккумуляторов. Основными применяемыми по сей день технологиями являются пирометаллургические с использованием доменных печей,

длинных и коротких вращающихся печей для обжига и сушки, отражательных, электрических и дутьевых вращающихся печей. В США превалирует доменное производство вторичного свинца, требующее дожига оксида углерода, в процессе которого образуется свинец с высоким содержанием сурьмы и большое количество шлака, являющегося опасным видом отхода [2]. В большинстве других стран мира вращающиеся печи заменили доменные, однако это не решило основных проблем пирометаллургического производства. Необходимое снижение нагрузки на окружающую среду при переработке аккумуляторов и другого свинецсодержащего лома идет по пути усовершенствования имеющихся пирометаллургических технологий [3–6], разработки технологий рекуперации, утилизации или обезвреживания опасных отходов производства [7–9], разработки и внедрения новых низкотемпературных гидрометаллургических [10–12] и электрохимических (электрохимия расплавов, водных сред) технологий [13–16], разработки менее токсичных аккумуляторных батарей [17]. Перспективные электрохимические и гидрометаллургические технологии пока нашли применение только на некоторых заводах в Канаде и Италии, что связано с недостаточно высокой скоростью переработки, а, следовательно, ее низкой производительностью и относительной дороговизной. Однако, ссылок на исследования по совершенствованию данных технологий и подбору условий с целью повышения скорости переработки до сегодняшнего дня в литературе практически нет, хотя, несомненно, в рамках Концепции устойчивого развития, в условиях возрастающего значения такого фактора, как влияние предприятий на качество окружающей среды, именно такие исследования помогут массовому производству перейти от устаревших пирометаллургических к единственно альтернативным более экологически безопасным гидрометаллургическим и электрохимическим технологиям.

Целью данных исследований является разработка схемы комплексной переработки и подбор условий переработки отработанных СКА электрохимическим методом с применением наиболее экологически безопасного из всех имеющихся методов электролиза жидких сред.

1. Методы и материалы исследований

В качестве электролита для переработки выбран кремнефтористоводородный, позволяющий вести процесс электроосаждения металлов в форсированном режиме, предельно допустимые токи в котором в 2-4 раза превышают величины таких токов в электролитах с сульфат- и фосфат-ионами при прочих равных условиях, а подвижность ионов на 30-40 % выше, чем в электролитах с другими лигандами. Поляризация электродов и выход по току в кремнефтористоводородных электролитах выше, чем в других, что способствует улучшению качества катодного осадка и снижению вредных выбросов. Преимуществами кремнефтористоводородной кислоты по сравнению с борфтористоводородной является то, что концентрация основных компонентов в кремнефтористоводородном электролите ниже, чем в борфтористоводородном (ионов свинца в 1,5 – 2 раза, свободной кислоты в 1,3 – 2,3 раза). Кроме того, исследования показывают, что электролиз в кремнефтористых электролитах увеличивает содержание HF и SiF₄ в воздухе за счет процессов захвата электролита пузырьками газа, а не за счет электрохимического образования [18], из электролита при температуре до 60°C и концентрации кислоты до 800 г/л испаряется исключительно вода.

Электролит приготавливался по стандартным методикам. Состав используемого электролита варьировался в пределах, г/л:

- кремнефторид свинца – 5-150;
- кремнефтористоводородная кислота свободная (42 %) – 5-25;
- борная кислота – 5-6;
- ПАВ – 0,001 – 10,0.

В качестве поверхностно-активных применялись следующие вещества и их композиции в разных концентрациях: техническая желатина, сульфитно-спиртовая барда (ССБ), являющаяся отходом сульфидной обработки древесины, столярный клей, глицерин, неионогенный полиакриламид (ПАА) с низкой степенью анионности АК-618-02 с молекулярной массой 9 млн, полиэтиленоксид с молекулярной массой 1,1 млн, этиленгликоль, трилон X-100, децилсульфат натрия, додецилсульфат натрия, пентадецилсульфат натрия, цетилпиридиний бромид (гексадецилпиридиний бромид).

Анализ электролита на содержание в нем свинца осуществлялся комплексонометрическим методом с индикатором эриохромом черным Т, кремнефтористоводородной кислоты - титрованием с тропеолином 00.

Десульфатация аккумуляторных пластин проводилась в растворе гидроксида натрия концентрацией 10-20 г/л в течение суток, после чего пластины несколько раз промывались дистиллированной водой до нейтральной реакции по универсальной индикаторной бумаге.

Для определения допустимой плотности тока использовали ячейку Хула.

Электроосаждение свинца проводили на свинцовые пластины толщиной 0,1 см размером 3x4, 3x6, 3x8 см (в зависимости от требуемой плотности тока). Для подачи тока на электроды применялся источник постоянного тока с регулируемым напряжением с диапазоном силы тока от 0,1 до 1,5 А, напряжения – от 0 до 10 В. В качестве анодов применялись фрагменты аккумуляторных пластин размером 3x8 см.

Опыты по растворению пластин электролизом осуществляли в прямоугольных электролитических ячейках из оргстекла рабочим объемом 100-300 мл. Соотношение площади катода и анода составляло 1:1(1,3).

Укрупненные эксперименты по растворению аккумуляторных секций проводились в пластиковой ячейке объемом 2,4 л, использовался источник постоянного тока с регулируемым напряжением с диапазоном силы тока от 50 до 150 А, напряжения – от 0 до 15 В.

Определение состава аккумуляторного шлама, шлама, образующегося при анодном растворении аккумуляторных пластин, осадка, осажденного на катоде и свинца, извлеченного из аккумуляторного шлама, производилось атомно-адсорбционным методом (ГОСТ 26800.1-86)

Концентрация фторидов в выбросах определялась фотоколориметрическим методом с лантан-ализаринкомплексом, свинца – фотоколориметрическим с сульфарсазеном.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ, выделяющихся в воздух при электрохимической переработке свинцово-кислотных аккумуляторов, в приземном слое атмосферы выполнен с использованием автоматизированной системы расчета загрязнения атмосферы ЭОЛ по общепринятой “Методике расчета

концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86”.

2. Разработка схемы комплексной переработки отработанных СКА

Отработанные СКА – сложное по качественному составу вторичное сырье, свинец в котором находится в разных агрегатных состояниях, входит в состав разнообразных химических соединений. Главной свинецсодержащей частью свинцово-кислотных аккумуляторов являются электроды, представляющие собой решетчатые пластины из свинцово-сурьмянистого сплава (содержание сурьмы 3-12 %), на поверхности которых формируется тонкий слой активного вещества (активной массы). Свинец в аккумуляторах в виде, %: металла (свинцово-сурьмянистый сплав) – 25-30, сульфата – 30-35, оксида – 30-35, сульфида и хлорида – 4-6. Кроме свинца батареи содержат, %: 0,9-2,3 Sb, 8-35 органической массы, 6-15 сернокислого электролита, 2-4 S, 0,8-1,2 Cl, 1-4 SiO₂, 0,2-2,5 CaO, 1-2 Al₂O₃, 0,5-1,5 Fe, 3-8 прочих веществ. Засоренность свинцовых батарей составляет 34-51 %, она представлена органической массой на 58-67 %, кислородом, серой и пр. – на 20-29 %, влагой – на 10-22 % [19]. Аккумуляторный свинец находится в батареях в твердом виде (сплав), в виде пасты, шлама корродировавших положительных пластин, мелких кристаллов сульфата свинца, во взвешенном состоянии в электролите. Все это осложняет разработку комплексной технологии переработки отработанных аккумуляторных батарей.

Анализ имеющихся литературных данных в области электрохимической переработки свинцово-кислотных аккумуляторов показывает, что методы, основанные на разделении свинецсодержащего сырья по фракциям с последующей отдельной переработкой сульфатно-оксидной и металлической фракций имеют ряд недостатков, связанных с низкой скоростью процесса переработки, обусловленной длительной подготовкой сырья – его измельчением, сепарацией, переводом в растворимую форму, растворением в электролите и т.д., высокими затратами водных ресурсов на промывочные операции, присутствием экологически небезопасной, как уже

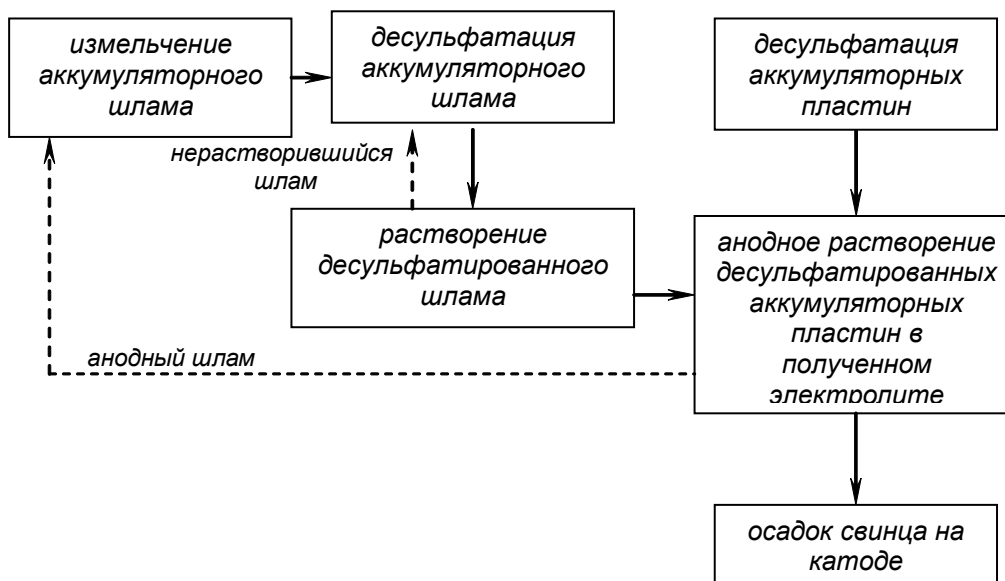


Рис. 1. Схема переработки свинецсодержащих компонентов свинцово-кислотных аккумуляторов.

доказано ранее, высокотемпературной пирометаллургической стадии переплавки металлических решеток.

Более перспективным как с экологической, так и с экономической точек зрения является извлечение свинца из аккумуляторных пластин электрорафинированием, позволяющим ускорить процесс извлечения свинца за счет совмещения во времени стадий растворения и осаждения, уменьшить количество необходимых промывочных вод, избежать высокотемпературных операций.

Однако в таком случае остается неввлеченным в процесс переработки аккумуляторный шлам, содержащий 10-12 % всего аккумуляторного свинца.

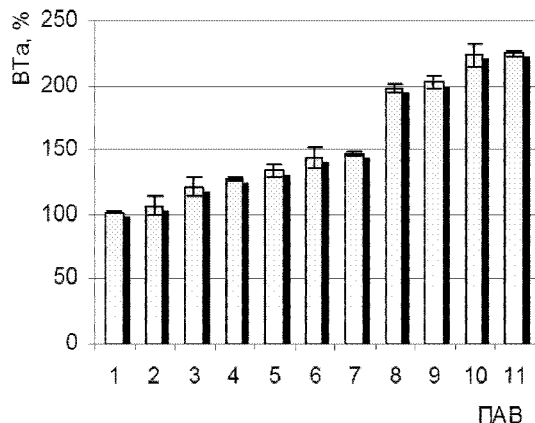
Решением проблемы может стать метод переработки, включающий отделение аккумуляторного шлама, его измельчение, десульфатацию, растворение подходящим для этой цели реагентом, и электрорастворение предварительно десульфатированных аккумуляторных пластин в полученном электролите после введения добавочных компонентов, позволяющих улучшить его эксплуатационные свойства, при постоянной фильтрации последнего. Анодный шлам, образующийся в процессе электрорафинирования пластин, возвращается на стадию измельчения аккумуляторного шлама. Аккумуляторный шлам, не растворившийся в кремнефтористоводородной кислоте,

возвращается на стадию десульфатации аккумуляторного шлама (рис. 1). Такой способ переработки позволяет максимально извлечь свинец из всех компонентов, его содержащих, а также уменьшить количество используемых реагентов, а именно соединений свинца, необходимых для приготовления электролита, что, во-первых, снижает затраты на переработку, а во-вторых, сокращает количество образующихся жидких и газообразных отходов.

Переработка электрорафинированием уменьшает количество образующихся газообразных вредных веществ, т.к. аноды являются растворимыми, выделения кислорода на них не происходит. В связи с высоким катодным выходом свинца по току количество восстанавливающегося на катоде водорода также незначительно, т.е. образование «барботажного» аэрозоля практически не имеет места.

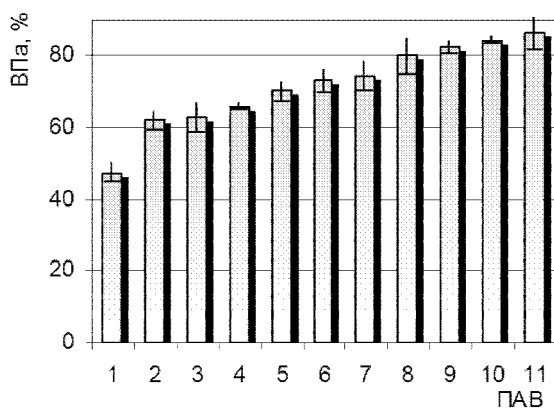
3. Подбор состава электролита и условий переработки СКА

Основной стадией, лимитирующей скорость переработки СКА электрохимическим методом, является электрорафинирование предварительно десульфатированных аккумуляторных пластин. Электролит, применяемый для рафинирования, должен отвечать следующим требованиям:



- 1 – столярный клей, 1 г/л;
- 2 – ССБ, 1 г/л;
- 3 – желатина, 0,8 г/л;
- 4 – ССБ+желатина, 1+0,8 г/л;
- 5 – ССБ+этиленгликоль, 1+1 г/л;
- 6 – ССБ+глицерин, 1+1 г/л;
- 7 – без ПАВ;
- 8 – глицерин, 5 г/л;
- 9 – этиленгликоль, 1 г/л;
- 10 – ПАА+глицерин, 0,1+1 г/л;
- 11 – ПАА, 10 г/л

Рис. 2. Анодный выход по току в электролитах без ПАВ и с добавлением поверхностно-активных веществ.



- 1 – желатина, 0,8 г/л;
- 2 – столярный клей, 1 г/л;
- 3 – ССБ, 1 г/л;
- 4 – ССБ+глицерин, 1+1 г/л;
- 5 – ССБ+желатина, 1+0,8 г/л;
- 6 – ССБ+этиленгликоль, 1+1 г/л;
- 7 – без ПАВ;
- 8 – ПАА, 10 г/л;
- 9 – ПАА+глицерин, 0,1+1 г/л;
- 10 – этиленгликоль, 1 г/л;
- 11 – глицерин, 5 г/л

Рис. 3. Анодный выход по продукту в электролитах без ПАВ и с добавлением поверхностно-активных веществ.

- обеспечивать большую скорость растворения пластин (высокий анодный выход по току) при отношении массы растворившегося свинца к сумме масс растворившегося и свинца, опавшего на дно электролитической ванны в виде шлама, по крайней мере выше 50 % (высокий анодный выход по продукту);
- обеспечивать высокую скорость осаждения свинца на катодах;
- обеспечивать высокое качество осаждаемого свинца (выше 99,97 %, согласно международным стандартам);
- быть экологически безопасным;

Проведенные исследования показали, что высокая скорость растворения пластин может быть достигнута путем повышения анодной плотности тока и/или введения в электролит

многоатомных спиртов и некоторых высокомолекулярных поверхностно-активных веществ (рис. 2). Выход по току выше 100 % свидетельствует о химическом растворении пластин. Снижение анодного выхода по току при введении в электролит анионоактивной добавки (ССБ) и ее композиций связано с разрядом аниона ПАВ на поверхности анода, вследствие чего увеличивается анодная поляризация, уменьшается растворение анода. Сходное влияние высокомолекулярных неионогенных веществ можно объяснить их адсорбцией на поверхности анода, что также увеличивает поляризацию.

Наилучшими с точки зрения выхода по продукту являются многоатомные спирты, позволяющие перевести в растворимую форму более 80 % анодного свинца (рис. 3), хотя

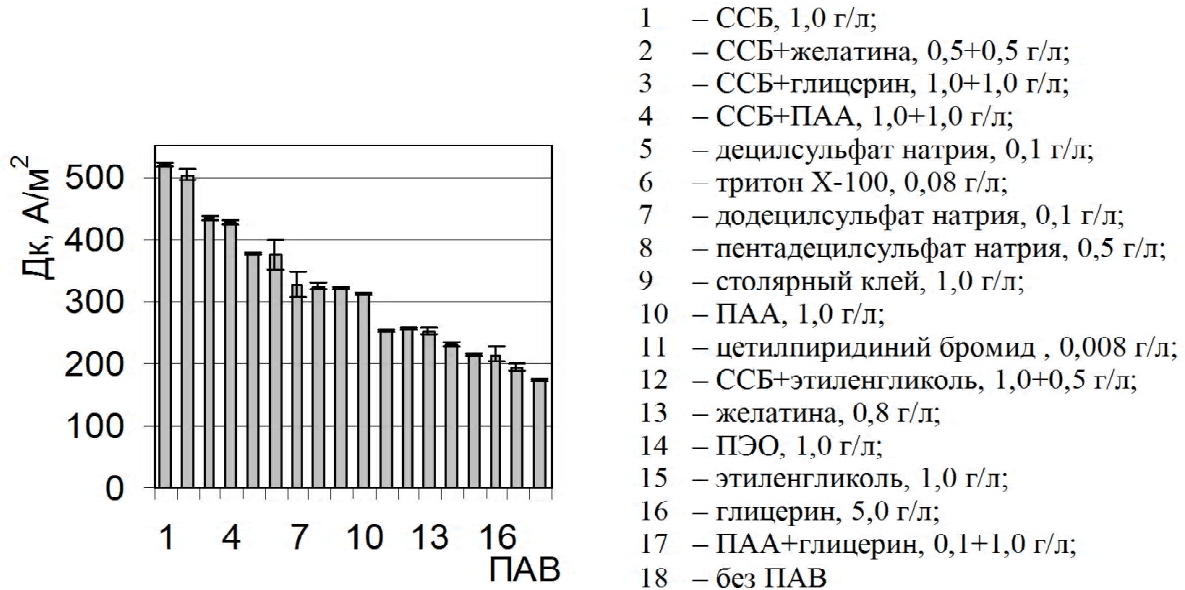


Рис. 4. Зависимость допустимой катодной плотности тока от состава электролита (ПАВ).

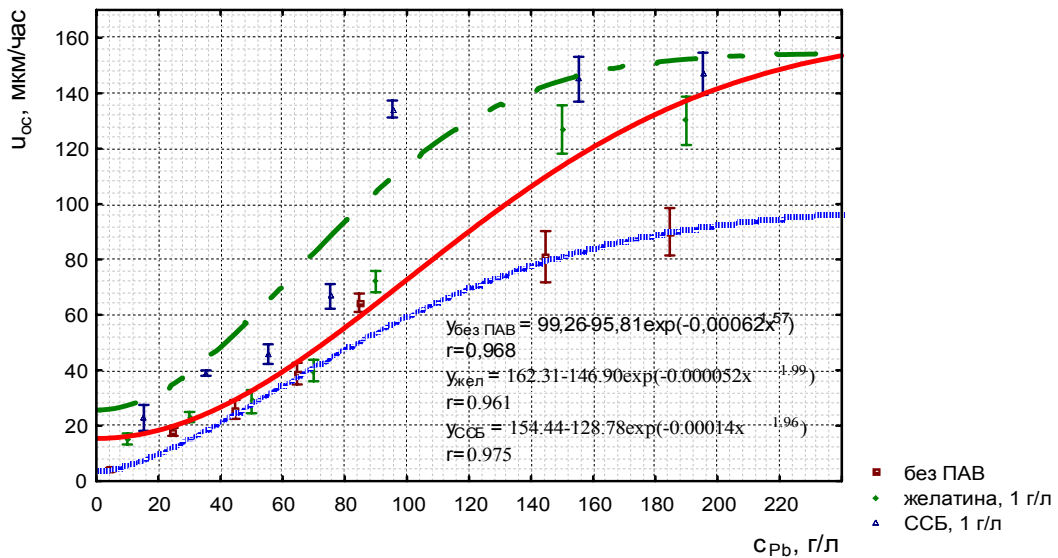


Рис. 5. Зависимость скорости осаждения свинца ($u_{\text{ос}}$) от концентрации соли свинца в электролите ($c_{\text{Рв}}$).

адсорбция их должна быть затруднена [1]. Введение многоатомных спиртов, кроме того, препятствует выпадению диоксида свинца на аноде (что является одной из проблем переработки аккумуляторных пластин рафинированием), повышая устойчивость состава электролита. Такое действие связано с тем, что многоатомные спирты способствуют активированию анодов и повышению предельной анодной плотности тока.

Высокая скорость осаждения свинца на катодах может быть достигнута за счет повышения катодной плотности тока путем увеличения концентрации свинца в электролите и введения поверхностно-активных веществ. Исследования показали, что наибольшее влияние на процесс электроосаждения свинца на катоде оказывают анионоактивное органическое вещества ССБ и его композиции (рис. 4). Это объясняется образованием

анионной сетки, создающейся на поверхности катода вследствие активной адсорбции органических веществ и облегчающей разряд положительно заряженных ионов металла.

Скорость осаждения свинца на катодах при максимальной рабочей плотности тока (равной 0,8 Дк) резко повышается при увеличении концентрации свинца от 10 до 150 г/л во всех электролитах (рис. 5).

Качество катодного свинца зависит в первую очередь от соотношения кремнефтористоводородная кислота-свинец: при избытке свободной кислоты в электролите происходит осаждение шламообразного осадка, недостаток кислоты влечет за собой образование крупнозернистого осадка. Однако, высокое содержание кислоты в электролите приводит к увеличению выбросов вредных фторсодержащих продуктов в атмосферу цеха, т.е. увеличению загрязнения окружающей среды, повышению скорости коррозии оборудования и его износу. Исследования показали, что при концентрации в электролите свинца 30-150 г/л минимальное количество кислоты, позволяющее получить качественные осадки свинца, составляет 15-30 г/л. Во-вторых, качество осадков свинца значительно ухудшается при попадании в них анодного шлама, что можно предотвратить, заключая аноды в специальные чехлы из токопроводящей ткани. В третьих, снижение качества осадка может происходить при электролитическом осаждении металлов-примесей на поверхности катодов. Анализы показали, что чистота катодных свинцовых осадков составляет 99,98 %, что соответствует международным стандартам. Наиболее значительным металлом-загрязнителем катодного осадка является медь (0,012 %), однако, содержание меди в осадке, согласно международным стандартам, может быть немного завышено по сравнению с требуемым.

В ходе проведенных исследований выявлено, что рациональным с технологической точки зрения является электролит следующего состава, г/л: свинец – 70-100, кремнефтористоводородная кислота – 15-30, борная кислота – 5-10, в качестве ПАВ сульфитно-спиртовая барда (ССБ) - 0,8-1,2 для увеличения скорости осаждения свинца на катоде, многоатомный спирт (глицерин, этиленгликоль) - 1,0-5,0

для повышения скорости анодного растворения аккумуляторных пластин, желатина - 0,6-1,0 для увеличения стабильности электролита [21].

4. Условия повышения экологической безопасности и влияние производства по переработке аккумуляторов на окружающую среду

Авторами статьи [15] доказано, что образования электрохимическим путем и выброса газообразных загрязняющих веществ с поверхности кремнефтористых электролитов при температуре до 60°C практически не происходит. Следовательно, увеличение скорости переработки аккумуляторного скрапа за счет подбора состава электролита способствует снижению валовых выбросов предприятия. Однако, при увеличении температуры электролита выше 25°C происходит разложение кремнефтористоводородной кислоты с выделением в воздух газообразных ядовитых веществ HF и SiF₄. Следовательно, процесс переработки должен проводиться при температуре ниже 25°C.

Расчеты выбросов основных вредных веществ от производства по переработке аккумуляторов, проведенные на основании сделанных анализов, показывают, что удельные выбросы вредных веществ на единицу продукции составят т/т выпускаемой продукции: фторидов – $0,2 \cdot 10^{-3}$, свинца – $0,1 \cdot 10^{-4}$. Удельный выброс свинца на единицу продукции в ЗАО «Свинец» (г. Константиновка), перерабатывающем аккумуляторы пирометаллургическим методом, составляет $2,0 \cdot 10^{-3}$ т/т, т.е. в 200 раз больше.

Предотвращенный экономический ущерб при переходе с пирометаллургической на электрохимическую переработку (с учетом только выбросов свинца при пирометаллургическом производстве и выбросов свинца и фторидов при электрохимическом), при мощности производства 12 тыс. т товарного свинца в год, согласно расчету, составит 39,4 млн. грн/год. Расчет рассеивания фторидов в приземном слое атмосферы показал, что их концентрация на границе санитарно-защитной зоны (300 м) не превысит 0,32 ПДК, концентрация свинца - менее 0,1 ПДК.

Заключение

В результате проведенных исследований предложена схема переработки свинецсодержащих компонентов отработанных СКА с вовлечением в процесс переработки всех свинецсодержащих компонентов; разработан состав электролита для переработки, позволяющий интенсифицировать процесс основного этапа переработки – электрорафинирования – в 2-3 раза; проанализированы факторы, влияющие на качество получаемого катодного свинца; рассчитано влияние предприятия по электрохимической переработке аккумуляторов на окружающую среду.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке электрохимической технологии переработки аккумуляторов и внедрении ее в производство. Предложенный состав электролита может использоваться для переработки всех компонентов аккумуляторов, а также в процессах электрорафинирования свинца.

Литература

1. <http://www.key-to-nonferrous.com>
2. Pickles C.A., Smith D., Tomlinson V., Toguri J.M. Sulphur dioxide emissions from soda ash Smelting of scrap lead acid battery residue // CIM Bull. – 1989. – 82. - № 926. – P. 105.
3. Dyosi S. Evaluation of Preventive and Control Measures for Lead Exposure in a South African Lead-Acid Battery Recycling Smelter // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. - Number 10. – October 2007. – Volume 4. – PP. 762-769.
4. Phillips M.J., Lim S.S. Secondary lead production in Malaysia // Journal of Power Sources. – 18 May 1998. – Number 1. – Volume 73. – PP. 11-16.
5. Pogosyan, A.A., Besser, A.D., Sorokina, V.S., Processing of worked-out batteries as a basis for lead recycling // Nauka/Interperiodica. – 2005. – Number 9. – Volume 80. – P. 256.
6. Pistoia G., Wiaux J.-P., Wolsky S.P. Used battery collection and recycling. – Industrial Chemistry Library, 2001. - 384 p.
7. Malki M., Echegut P., Bessada C., Nuta I., Constantinescu M., Anghel E.M., Piper R., Olteanu M. Structure and properties of glasses obtained by recycling of secondary lead from acid battery plants // Glass Technology - European Journal of Glass Science and Technology. - Part A. – Volume 46, Number 4, August 2005. – PP. 305-310.
8. Saunders J., Lee M.-K., Wolf L., Morton C., Feng Y., Thomson I., Park S. // Geochemical, Microbiological, and Geophysical Assessments of Anaerobic Immobilization of Heavy Metals. - Bioremediation Journal. - Volume 9, Number 1, January-March 2005. - PP. 33-48.
9. Wang H., Shooter D. Characterisation and Treatment of Soda Ash Smelting Slag from the Recycling of Lead Acid Batteries // Environmental Technology, Volume 21, Number 5, 1 May 2000. – PP. 561-567(7).
10. Robertson S., Jeffrey M., Zhang H., Ho E. An introductory electrochemical approach to studying hydrometallurgical reactions // Metallurgical and Materials Transactions. Springer Boston. – Volume 36, Number 3. – 2005. – P. 313-325.
11. Process for recycling lead-acid batteries: Patent 6177056 / Prengaman D., Morgan C., Hine H., Griffin G., – No. 229533, filed on 1999-01-13, January 23, 2001.
12. Battery paste recycling process: Patent 556907186. – No. 539993, filed on 1995-10-06, November 25, 1997.
13. Brandon N.P.1, Pilone D., Kelsall G.H., Yin Q. Simultaneous recovery of Pb and PbO₂ from battery plant effluents. // Journal of Applied Electrochemistry. - Volume 33, Number 10, October 2003. - PP. 853-862.
14. Vaysgant Z., Morachevsky A., Demidov A., Klebanov E. A low-temperature technique for recycling lead/acid battery scrap without wastes and with improved environmental control // Journal of Power Sources, Volume 53, Number 2, February 1995. – pp. 303-306.
15. Method of recycling lead-acid storage battery: Patent 6730428. – No. 936992, filed on 2001-12-27, May 4, 2004.
16. Морачевский А.Г., Калько О.А., Вайсгант З.И. Поведение сурьмы при десульфатации активных масс лома свинцовых аккумуляторов // Журнал прикладной химии. – 1995. – Т. 68. Вып. 1. – С. 127-128.
17. Rand D.A.J., Moseley P.T., Garche J., Parker C.D. Valve-Regulated Lead-Acid Batteries. – Elsevier Science, 2004. – 602 p.
18. Bombach Hartmut, Heit Klaus. Korb Jürgen, Lange Heinz- Jürgen. Untersuchungen zur chemischen Stabilität kieselfluorwasserstoffhaltiger Bluelektrolyte // New Hutte. – 1986. – 31. – № 9. – С. 347-351.
19. Сычев А.П., Кеслер М.Я., Коробицин Ю.Е. Испытания плавки несортного свинцового сырья в агрегате КЭПАЛ-ЖВ // Цветные металлы. – 1988. – № 6. – С. 27-29.
20. Нечаев Е.А., Волгина В.А., Бахчисарайцын Н.Г. Влияние органических добавок на процесс электроосаждения PbO₂ в трилонатных электролитах // Электрохимия. – 1973. – Т. 9. Вып. 12. – С. 1825-1827.
21. Электролит для извлечения свинца из вторичного сырья на основе кремнефтористоводородной кислоты: Патент № 7416. Украина. МКИ C25C1/18, C25D3/34, C25B1/00 / Н.Н. Червонцева, Н.В. Исаева, А.И. Сердюк. - № 20041210231; Заявл. 13.12.2004; Опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6. – 8 с.

Исаева-Парцвания Ніна Володимирівна – к.т.н., доцент, працює доцентом кафедри прикладної екології і хімії Донбасської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: екологічно безпечні технології переробки свинецьмістких відходів; кількісні показники оцінки впливу підприємств на навколишнє середовище; вплив шахтних вод на гідросферу.

Сердюк Олександр Іванович – д.х.н., професор, працює професором кафедри прикладної екології і хімії Донбасської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: екологічно безпечні технології переробки відходів.

Исаева-Парцвания Нина Владимировна – к.т.н., доцент, работает доцентом кафедры прикладной экологии и химии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: экологически безопасные технологии переработки свинецсодержащих отходов; количественные показатели оценки влияния предприятий на окружающую среду; влияние шахтных вод на гидросферу.

Сердюк Александр Иванович – д.х.н., профессор, работает профессором кафедры прикладной экологии и химии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: экологически безопасные технологии переработки отходов.

Isaeva-Partsvaniya Nina Vladimirovna – candidate of technical sciences, associate professor, works as the associate professor of the applied Ecology and Chemistry chair of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: ecologically safe technologies of lead contained wastes; quantitative estimation indexes of enterprises influence on the environment; mines water influence on the hydrosphere.

Serdyuk Alexander Ivanovich – doctor of chemical sciences, professor, works as the professor of the Applied Ecology and Chemistry chair of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: ecologically safe technologies of wastes processing.