### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии специальных материалов

Буранов Талғат Тулкунуғли

Выбор растворителя для электрохимической переработки припоя на основе олова

#### ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В070900 - «Металлургия»

#### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии специальных материалов

#### ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: «Выбор растворителя для электрохимической переработки припоя на основе олова»

по специальности 5В070900 – «Металлургия»

Выполнил: Буранов Т.Т.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент-профессор Усольцева Г.А.

*« 13 » Об* 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ НАО «КазНИТУ им. К.И. Сатпаева» Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова

#### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра металлургических процессов, теплотехники и технологии специальных материалов

5В070900 - Металлургия



#### ЗАДАНИЕ на выполнение дипломной работы

Обучающемуся *Буранов Талғат Тулкунуғли* 

Тема <u>«Выбор растворителя для электрохимической переработки припоя на основе олова»</u>

Утверждена <u>приказом Ректора Университета №1113-б от 08 октября 2018 г.</u> Срок сдачи законченной работы (проекта) <u>«30» апреля 2019 г.</u>

Исходные данные к дипломной работе (проекту): <u>сплав, припой, олово,</u> <u>электролит, едкий калий, сульфаминовая кислота, анодное растворение.</u>

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломной работы

- <u>a) введение, в котором отразить современное состояние вопросов электрохимической переработки припоя на основе олова;</u>
- б) основная часть, в которой отразить теоретические и экспериментальные данные по растворению свинцово-оловянных сплавов с использованием растворов едкого калия и сульфаминовой кислоты;
- в) расчет затрат на выполнение дипломной работы;
- <u>г) раздел по безопасности и охране труда, в котором отразить вредные и опасные факторы и приемы безопасной работы при проведении работ по анодному растворению припоя на основе олова.</u>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) <u>демонстрационный материал представить на 10-15 слайдах с результатами</u> <u>исследований</u>

Рекомендуемая основная литература из 20 наименований

# Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау **КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы,	Ғылыми жетекші мен,	
қарастырылатын	кеңесшілерге көрсету	Ескерту
мәселелер тізімі	мерзімі	
Кіріспе	5.02.2019	
Критикалық талдау	19.02.2019	
Тәжірибелік бөлім	9.04.2019	
Экономикалық бөлім	27.04.2019	
Еңбекті қорғау	27.04.2019	
Қорытынды	23.04.2019	
Норма бақылау	4.05.2019	

# Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған **қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика	С.С. Коныратбекова	605,2019	De l
бөлімі	т.ғ.к., сениор-лектор	000,0019	Telly
Еңбекті қорғау	С.С. Коныратбекова	7.05.2019	( Do. 1
бөлімі	т.ғ.к., сениор-лектор	r.c s.aur	Valley -
Норма бақылау	Д.Қ. Көккөзов техника		01/10
	және технология	14.05.2019	D. Kokuf
	магистрі		

Fылыми жетекшi	Beef-	Кон	ыратбекова С.С
Тапсырманы орындауға алған білім	і алушы&	and	Жеңіс Д.Е.
Күні	« <u>1</u> /»_	02	2019 ж.

#### **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыс 35 беттен, 4 бөлімнен, 14 суреттен, 7 кестеден, 26 әдебиет көздерінен тұрады.

Зерттеу объектілері: құрамында қалайы 45% және 60 % болатын құрамында қалайы бар қайталама қалайы бар дәнекерлер, концентрациясы 50 және 100 г/л күйдіргіш калий электролит - ерітінділері және концентрациясы 50 г/л сульфамин қышқылы болып табылады.

Жұмыстың мақсаты-қорғасын-қалайы қорытпаларын электрохимиялық өңдеу үшін электролитті таңдау.

Жұмыста күйдіргіш калий ерітінділерін және сульфамин қышқылын пайдалана отырып қалайы негізіндегі дәнекерді электрохимиялық өңдеу бойынша әдеби деректерді сыни талдау қарастырылады.

Зерттеу нәтижелері күйдіргіш калий ерітінділерінде қорғасын-қалайы қорытпасын анодты еріту кезінде ерітіндідегі сілті концентрациясының өсуі қорғасын мен қалайының бастапқы сатысында да белсенді еруіне ықпал ететінін көрсетті. Анодты беттің дамуына қарай ол міндетті түрде қорғасын немесе қалайы байытылады. Сульфамин қышқылы ерітіндісінде қорғасын-қалайы қорытпасының анодты еруі қорытпадағы қалайы құрамына байланысты: қорытпадағы қалайы бір мезгілде ериді. 45 % қорытпасында қалайы болған кезде, металдар кезекпен ериді (алдымен қалайы ериді, содан кейін қорғасын мен т.б. жиналған қабаты ериді).

Жұмыста қорғасын-қалайы қорытпаларының анодтық еруін орындау кезінде мүмкін болатын зияндылықтар мен қауіптерді талдау келтірілген, зерттеулерді орындауға арналған шығындардың экономикалық есептері орындалған.

#### **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа изложена на 35 страницах, содержит 4 раздела, 14 рисунков, 7 таблиц, 26 источников литературы.

Объектами исследований являются вторичные оловосодержащие припои с содержанием олова 45 и 60 %, электролиты - растворы едкого калия концентрацией 50 и 100 г/л и сульфаминовой кислоты концентрацией 50 г/л.

Цель работы — выбрать электролит для электрохимической переработки свинцово-оловянных сплавов.

В работе рассматривается критический анализ литературных данных по электрохимической переработке припоя на основе олова с использованием растворов едкого калия и сульфаминовой кислоты.

Результаты исследований показали, что при анодном растворении свинцово-оловянного сплава в растворах едкого калия рост концентрации щелочи в растворе будет способствовать более активному растворению свинца и олова даже на начальной стадии. По мере развития анодной поверхности она обогащается попеременно либо свинцом, либо оловом. Анодное растворение свинцово-оловянного сплава в растворе сульфаминовой кислоты зависит от содержания олова в сплаве: при содержании олова в сплаве 60 % происходит одновременное растворение свинца и олова, при содержании олова в сплаве 45 % — поочередное растворение металлов (сначала растворяется олово, затем накопившийся слой свинца и т.д.).

В работе приведен анализ вредностей и опасностей, возможных при выполнении анодного растворения свинцово-оловянных сплавов, выполнены экономические расчеты затрат на выполнение исследований.

#### **ABSTRACT**

Thesis presented 35 pages, contains 4 sections, 14 figures, 7 tables, 26 references.

The objects of research are secondary tin-containing solders with tin content of 45 and 60 %, electrolytes - solutions of potassium hydroxide concentration of 50 and 100 g/l and sulfamic acid concentration of 50 g/l.

The purpose of the work is to choose an electrolyte for electrochemical processing of lead-tin alloys.

The paper deals with a critical analysis of the literature data on the electrochemical processing of tin-based solder using solutions of potassium hydroxide and sulfamic acid.

The results of studies have shown that the anodic dissolution of lead-tin alloy in solutions of potassium hydroxide increase in the concentration of alkali in the solution will contribute to a more active dissolution of lead and tin, even at the initial stage. As the anode surface develops, it is enriched alternately with either lead or tin. Anodic dissolution of lead-tin alloy in sulfamic acid solution depends on the tin content in the alloy: at the tin content in the alloy 60 mass. % there is a simultaneous dissolution of lead and tin, with a tin content in the alloy 45 mass. % – alternately dissolving metals (first dissolved tin, then the accumulated layer of lead, etc.).

The paper presents an analysis of the hazards and dangers possible in the performance of anodic dissolution of lead-tin alloys, economic calculations of the cost of research.

### СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Критический анализ литературных данных по теме исследований	11
1.1	Виды отходов и лома цветных металлов	11
1.2	Краткие сведения о свойствах олова	12
1.3	Получение олова из рудного сырья	13
1.4	Переработка отработанного оловосодержащего сырья	14
2	Экспериментальная часть	16
2.1	Методика выполнения исследований	16
2.2	Изучение анодного растворения модельных припоев на основе	
	олова с использованием растворов едкого калия	18
2.3	Изучение анодного растворения модельных припоев на основе	
	олова с использованием растворов сульфаминовой кислоты	21
2.4	Оценка характера образования анодного шлама и катодного	
	осадка при анодном растворении припоев на основе олова в	
	растворах сульфаминовой кислоты	24
3	Вредные и опасные факторы и безопасные приемы работы при	
	выполнении исследований	27
3.1	Организация безопасной работы в лаборатории	27
3.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов	27
3.3	Обеспечение безопасности при работе в лаборатории	28
4	Расчет затрат на выполнение исследований	29
	Заключение	32
	Список использованной литературы	34

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Современное состояние научно-технической проблемы. Сплавы, содержащие олово, делятся на 3 группы: оловянные бронзы, оловянные антифрикционные сплавы (оловянистые баббиты) и легкоплавкие оловянные сплавы — припои. Припои в свою очередь делятся на два вида — свинцовооловянные и оловянно-свинцовые. Основные легирующие элементы в сплавах олова — Pb, Sb, Cu, Bi, Zn и Cd. Их отличительные свойства: низкая температура плавления, относительно низкие прочность и твердость, а также высокая пластичность [1, 2].

Легкоплавкие припои — чаще всего сплавы на основе олова и свинца. Содержание олова в них находится в пределах 1-95 %. Легирующие элементы — Sb, Cu, Cd, Zn, Ag, In и др., вредные примеси — Al, As и S. Припои отличаются низкой твердостью и прочностью, высокой пластичностью и коррозионной стойкостью, хорошо смачивают поверхности большинства металлов [1, 2].

При пайке меди, медных сплавов и сталей прочное соединение деталей достигается вследствие образования оловом твердого раствора (или интерметаллидов) с металлом изделия. Именно этот факт используется, например, при пайке автомобильных радиаторов [2]. Поэтому представляет интерес рассмотрение переработки именно этих видов сплавов.

Переработка отработанных свинцово-оловянных сплавов чаще всего сводится к прямой переплавке и выделение олова в отдельную фракцию не производится. Отделить олово от свинца можно путем анодного растворения сплавов дальнейшим разделением металлов методами электрометаллургии – экстракции, осаждения, цементации [3-6]. В качестве электролитов для анодного растворения можно использовать как кислотные, так и щелочные электролиты, но поскольку применение щелочных электролитов большими трудностями переработке отработанных сопряжено с при электролитов, то могут представлять больший интерес кислотные электролиты, в том числе электролиты на основе органических кислот, сульфаминовой [7, 8].

работы. При Актуальность реализации гидрометаллургической переработки вторичных сплавов цветных металлов основными стадиями являются чаще всего: кислотное выщелачивание, экстракция, ионный обмен и химическое осаждение [9]. Электрохимические методы позволяют при высоких ценных показателях извлечения компонентов существенно упростить технологическую схему и аппаратурное оформление процесса, сократить продолжительность переработки вторичных отходов и улучшить экологические показатели [10]. Поэтому их применение может быть интересным и более безопасным с экологической точки зрения для переработки отработанных свинцово-оловянных сплавов, тем более, что в условиях современного развития промышленности к промышленным выбросам предъявляются все более жесткие требования.

*Цель работы* — выбор электролита для электрохимической переработки свинцово-оловянных сплавов.

Задачи работы:

- 1) критическиий анализ переработки припоев на основе олова;
- 2) выявление влияния состава свинцово-оловянных припоев на процесс их анодного растворения;
- 3) выявление влияния природы электролита на процесс анодного растворения свинцово-оловянных припоев;
- 4) анализ вредностей и опасностей, связанных с выполнением исследований по анодному растворению свинцово-оловянных припоев;
  - 5) расчет затрат на выполнение исследований.

*Научная новизна работы* состоит в том, что при электрохимическом растворении свинцово-оловянных сплавов их поведение зависит от природы электролита и состава сплава:

- в растворах едкого калия рост концентрации щелочи в растворе будет способствовать более активному растворению свинца и олова даже на начальной стадии анодного растворения;
- анодное растворение свинцово-оловянного сплава в растворе сульфаминовой кислоты зависит от содержания олова в сплаве: при содержании олова в сплаве 60 % происходит одновременное растворение свинца и олова, при содержании олова в сплаве 45 % поочередное растворение металлов.

Теоретическая и методологическая основы работы. Выполнение дипломной работы основано на теоретических знаниях 0 процессе электрохимического растворения металлов, свойствах процессах И электрохимической переработки припоев на основе олова, полученных при анализе литературных данных. При выполнении работы соблюдены техника, методики исследований, правила и принципы выполнения экспериментальных электрохимической работ В области переработки вторичного металлсодержащего сырья.

Практическая база выполнения дипломной работы. Цели и задачи настоящей дипломной работы реализованы благодаря наличию в исследовательских лабораториях кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» Горно-металлургического института КазНИТУ имени К.И. Сатпаева необходимого аналитического и технологического оборудования и приборов, обеспечивающих исследования по анодному растворению свинцово-оловянных сплавов.

Обоснование необходимости выполнения работы. Выполнение работы является необходимым, так как вторичные оловосодержащие сплавы могут являться богатым сырьевым источником вторичного олова, что является актуальным для Республики Казахстан, не имеющей собственного его промышленного производства.

#### 1 Критический анализ литературных данных по теме исследований

#### 1.1 Виды отходов и лома цветных металлов

В настоящее время в мире все больше становится объем отработанных металлов и сплавов, в том числе олова и его сплавов. Лом и отходы цветных металлов — это особая категория вторичного сырья, которая включает в себя самые разнообразные материалы. Виды лома и отходов цветных металлов представлены на рисунке 1.

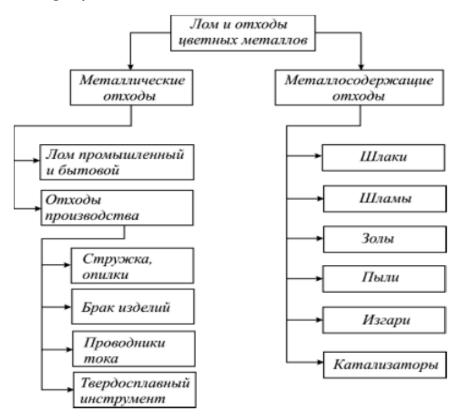


Рисунок 1 – Виды лома и отходов цветных металлов

Наиболее существенную часть такого вторичного сырья составляют отходы производства — лом различного происхождения. В зависимости от того, в какой форме находится металл в отходах они подразделяются на металлические и неметаллические. Несмотря на сложность и многообразие отходов и отработанных материалов, имеются значительные экономические и технические преимущества при использовании вторичного сырья по сравнению с рудным сырьем:

- уменьшаются общие затраты на производство продукции, так как отпадает необходимость в одной или нескольких технологических операций;
  - снижается удельное потребление энергии на производство продукции;
- замкнутый кругооборот металла ограничивает воздействие неблагоприятных факторов на состояние окружающей среды [3].

#### 1.2 Краткие сведения о свойствах олова

Переработка оловосодержащих отходов и лома во многом определяется его химическими и физическими свойствами. Олово — элемент 14-й группы периодической системы химических элементов, пятого периода, его атомный номер — 50.

*Нахождение олова в природе.* Олово – редкий рассеянный элемент, его кларк составляет, по разным данным, от  $2 \cdot 10^{-4}$  до  $8 \cdot 10^{-3}$  % по массе. Основной минерал олова – касситерит (оловянный камень) – SnO<sub>2</sub>, содержащий до 78,8 % олова. Гораздо реже в природе встречается станнин (оловянный колчедан) – Cu₂FeSnS<sub>4</sub> (27,5 % Sn) [11].

Физические свойства олова. При нормальных условиях пластичный, ковкий и легкоплавкий металл серебристо-белого цвета с выраженным блеском. Известны четыре аллотропические модификации олова: ниже +13,2 °C устойчиво α-олово (серое олово) с кубической решёткой +13,2устойчиво β-олово выше  $^{\circ}C$ (белое алмаза, тетрагональной кристаллической решёткой. При высоких давлениях обнаружены также γ-олово и σ-олово [12].

Xимические свойства олова. При комнатной температуре олово устойчиво к воздействию воздуха или воды, что объясняется образованием поверхностной пленки его оксидов SnO и SnO<sub>2</sub>. Заметное окисление олова на воздухе начинается при температурах выше 150 °C. При нагревании олово реагирует с большинством неметаллов. При этом образуются соединения в степени окисления +4, которая более характерна для олова, чем +2 [12, 13]:

$$\operatorname{Sn} + \operatorname{O}_2 \to \operatorname{SnO}_2,$$
 (1)

$$Sn + 2Cl_2 \rightarrow SnCl_4.$$
 (2)

Олово медленно реагирует с концентрированной соляной кислотой:

$$Sn + 4HCl \rightarrow H_2[SnCl_4] + H_2. \tag{3}$$

В разбавленной серной кислоте олово не растворяется, а с концентрированной реагирует очень медленно.

Состав продукта реакции олова с азотной кислотой зависит от концентрации кислоты. В концентрированной азотной кислоте образуется оловянная кислота  $\beta$ -SnO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O (иногда её формулу записывают как H<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>). При этом олово ведёт себя как неметалл [12]:

$$Sn + 4HNO_3 \rightarrow SnO_2 \cdot H_2O + 4NO_2 + H_2O.$$
 (4)

При взаимодействии с разбавленной азотной кислотой олово проявляет свойства металла. В результате реакции образуется соль нитрат олова (II):

$$3Sn + 8HNO_3 \rightarrow 3Sn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$
 (5)

При нагревании олово может реагировать с водными растворами щелочей, при этом выделяется водород и образуется гидроксокомплекс Sn(II):

$$Sn + 2KOH + 2H_2O \rightarrow K_2[Sn(OH)_4] + H_2.$$
 (6)

При гидролизе растворов солей олова (IV) образуется белый осадок – так называемая α-оловянная кислота:

$$SnCl_4 + 4NH_3 + 6H_2O \rightarrow H_2[Sn(OH)_6] + 4NH_4Cl,$$
 (7)

$$H_2[Sn(OH)_6] \rightarrow SnO_2 \cdot nH_2O + 3H. \tag{8}$$

Свежеполученная  $\alpha$ -оловянная кислота растворяется в кислотах и щелочах:

$$SnO_2 \cdot nH_2O + 2KOH \rightarrow K_2[Sn(OH)_6], \tag{9}$$

$$SnO_2 \cdot nH_2O + 4HNO_3 \rightarrow Sn(NO_3). \tag{10}$$

При хранении  $\alpha$ -оловянная кислота теряет воду и переходит в  $\beta$ -оловянную кислоту, которая отличается большей химической инертностью.

#### 1.3 Получение олова из рудного сырья

Промышленное получение олова целесообразно, если содержание его в россыпях 0,01 %, в рудах 0,1 %. Олову в рудах часто сопутствуют W, Zr, Cs, Rb, редкоземельные элементы, Та, Nb и другие ценные металлы.

Первичное сырье обогащают: россыпи — преимущественно гравитацией, руды — флотогравитацией или флотацией. В процессе обогащения рудоносная порода (касситерит) подвергается дроблению до размеров частиц в среднем до 10 мм, в промышленных мельницах, после чего касситерит за счет своей относительно высокой плотности и массы отделяется от пустой породы вибрационно-гравитационным методом на обогатительных столах. В дополнение применяется флотационный метод обогащения руды. Таким образом удается получить концентрат с содержанием олова до 40-70 % [11, 12].

Далее проводят обжиг концентрата в кислороде для удаления примесей серы и мышьяка. От железа очищают действием соляной кислоты. Если же

присутствуют примеси вольфрамита (Fe,Mn)WO<sub>4</sub> и шеелита CaWO<sub>4</sub>, концентрат обрабатывают HCl, а потом образовавшуюся WO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O извлекают с помощью NH<sub>4</sub>OH.

Плавкой концентратов с углем в шахтных, электрических или отражательных печах получают черновое олово (94-98 % Sn), содержащее примеси Cu, Pb, Fe, As, Sb, Bi. Так, в процессе шахтной выплавки олово восстанавливается до свободного состояния древесным углем, слои которого укладываются поочередно со слоями руды, или алюминием (цинком) в электропечах:

$$SnO_2 + C = Sn + CO_2. \tag{11}$$

При выпуске из печей черновое олово фильтруют при 500-600 °C через кокс или центрифугируют, отделяя таким образом основную массу железа.

Остаток Fe и Cu удаляют вмешиванием в жидкий металл элементарной серы; примеси всплывают в виде твердых сульфидов, которые снимают с поверхности олова. От мышьяка и сурьмы олово рафинируют аналогично - вмешиванием алюминия, от свинца - с помощью SnCl<sub>2</sub>. Иногда Bi и Pb испаряют в вакууме.

Особо чистое олово получают термическим методом, электрохимическим рафинированием или методом зонной плавки [11, 12].

Интересен также следующий процесс, который был разработан Дж. М. Флойдом в 1975 г., и предназначен для получения олова из низкопроцентного оловянного концентрата. Он включает следующие стадии:

- 1) плавление и частичное восстановление смеси концентрата с флюсом, в результате чего образуется жидкий концентратный шлак с высоким содержанием олова;
- 2) взаимодействие полученного шлака с жидким оловожелезным сплавом (гартлинг), имеющим высокое содержание железа, с образованием жидкого металлического олова-сырца, содержащего примеси железа, и жидкого промежуточного шлака с высоким содержанием олова;
- 3) восстановление олова, содержащегося в жидком промежуточном шлаке, с получением жидкого оловожелезного сплава, возвращаемого на стадию (2) и жидкого шлака с низким содержанием свинца, который отбрасывается.

Процесс может быть осуществлен как в непрерывном, так и в периодическом режиме [13].

#### 1.4 Переработка отработанного оловосодержащего сырья

Около 50 % всего производимого олова составляет вторичный металл. Его получают из отходов белой жести, лома и различных сплавов. Переработка отработанных сплавов цветных металлов, в том числе и оловосодержащих [1, 2],

может происходить с применением методов пиро- и гидрометаллургии, электрохимического растворения и комбинировании указанных методов [3-5]. Общим недостатком пирометаллургических методов являются значительные энергетические затраты на головной операции и необходимость герметичного оборудования для улавливания летучих компонентов, выделяющихся во время высокотемпературной обработки, особенно в случае переплавки свинцово-оловянных сплавов. Несмотря на летучесть компонентов оловосодержащих лома и припоев, их переработка чаще всего производится путем переплавки с получением другого оловосодержащего продукта (припоев, бронзы, чистого олова) [6-8].

Переработка консервных банок. Механическими способами извлечь олово практически невозможно, поэтому используют различие в химических свойствах железа и олова. Чаще всего жесть обрабатывают газообразным хлором. При этом в отсутствие влаги железо не реагирует с хлором, а олово образует дымящуюся жидкость — хлорное олово SnCl<sub>4</sub>, которое может быть либо использовано в химической и текстильной промышленности, либо быть исходным веществом для получения металлического олова методом электролиза [14].

Переработка методом электролиза. Известно, лома что электролитический метод используется в технологии переработки отработанных преимуществом олова, НО пользуются кремнефтористоводородные и борфтористоводородные электролиты. Так, при кремнефтористоводородных борфтористоводородных использовании И электролиз ведут электролитов В следующих условиях: тока  $-200-250 \text{ A/m}^2$ , время наращивания катодного осадка -80-96 часов при организации циркуляции электролита. При этом на катоде получают сплав с содержанием 60-65 % Рb и 34-39 % Sn, который является пригодным в качестве лигатуры при изготовлении припоев [15-17].

#### Выводы:

- олово востребованный металл во многих сферах деятельности человека благодаря своим особенным физико-химическим свойствам;
- при получении олова необходимы многочисленные операции его перечистки и рафинирования;
- получение олова из отработанных сплавов и материалов может проводиться разными методами, но наиболее перспективными являются электрохимические, гидрометаллургические и комбинированные способы;
- в качестве электролитов при электрохимической переработке отработанных оловосодержащих сплавов используют как кислотные, так и щелочные электролиты.

#### 2 Экспериментальная часть

#### 2.1 Методика выполнения исследований

Исходные материалы и реагенты. Для выполнения исследований в качестве анодов были взяты модельные припои на основе олова с содержанием олова 45 и 60 %. Припои были получены в лаборатории спецкурсов кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технологии специальных материалов» путем сплавления свинца и олова в необходимых количествах:

- припой № 1: на 100 г сплава 45 г олова и 55 г свинца;
- припой № 2: на 100 г сплава 60 г олова и 40 г свинца.

Катодом служила пластина из титана марки BT1-0.

На основании литературных данных были выбраны щелочной и кислотный электролиты. Для изучения анодного растворения припоя в щелочных электролитах взяли растворы едкого калия с концентрацией 50 и 100 г/л. Для изучения анодного растворения припоя в кислотном электролите использовали раствор сульфаминовой кислоты концентрацией 50 г/л.

Сульфаминовая (аминосульфоновая) кислота —  $NH_2SO_2OH$  (или  $NH_2SO_3H$ ) со структурной формулой, представленной на рисунке 2.

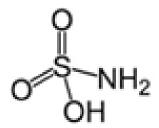


Рисунок 2 — Структурная формула сульфаминовой (аминосульфоновой) кислоты, используемой в работе

Реактивы, из которых изготавливали аноды, и готовили электролиты имели марку по чистоте не ниже «х.ч.».

Промывка анодов после выполнения исследований производилась дистиллированной водой.

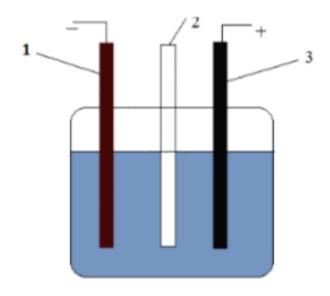
Методика выполнения исследований. Все исследования проводили в лаборатории спецкурсов кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технологии специальным материалов» Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева.

Изучение процесса анодного растворения модельных припоев на основе олова проводили с использованием электрохимического комплекса ЭХК-1012 (ООО ИП "Тетран", РФ), общий вид которого приведен на рисунке 3. Это прибор в своих измерениях использует некомпенсационный метод, поэтому необходимо было делать повторные поляризационные кривые.



Рисунок 3 — Электрохимический комплекс ЭХК-1012 с собранной электрохимической ячейкой

Электрохимическая ячейка представляла собой емкость из фторопласта объемом 400 мл, анодом служили оловосодержащие припои в виде пластин площадью 5,6 см², катодом – титановая (ВТ1-0) пластина площадью 5 см². Все измерения потенциалов анода проводили относительно хлоридсеребряного электрода сравнения. Схематически ячейка изображена на рисунке 4.



1 – титановый катод; 2 – хлорид-серебряный электрод; 3 – анод из припоя на основе олова

Рисунок 4 – Электрохимическая ячейка в сборе

# 2.2 Изучение анодного растворения модельных припоев на основе олова с использованием растворов едкого калия

В щелочных растворах анодное растворение свинцово-оловянных сплавов может протекать по реакциям, представленным в таблице 1. Исходя из приведенных реакций, можно предположить, что растворение сплава в щелочных растворах в первую очередь начнётся с растворения олова по реакции (4), то есть предпочтительно будет образование ионов  $HSnO_2^-$ , и свинца по реакции (6).

В слабощелочных растворах олово преимущественно может растворяться по реакции (4), растворение свинца маловероятно.

Таблица 1 — Возможные электрохимические реакции, протекающие на аноде, выполненном из вторичных свинцово-оловянных сплавов [18]

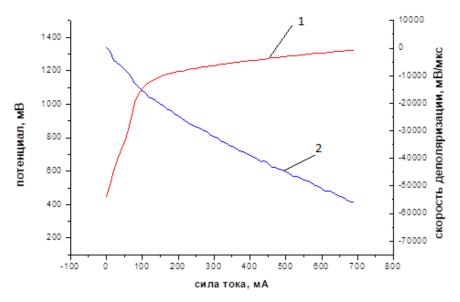
	Реакция	$\mathrm{E}^{0},\mathrm{B}$
	Окисление олова	
1	$3OH^{-} + Sn - 2e = H_{2}O + HSnO_{2}^{-}$	-0,91
2	$Sn - 2e = Sn^{2+}$	-0,14
3	$Sn - 4e = Sn^{4+}$	0,01
4	$2H_2O + Sn - 2e = 3H^+ + HSnO_2^-$	0,33
	Окисление свинца	
5	$Pb - 2e = Pb^{2+}$	-0,125
6	$Pb - 4e = Pb^{4+}$	0,77
7	$3OH^{-} + Pb - 2e = H_{2}O + HPbO_{2}^{-}$	-0,502
8	$6OH^{-} + Pb - 4e = 3H_{2}O + PbO_{2}^{2-}$	-0,127
9	$2H_2O + Pb - 2e = H^+ + HPbO_2^-$	0,702

После снятия поляризационных кривых (рисунок 5) при анодном растворении припоя с содержанием олова около 60 % в растворе гидроксида калия концентрацией 50 г/л наши предположения подтвердились — начало растворения зафиксировано при потенциале около 0,4 В.

Затем происходит пассивация анода, что может быть связано с малой растворимостью его оксидных пленок на поверхности сплава, и выделение кислорода.

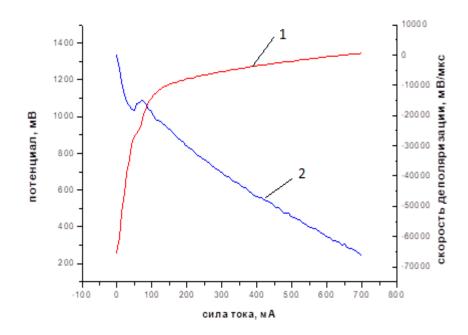
Этот же припой подвергли повторному снятию поляризационных кривых (рисунок 6), на основании которых можно предположить, что растворение сплава идет по двум предпочтительным реакциям - (4) и (3), дальнейшее растворение сплава сопровождается активным выделением кислорода, что было зафиксировано визуально.

Увеличение концентрации щелочи в составе электролита до 100 г/л приводит к резкому изменению вида поляризационных кривых как при первичном (рисунок 3), так и при повторном снятии кривых (рисунок 7).



- 1 поляризационная кривая
- 2 деполяризационная кривая

Рисунок 5 — Поляризационная (1) и деполяризационная (2) кривые растворения припоя на основе олова (60,0 % масс. Sn) в растворе КОН (50 г/л)

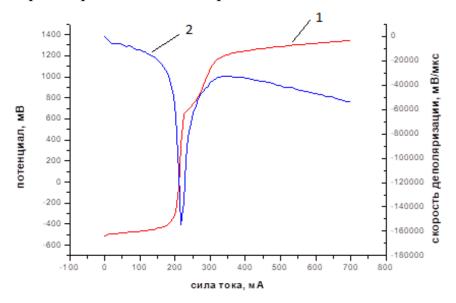


- 1 поляризационная кривая
- 2 деполяризационная кривая

Рисунок 6 — Повторное снятие поляризационной (1) и деполяризационной (2) кривых анодного растворения припоя на основе олова (60,0 % масс. Sn) в растворе КОН (50 г/л)

При первичном снятии поляризационных кривых можно отметить преимущественное последовательное протекание реакций (1), (7) и (2) (смотри таблицу 1). При достижении силы тока около 300 мА и потенциала около

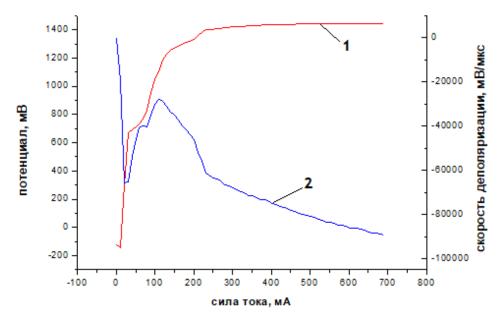
1200 мВ растворение сплава сопровождается выделением кислорода.



- 1 поляризационная кривая
- 2 деполяризационная кривая

Рисунок 7 — Поляризационная (1) и деполяризационная (2) кривые растворения припоя на основе олова (60,0 % масс. Sn) в растворе КОН (100 г/л)

При повторном снятии кривых (рисунок 8), с ростом анодной поверхности растворяющегося сплава и изменением поверхностного содержания компонентов сплава меняется и последовательность протекания электрохимических реакций - сначала (1), потом (7), (2), (5), (8) таблицы 1 и только затем — выделение кислорода.



- 1 поляризационная кривая
- 2 деполяризационная кривая

Рисунок 8 – Повторное снятие поляризационной (1) и деполяризационной (2) кривых растворения припоя на основе олова (60,0 % масс. Sn) в растворе КОН (100 г/л)

Таким образом, разделение свинца и олова при электрохимической переработке сплава в щелочных растворах невозможно, в состав электролита будут переходить оба металла. При увеличении концентрации гидроксида калия в электролите будет происходить более активное растворение сплава даже на начальной стадии. По мере развития анодной поверхности она будет обогащаться либо оловом, либо свинцом. Такой характер растворения будет приводить к изменению хода поляризационных кривых, перегибы на которых отвечают реакциям окисления свинца и олова до их окисленных соединений. Образование ионов свинца и олова (+4) при анодном растворении припоев на основе олова в растворах щелочей маловероятно.

# 2.3 Изучение анодного растворения модельных припоев на основе олова с использованием растворов сульфаминовой кислоты

Растворение припоев на основе олова, содержащих в своем составе свинец, в растворах разбавленных минеральных и органических кислот при наложении электрического тока можно рассматривать как результат протекания двух процессов растворения сплава: электрохимического и химического. Химическое растворение припоя при использовании сульфаминовой кислоты протекает незначительно, скорость этого процесса крайне низка, что известно из литературных данных.

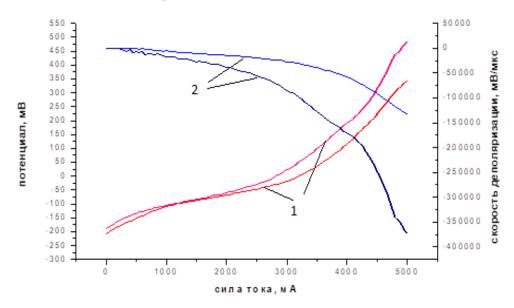
Основная часть металлов растворяется за счет действия электрического тока, процесс растворения представляет собой анодное растворение. Начало растворения сплава определяется стандартным потенциалом более электроотрицательного металла и по мере поляризации анода может приводить к переходу в раствор второго, более электроположительного металла, что показано в реакциях (2) и (5) таблицы 1.

Результаты анодного растворения припоя на основе олова (60,0 % Sn) в растворе сульфаминовой кислоты представлены на рисунке 9.

Исходя из значений стандартных окислительно-восстановительных потенциалов, можно ожидать, что начало растворения сплава должно быть связано с преимущественным растворением олова, как более электроотрицательного металла (реакции 2 таблицы 1).

Однако представленные поляризационные и деполяризационные кривые анодного растворения исследуемого припоя (60,0 % Sn) указывают на совместное растворение этого сплава с одновременным переходом в раствор катионов свинца и олова — на деполяризационных кривых (отмечены синим и темно-синим цветом) отсутствуют точки экстремумов, соответствующих индивидуальным электрохимическим реакциям.

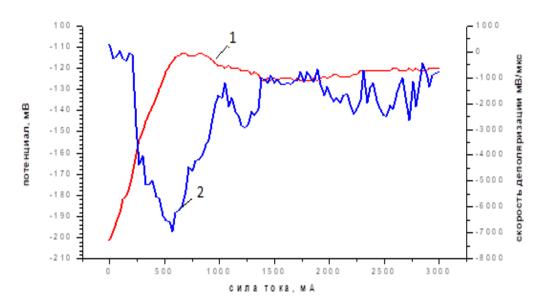
Незначительный сдвиг анодного потенциала при растворении в положительную сторону минус 0,207 В и минус 0,189 В вероятно связан с разрастанием анодной поверхности.



- 1 поляризационная кривая
- 2 деполяризационная кривая

Рисунок 9 — Поляризационные (1) и деполяризационные (2) кривые растворения сплава свинец-олово (60,0 масс. % олова) в сульфаминовом электролите

Совершенно другая картина наблюдается при анодном растворении свинцово-оловянного припоя с содержанием 45,0 % масс. Sn, анодные поляризационные и деполяризационные кривые этого процесса представлены на рисунке 10.



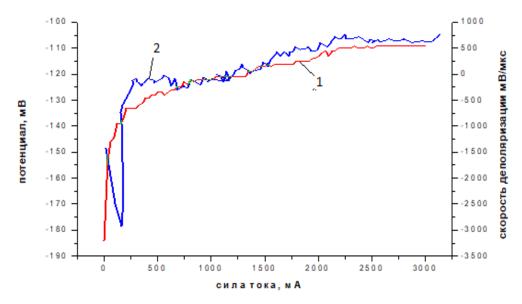
- 1 поляризационная кривая
- 2 деполяризационная кривая

Рисунок 10 — Поляризационная (1) и деполяризационная (2) кривые растворения припоя на основе олова (45,0 % масс. Sn) в сульфаминовом электролите на начальном этапе растворения

В этом случае в сульфаминовокислом электролите характерно чередующееся растворение: сначала в раствор преимущественно переходит олово, поверхность сплава обогащается свинцом, он начинает растворяться с поверхности, поверхность сплава обогащается оловом и т.д.

Начало растворения олова с поверхности исходного сплава свинец-олово (45,0 % масс. Sn) в сульфаминовокислом электролите соответствует -0,201 В, после достижения потенциала -0,122 В начинает растворяться свинец, и при потенциале -0,111 В начинается выделение кислорода.

По мере протекания процесса анодного растворения (кривые сняты через 10 минут после начала анодного растворения) селективное растворение электроотрицательного компонента (в нашем случае компонент А сплава – олово) из гомогенного А, В-сплава (свинец-олово с содержанием около 45 % олова) при определенных условиях приводит к нарушению морфологической стабильности электродной поверхности и ее развитию. При этом устойчивый к растворению компонент В (свинец) находится на поверхности сплава в особом, энергонасыщенном состоянии (рисунок 11).



- 1 поляризационная кривая
- 2 деполяризационная кривая

Рисунок 11 — Поляризационная (1) и деполяризационная (2) кривые растворения припоя на основе олова (45,0 % масс. Sn) в сульфаминовом электролите через 10 минут после начала растворения

При этом область потенциалов, соответствующая растворению олова с поверхности сплава, значительно сужается и составляет от минус 0,184 В до минус 0,144 В, соответственно. Значение потенциала, при котором начинается растворение свинца с обогащенной им поверхности, сдвигается в область более отрицательных величин — минус 0,144 В, что связано со значительной деполяризацией его растворения, при этом размер области растворения свинца остается неизменным и составляет 0,12 В (от минус 0,144 В до минус 0,132 В).

Таким образом, характер анодного растворения свинцово-оловянного сплава в растворе сульфаминовой кислоты зависит от содержания олова в сплаве: при содержании олова в сплаве 60 масс. % происходит одновременное растворение свинца и олова, при содержании олова в сплаве 45 масс. % — поочередное растворение металлов (сначала растворяется олово, затем накопившийся слой свинца и т.д.).

# 2.4 Оценка характера образования анодного шлама и катодного осадка при анодном растворении припоев на основе олова в растворах сульфаминовой кислоты

Для оценки характера образования анодного шлама и катодного осадка были сняты микрофотографии образцов на имеющемся на кафедре «Химии и технологии редких, рассеянных элементов, наноразмерных и композиционных материалов имени К.А. Большакова» металлографическом микроскопе XSP-104

получены микрофотографии поверхностей исследуемых сплавов, полученных при анодном растворении указанных выше образцов сплавов. Данные, полученные в случае рассмотрения анодной поверхности сплавов (рисунки 12 и 13), свидетельствуют о том, что выделение кислорода происходит точечно, по мере его накопления, что выглядит на микрофотографиях в виде черных точек пористости на фоне сплошного слоя анодного шлама.

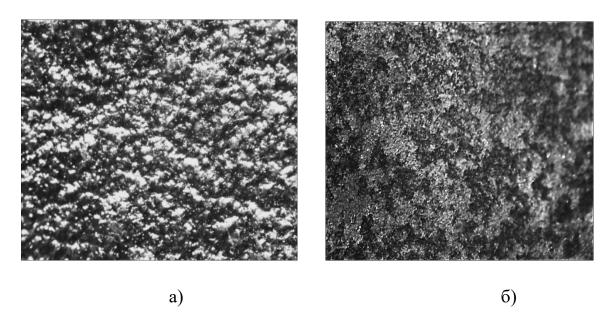


Рисунок 12 — Начальная (а) и конечная (б) поверхность припоя на основе олова (45 % олова) в исследованиях электрохимического растворения в растворе сульфаминовой кислоты, x20

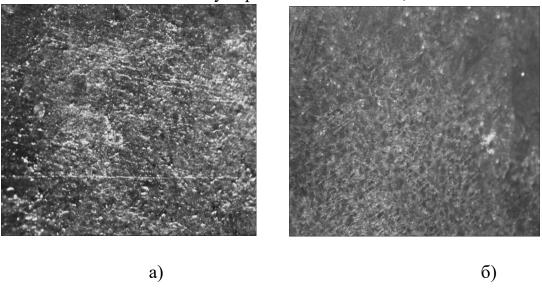


Рисунок 13 — Начальная (а) и конечная (б) поверхность припоя на основе олова (60 % олова) в исследованиях электрохимического растворения в растворе сульфаминовой кислоты, x20

На микрофотографии катодного осадка (рисунок 14) также отмечено наличие пористых участков, соответствующих выделению водорода. Получаемый катодный осадок имел вид губчатого порошка темно-серого цвета, легко снимающегося с поверхности титанового катода.

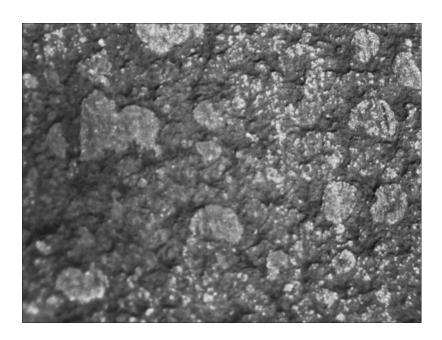


Рисунок 14 — Характер образования катодного оловосодержащего осадка на титановом катоде при использовании в качестве электролита раствора сульфаминовой кислоты (100 г/л), x45

#### Выводы:

- выполненные исследования позволили сделать вывод, что вторичные оловосодержащие сплавы могут являться богатым сырьевым источником вторичного олова, что является актуальным для Республики Казахстан, не имеющей собственного его промышленного производства;
- в качестве электролитов для электрохимической переработки можно использовать растворы гидроксида калия и сульфаминовой кислоты;
- при анодном растворении свинцово-оловянного сплава в растворах едкого калия рост концентрации щелочи в растворе будет способствовать более активному растворению свинца и олова даже на начальной стадии. По мере развития анодной поверхности она обогащается попеременно либо свинцом, либо оловом;
- анодное растворение свинцово-оловянного сплава в растворе сульфаминовой кислоты зависит от содержания олова в сплаве: при содержании олова в сплаве 60 % происходит одновременное растворение свинца и олова, при содержании олова в сплаве 45 % поочередное растворение металлов (сначала растворяется олово, затем накопившийся слой свинца и т.д.);
- выделение кислорода на аноде зафиксировано как на поляризационных кривых, так и отмечается на микрофотографиях анодов после

электрохимической переработки в виде изъязвлений и точек пористости в слое анодного шлама.

## 3 Вредные и опасные факторы и безопасные приемы работы при выполнении исследований

#### 3.1 Организация безопасной работы в лаборатории

При выполнении дипломной работы соблюдались требования Трудового Кодекса Республики Казахстан и нормативной базы по технике безопасности и охране труда [19-21]. Дипломная работа выполнялась в лаборатории спецкурсов кафедры «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» (ГМК, ауд. 302). Лаборатория по своему строению, наличию оборудования, организации освещения, водопровода и канализации соответствует функциональному назначению и требованиям безопасности и охраны труда. Рабочее оборудование, используемое в дипломной работе, было в исправном состоянии и соответствовало направлению исследований.

Студенты и сотрудники допускаются работать с электрическим током, химическими реактивами (кислотами, щелочами, органическими реагентами) после вводного и текущего инструктажей по техники безопасности.

При выполнении настоящей дипломной работы имелись средства индивидуальной защиты: хлопчатобумажный халат для обеспечения защиты работающего от попадания химических реактивов на одежду и кожу, резиновые перчатки для защиты кожи рук, резиновые груши для отбора проб водных растворов [22].

Аварийные пути для выхода студентов и сотрудников из помещения всегда остаются свободными и выводят за пределы лаборатории за счет имеющихся двух выходов.

### 3.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

При выполнении данной работы возможно получение следующих производственных травм:

- поражение электрическим током при контакте с неисправным электрооборудованием и воздействии на оборудование химически активной среды;
- получение химических ожогов и отравлений при работе с растворами кислот и щелочей.

Для профилактики профессиональных заболеваний большое значение имеет установление предельно допустимых концентраций вредных веществ. Предельно — допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны нормируются ГОСТ 12.1.005-2004. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 метров от уровня или площадки, на которой находится место постоянного пребывания работающих [22].

Характеристика используемых в работе веществ по предельно-допустимым концентрациям и токсичности приведена в таблице 2.

Таблица 2 — Токсикологическая характеристика химических реактивов, используемых в работе

Наименование вещества, его характеристика	Класс опас- ности	Характеристика воздействия на организм	Агрегатное состояние	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Раствор едкого	8		Жидкость	3
калия (КОН)		Раздражение дыхательных путей, возможен ожог кожи		
Сульфаминовая	3	и слизистых оболочек носа и	Жидкость	17
кислота (NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H)		рта		

#### 3.3 Обеспечение безопасности при работе в лаборатории

Противопожарные мероприятия. На кафедры, где выполнялась работа, имеются в наличии огнетушители, песок, инвентарь для тушения пожара, обеспечен доступ к действующим водопроводным раковинам и гидрантам. Организационные мероприятия по пожарной безопасности: запрещение курения, запрещение пользования открытым огнем, разработка планов эвакуации людей и имущества из помещений, обучение персонала мерам пожарной безопасности. При возникновении пожара необходимо выключить вентиляцию и электроприборы, обеспечить прекращение подачи в помещение горючих газов и кислорода, удалить из помещения горючие вещества, ценные бумаги и оборудование; немедленно сообщить в пожарную охрану по телефону 101; одновременно с принятием всех мер, приступить к ликвидации пожара имеющимися первичными средствами пожаротушения [23].

Обеспечение безопасности при работе с химическими реактивами. Вещества, способные вызвать отравление относятся к токсичным. Токсичные вещества проникают в организм тремя путями: через дыхательные пути, через пищеварительный тракт и через кожу [22]. Предотвратить их проникновение можно, если работать в вытяжном шкафу при включенной вентиляции. Едкие растворы и твердые отходы собирали в специальные емкости, к которых их потом нейтрализовали. При работе с кислотами и щелочами соблюдали специальные правила. Растворы в пипетки набирали с помощью специальных груш.

Выводы: в работе рассмотрены анализ опасных и вредных производственных факторов и безопасные приемы работы при условии обеспечения пожаробезопасности и соблюдении правил работы с химическими реагентами.

#### 4 Расчет затрат на выполнение исследований

Расчет затрат на проведение исследований производится по формуле [24]:

$$3_{HMP} = 3_{O.B.M} + 3_{9/9} + 3_{3.\Pi.} + 3_{X.B.} + 3_{A.O.}, \tag{12}$$

где 3 нир – затраты на проведение исследований

3<sub>О.В.М.</sub> – затраты на основные и вспомогательные материалы;

 $3_{9/9}$  – затраты на электроэнергию;

 $3_{X.B.}$  – затраты на холодную воду;

 $3_{3.\Pi.}$  – заработная плата;

За.о. - амортизационные отчисления.

Затраты на основные и вспомогательные материалы приведены в таблице 3, в их числе – затраты на химические реагенты, химическую посуду и материалы для исследований.

Таблица 3 - Затраты на основные и вспомогательные материалы

Наименование материалов	Расход	Стоимость	Общая
Паименование материалов	материалов	единицы, тг	стоимость, тг
Припой марки ПОС 45, кг	0,2	2250	450
Припой марки ПОС 60, кг	0,2	3250	650
Раствор едкого калия, л	0,25	600	150
Сульфаминовая кислота, л	0,25	560	140
Алюминиевая фольга	0,5	3000	1500
Мерная колба, 1000 мл	3	500	1500
Коническая колба	4	300	1200
Стакан	4	200	800
Бюретка	1	3000	3000
Бутыль, 1000 мл	2	400	800
Стеклянная палочка	2	50	100
Делительная воронка	4	1000	4000
Итого Зо.в.м.:			14290

Расход холодной воды. Расход воды на мытье химической посуды и приготовление растворов составило 2 м<sup>3</sup>. Тариф на холодную воду и канализацию составляет 51,84 тенге, тогда потребление холодной воды с учетом затрат на канализацию будет составлять

$$3_{x.B.} = 2 \cdot 51,84 = 103,68 \text{ Tr.}$$
 (13)

Расчет затрат на электроэнергию. В данной работе электричество потребляют электрохимический комплекс ЭХК-1012 и электронный микроскоп

Phenom World. Работа выполнялась в дневное время, поэтому затрат электроэнергии на освещение не было.

Затраты на электроэнергию приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощ- ность, кВт/ч	Время работы, ч	Количество затраченной электро- энергии, кВт	Тариф на электро- энергию, тг	Затраты на электро- энергию, тг
ЭХК-1012	0,5	60	30		504,90
Электронный микроскоп Phenom World	0,5	10	5	16,83	84,15
Итого Зэ/э:					589,05

Расчет амортизационных отчислений. Норму (H<sub>a</sub>) определяют по сроку службы оборудования согласно формуле [24-26]:

$$H_a = \frac{100}{B},\tag{14}$$

где В – срок службы оборудования.

Расчет стоимости оборудования и амортизационных отчислений приведен в таблице 5. Из таблицы 5 следует, что общая стоимость оборудования составляет 3807000 тг. За год сумма амортизационных отчислений за оборудование составит 380700 тг. Поскольку работа выполнялась в течение 2 месяцев, то за этот период амортизационные отчисления составили:

$$380700:12*2 = 63450 \text{ тенге.}$$
 (15)

Таблица 5 - Амортизационные отчисления на оборудование (3а.о.)

Наименование оборудования	Срок службы, лет	Коли- чество	Цена, тыс. тг	Годовая стоимость, тг	Ha, %	Годовая сумма амортизации (A), тг
ЭХК-1012	10	1	1500000	1500000	10	150000
Электронный микроскоп Phenom World	10	1	5400000	5400000	10	540000
Итого за год:						690000
Амортизационные отчисления за 2 месяца:						115000

Расчет заработной платы и социальных отчислений произведен для научного руководителя дипломной работы и представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Расходы на заработную плату и начисления (34)

Количество работающих	Заработная плата на 1 дипломную работу, тг	Социальные отчисления (21 %), тг	Начисления в фонд занятости (2 %), тг	Всего,
1	3000,0	630,0	60,0	3690,0

Общие затраты на исследования рассчитаны по формуле (12) и сведены в таблицу 7. Как видно из представленных данных, амортизационные отчисления являются основной статьей затрат на исследования.

Таблица 7 – Общие затраты на научно-исследовательскую работу

Наименование затрат	Сумма затрат, тг	Доля затрат, %
Основные и вспомогательные	14290,00	10,69
материалы (30.в.м.)	14290,00	10,09
Электричество $(3_{9/9})$	589,05	0,44
Холодная вода и канализация $(3_{x.в.})$	103,68	0,08
Заработная плата (3 <sub>з.п.</sub> )	3690,00	2,76
Амортизационные отчисления	115000,00	86,03
за 2 месяца работы (3а.о)	113000,00	00,03
Итого затрат (3):	133672,73	100

Целью работы было установить возможность анодного растворения свинцово-оловянных припоев с использованием электролитов разной природы. Рассчитать себестоимость и срок окупаемости исследований невозможно, поскольку не выполнялись технологические исследования и не устанавливались технологические режимы.

#### Выводы:

- основным видом затрат на выполнение исследований являются амортизационные отчисления, их доля в общей сумме составляет 86,03 %;
- снижение затрат возможно, если приборы, применяемые в данной работе использовать и в других исследованиях. Тогда доля амортизационных отчислений на выполнение исследований уменьшится;
- рассчитать себестоимость и срок окупаемости исследований невозможно, поскольку не выполнялись технологические исследования и не устанавливались технологические режимы.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в настоящей дипломной работе результаты полностью соответствуют заданию, поставленным цели и задачам.

Цель, поставленная в дипломной работе, достигнута, так как экспериментально установлена реальная возможность анодного растворения припоев на основе олова с использованием электролитов различной природы.

Задачи выполнены в полном объеме:

- 1) выполнен критический анализ современного состояния проблемы переработки отработанных оловосодержащих материалов, к которым относятся свинцово-оловянные припои. Показано, что метода переработки разнообразны, но перспективными могут оказаться гидрометаллургические и электрохимические способы;
- 2) исследован процесс анодного растворения свинцово-оловянных припоев в двух электролитах разной природы. Показано, что:
- вторичные оловосодержащие сплавы могут являться богатым сырьевым источником вторичного олова, что является актуальным для Республики Казахстан, не имеющей собственного его промышленного производства;
- в качестве электролитов для электрохимической переработки можно использовать растворы гидроксида калия и сульфаминовой кислоты;
- при анодном растворении свинцово-оловянного сплава в растворах едкого калия рост концентрации щелочи в растворе будет способствовать более активному растворению свинца и олова даже на начальной стадии. По мере развития анодной поверхности она обогащается попеременно либо свинцом, либо оловом;
- анодное растворение свинцово-оловянного сплава в растворе сульфаминовой кислоты зависит от содержания олова в сплаве: при содержании олова в сплаве 60 % происходит одновременное растворение свинца и олова, при содержании олова в сплаве 45 % поочередное растворение металлов (сначала растворяется олово, затем накопившийся слой свинца и т.д.);
- выделение кислорода на аноде зафиксировано как на поляризационных кривых, так и отмечается на микрофотографиях анодов после электрохимической переработки в виде изъязвлений и точек пористости в слое анодного шлама.
- 3) в работе рассмотрены анализ опасных и вредных производственных факторов и безопасные приемы работы при условии обеспечения пожаробезопасности и соблюдении правил работы с химическими реагентами;
- 4) произведен расчет затрат на выполнение исследований, в котором показано, что:
- основным видом затрат на выполнение исследований являются амортизационные отчисления, их доля в общей сумме составляет 86,03 %;
- снижение затрат возможно, если приборы, применяемые в данной работе использовать и в других исследованиях;

– рассчитать себестоимость и срок окупаемости исследований невозможно, поскольку не выполнялись технологические исследования и не устанавливались технологические режимы.

Научная и познавательная ценность работы заключается в том, что установлено зависимость характера анодного растворения оловосодержащих припоев от содержания в них олова, природы и концентрации электролитов.

Социальная ценность исследований связана с возможностью переработки отработанных сплавов на основе олова с получением новых материалов.

В работе получены новые сведения по механизму электрохимического растворения припоев на основе олова в растворах едкого калия и сульфаминовой кислоты. По результатам исследований подготовлен доклад на конференцию.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Колодин С.М. Вторичное олово и переработка бедного оловянного сырья. М.: Металлургия, 1970. 240 с.
- 2 Россошинский А.А., Лапшов Ю.К., Яценко Б.П. Олово в процессах пайки. Киев: Наукова думка, 1985. 197 с.
- 3 Шубов Л.Я., Ставронский М.Е., Шехирев Д.В. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): Учебник. М.: ГОУВПО «МГУС», 2006. 411 с.
- 4 Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов: Учебник. М.: Высшая школа, 2006. 862 с.
- 5 Купряков Ю.П. Производство тяжелых цветных металлов из лома и отходов. Харьков: Основа, 1992. 399 с.
- 6 Худяков И.Ф., Дорошкевич А.П., Карелов С.В. Металлургия вторичных цветных металлов. Москва: Металлургия, 1987. 528 с.
- 7 Пат. RU22245935 (РФ). Способ извлечения олова из отходов. / Е.П. Бучихин, А.Ю. Кузнецов, В.В. Шаталов. Электронный ресурс на сайте: http://www.findpatent.ru/patent/224/2245935.html
- 8 Пат. RU2230126 (РФ). Способ регенерации оловянно-свинцового припоя. / А.Н. Парфенов. Электронный ресурс на сайте: http://www.findpatent.ru/patent/223/2230126.html
- 9 Manis Kumar Jha, Pankaj Kumar Chjubley, Amrita Kumari Jha, Archanakumari, Jae-chun Lee, Vinay Kumar, Jinki Jeong. Leaching studies for tin recovery from waste e-scrap // Waste management. − 2012. -№ 32 − P. 1919-1925. doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.006.
- 10 Пат. RU2625156 (РФ). Способ извлечения олова из отходов электронной и электротехнической промышленности. / А.П. Денисенко, М.А. Лучко, С.А. Редькин, Л.А. Штода, К.А. Кривулько, М.В. Семин, В.Б. Салов, Е.В. Черкасов, Н.И. Беззубов. Электронный ресурс на сайте: http://www.findpatent.ru/patent/262/2625156.html
- 11 Беляев Д.В. Металлургия олова. / Учебник. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1960. 97 с.
- 12 Большаков К.А., Федоров П.И. Химия и технология малых металлов: учебное пособие. М.: МИХМ, 1984. 86 с.
- 13 Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы. М.: Металлургия, 1986. 359 с.
- 14 Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов: учебное пособие. / Д.В. Валуев; Юргинский технологический институт. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 196 с.

- 15 Tianxiang Nan, Jianguangyang, Bing Chen. Electrochemical mechanism of tin membrane electrode position under ultrasonic waves // Ultrasonics Sonochemistry. 2018. № 42. P. 731-737. doi.org/10.1016/j. ultsonch.2017.12.044.
- 16 Yang Jian-guang, Lei Jie, Peng Si-yao, Lv Yuan-lu, Shi Wei-qiang. A new membrane electro-deposition based process for tin recovery from waste printed circuit boards // Journal of Hazardours Materials. − 2016. № 304. − P. 409-416. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.11.007.
- 17 Карелов С. В., Мамяченков С. В., Кирпиков А. С., Анисимова О. С. Исследование электролитического рафинирования свинцово-оловянных сплавов во фтористоводородных электролитах. // Цветные металлы. − 2004. − №4. − С. 41-45.
- 18 Турьян Я.И. Окислительно-восстановительные реакции и потенциалы в аналитической химии. М.: Химия, 1989. 248 с.
- 19 Закон РК «О безопасности и охране труда» от 28 февраля 2004 г. // Электронная версия на сайте www.government.kz
- 20 Закон РК «О труде в Республике Казахстан» от 10 декабря 1999 г. // Электронная версия на сайте http://www.government.kz
- 21 Закон «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах» от 03 апреля 2002 г. // Электронная версия на сайте http://www.government.kz
- 22 Горшкова С.И. Производственная эргономика. М.: Медицина, 1979. 312 с.
- 23 Закон «О пожарной безопасности» от 26 мая 2008 г. // Электронная версия на сайте http://www.government.kz
- 24 Чернышева Ю.Г., Чернышев Э.А. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Ростов на Дону: Экономика, 2003. 304 с.
- 25 Немцев В.Н. Экономический анализ эффективности промышленного предприятия. Магнитогорск: Наука, 2004.
- 26 Прусакова М. Ю. Оценка финансового состояния предприятия. Методики и приемы. – М.: Вершина, 2008. – 80 с.