

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ВАСИЛЬЄВА Олена Олександрівна

УДК 621.357.7:541.13

**ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ
ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ СВИНЦЮ
ІЗ МЕТИЛСУЛЬФОНАТНИХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ**

05.17.03 – технічна електрохімія

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор хімічних наук, професор
Данилов Фелікс Йосипович,
ДВНЗ «Український державний
хіміко-технологічний університет»,
завідувач кафедри фізичної хімії

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Нефедов Володимир Георгійович,
ДВНЗ «Український державний
хіміко-технологічний університет»,
професор кафедри технічної електрохімії

кандидат хімічних наук, доцент
Трофименко Віталій Володимирович,
Дніпропетровський національний університет
імені Олеся Гончара,
доцент кафедри фізичної та неорганічної хімії

Захист відбудеться «28» жовтня 2011 року о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.078.01 при ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. Гагаріна, 8.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» за адресою: м.Дніпропетровськ, просп. Гагаріна, 8.

Автореферат розісланий «15» вересня 2011р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

І.Д. Пінієлле

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Електроосаджені сплави свинець-олово і свинець-олово-мідь застосовуються в сучасній промисловості в якості антифрикційних покриттів для покращення експлуатаційних характеристик та підвищення довговічності різноманітних вузлів тертя, зокрема вкладишів підшипників ковзання.

Для нанесення сплавів свинцю найчастіше використовуються електроліти на основі надзвичайно токсичної і агресивної флуорборатної кислоти. Перспективною альтернативою флуорборатним електролітам можуть стати екологічно безпечніші метилсульфонатні розчини. Їх основними перевагами є висока розчинність солей металів, широкий інтервал робочих густин струму, а також спрощення технології очищення стічних вод. Однак, гальванічні процеси з використанням метилсульфонатних електролітів стали об'єктом промислових розробок лише віднедавна, після того як було опановано новітні технології великотоннажного синтезу метилсульфонової кислоти.

Відзначимо, що літературні дані з електроосадження антифрикційних покриттів на основі свинцю із метилсульфонатних електролітів є досить обмеженими і мають в основному патентний характер. У промисловості України технології електроосадження покриттів з використанням метилсульфонової кислоти реалізовано не було. Тому встановлення закономірностей електроосадження сплавів Pb-Sn і Pb-Sn-Cu із метилсульфонатних електролітів, а також розробка та освоєння промислової технології на їх основі є вельми актуальним науково-практичним завданням.

Дана робота є науковою основою інноваційного проекту зі створення та промислового освоєння у вітчизняному виробництві технології нанесення антифрикційних покриттів на вкладиші підшипників ковзання із метилсульфонатних електролітів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», завдань держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України: «Адсорбція синтетичних водорозчинних полімерів і міжфазні процеси в електрохімічних системах» № 0103U001187 (2003–2005); «Електрохімічні процеси за участю синтетичних поліелектролітних комплексів» № 0106U000250 (2006–2008); «Електрохімічний синтез наноструктурних матеріалів в системах з метансульфонатними електролітами, що містять добавки ПАР» № 0109U001259 (2009–2011).

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягала в розробці науково-технічних основ сучасної високоінтенсивної екологічно безпечної технології отримання антифрикційних покриттів сплавами свинець-олово і свинець-олово-мідь з використанням метилсульфонатних електролітів і її промисловій реалізації при виготовленні вкладишів підшипників ковзання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- встановити вплив концентрації основних компонентів електроліту і режиму електролізу на склад і властивості сплавів Pb-Sn і Pb-Sn-Cu;
- виявити кінетичні закономірності сумісного розряду іонів Pb^{2+} , Sn^{2+} і Cu^{2+} із метилсульфонатних електролітів;
- розробити композицію органічних ПАР для метилсульфонатного електроліту осадження сплавів Pb-Sn і Pb-Sn-Cu з метою отримання високоякісних антифрикційних покриттів;
- визначити оптимальний склад електроліту і режим електролізу, що дозволяють отримувати високоякісні мікрокристалічні покриття сплавами свинець-олово (~10% Sn) і свинець-олово-мідь (~8% Sn, ~2% Cu).

Об'єкт дослідження – електролітичне нанесення антифрикційних покриттів на основі свинцю.

Предмет дослідження – закономірності впливу різних факторів на електроосадження сплавів Pb-Sn і Pb-Sn-Cu із метилсульфонатних електролітів.

Методи дослідження :

- для встановлення закономірностей електроосадження сплавів свинцю використано вольтамперометрію, полярографію на РКЕ і гравіметрію;
- для аналізу складу електролітів і сплавів застосовано методи амперометричного і окисно-відновлювального титрування;
- для оцінки властивостей, структури і морфології антифрикційних покриттів використано триботехнічні виміри, вимірювання мікротвердості покриттів, рентгенофазовий аналіз, оптичну мікроскопію і сканувальну електронну мікроскопію.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі вперше отримано комплекс систематичних експериментальних даних про вплив різних факторів на електроосадження сплавів свинець-олово і свинець-олово-мідь із метилсульфонатного електроліту, що дозволило встановити:

- взаємний вплив парціальних процесів під час електроосадження сплаву Pb-Sn, обумовлений зниженням швидкості виділення олова внаслідок утруднень, що виникають при його кристалізації на сторонній (свинцевій) підложці;
- ефект незалежного розряду іонів Cu^{2+} при осадженні потрійного сплаву Pb-Sn-Cu із метилсульфонатного електроліту;
- можливість регульованого впливу на склад сплавів шляхом уведення до метилсульфонатного електроліту спеціально підібраних органічних ПАР;
- умови, які дозволяють значно знизити швидкість реакції хімічного окиснення іонів Sn^{2+} в присутності іонів Cu^{2+} шляхом уведення до метилсульфонатного електроліту спеціальних

антиоксидантів;

– оптимальний склад електроліту і режим електролізу, які дозволяють одержувати високоякісні мікрокристалічні покриття сплавами свинець-олово (~10% Sn) і свинець-олово-мідь (~8% Sn, ~2% Cu).

Практична цінність отриманих результатів. Отриманий у роботі комплекс експериментальних даних про вплив різноманітних факторів на електроосадження сплавів на основі свинцю із метилсульфонатних електролітів, а також на властивості покриттів є науковою основою нових ресурсо- і енергоощадних технологій нанесення антифрикційних покриттів із прогнозованими властивостями.

Розроблено композицію органічних ПАР, використання якої дозволяє знизити вміст іонів Sn^{2+} в електроліті і запобігти їх окисненню під час експлуатації. Запропонована композиція захищена патентом України на корисну модель № 51670.

Розроблено та реалізовано в промислових умовах на ТОВ «Мелітопольський завод підшипників ковзання» нову високоінтенсивну екологічно безпечну технологію нанесення антифрикційних покриттів сплавами свинець-олово і свинець-олово-мідь на вкладиші підшипників ковзання з використанням метилсульфонатних електролітів. Запропонована технологія дозволяє повністю відмовитися від використання небезпечних і агресивних сполук флуору, а також від застосування знежирювальних композицій на основі токсичних органічних розчинників.

Особистий внесок здобувача. Аналіз наукових праць, виконання експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів і участь в дослідно-промислових випробуваннях запропонованої технології виконані автором.

Постановка завдань дослідження і обговорення результатів виконано спільно з науковим керівником д.х.н., професором Даниловим Ф. Й. та к.х.н., доц. Проценком В. С.

Рентгенофазовий аналіз виконано спільно з к.ф.-м.н. Баскевичем О. С. Триботехнічні випробування проведено спільно з к.т.н. Кабатом О. С. Зображення СЕМ отримані спільно з к.т.н. Корнієм С. А.

Апробація результатів роботи. Результати дисертаційної роботи було оприлюднено на III, IV Міжнародних науково-технічних конференціях студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія і сучасні технології» (Дніпропетровськ, 2007, 2009); VIII Всеукраїнській конференції студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії» (Київ, 2007); V Всеукраїнській конференції молодих вчених та студентів з актуальних проблем хімії (Дніпропетровськ, 2007); V Українському з'їзді з електрохімії (Чернівці, 2008), IX, X Міжнародних конференціях-виставках «Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів» (Львів, 2008, 2010), VIII Всеукраїнській конференції молодих вчених, студентів та аспірантів з актуальних проблем хімії (Харків, 2010),

VII Регіональній конференції молодих вчених та студентів з актуальних проблем хімії (Дніпропетровськ, 2010), Науково-технічній конференції «Молодіжний електрохімічний форум» (МЕФ–2010) (Харків, 2010).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи викладено в 16 друкованих працях, з них 7 статей у спеціалізованих наукових журналах, 1 патент України на корисну модель та 8 тез доповідей міжнародних і регіональних наукових конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 135 сторінок. Робота містить 38 рисунків, 20 таблиць і 1 додаток. Список використаних джерел включає 129 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, показано зв'язок досліджень з державними науковими програмами, наведено наукову новизну і практичну цінність роботи.

У **першому розділі** надано огляд наукових праць за темою дисертації. Виконано аналіз робіт, присвячених закономірностям електроосадження сплавів свинцю з електролітів різних типів. Надано порівняльний огляд різних антифрикційних матеріалів і сфер їх застосування, а також постановка завдання дослідження.

У **другому розділі** наведено опис матеріалів, методик досліджень і вимірювальної апаратури.

Вольтамперні вимірювання виконано за допомогою потенціостатів Potentiostat/Galvanostat Reference 3000 (Gamry) з використанням відповідного програмного забезпечення, а також ПИ-50-1.1. Для отримання вольтамперограм застосовано термостатовану скляну триелектродну комірку. Робочим електродом була платинова пластинка, на яку заздалегідь електролітичним методом було нанесено шар свинцю, олова або міді (залежно від досліджуваного процесу). В якості допоміжного електрода використовували свинцеву, олов'яну або мідну пластинку. Електродом порівняння був насичений хлоридсрібний. У роботі потенціали подано в шкалі нормального водневого електрода.

Для осадження покриттів у гальваностатичному режимі використано джерело струму Б5-47. В якості катода використовували мідну або платинову пластинку. Аноди виготовлено з металургійного свинцю марки С2.

Для визначення складу електролітів використано титриметричний (при визначенні концентрації іонів Sn^{2+}) і амперометричний (при визначенні концентрації іонів Pb^{2+} і Cu^{2+}) методи аналізу.

Для визначення складу електроосаджених сплавів Pb-Sn і Pb-Sn-Cu застосовано амперометричний і гравіметричний методи аналізу.

Зовнішній вигляд отримуваних покриттів оцінювався як візуально, так і за допомогою мікроскопа МБС-9 (збільшення $\times 28$). Фотознімки поверхні покриттів отримано за допомогою цифрового фотоапарата CANON A630 POWERSHOT. СЕМ зображення покриттів отримано за допомогою сканувального електронного мікроскопа (EVO 40XVP).

Мікротвердість покриттів виміряно за допомогою приладу ПМТ-3.

Рентгенофазовий аналіз було виконано з використанням рентгенівського дифрактометра ДРОН-3 в монохроматизованому $\text{CoK}\alpha$ -випромінюванні. Розшифрування виконано за допомогою картотеки «Joint Committee on Powder Diffraction Standards, 1998».

Триботехнічні властивості покриттів досліджено за допомогою машини тертя 2010 МФТ. Коефіцієнт тертя і питоме зношення визначали в середовищі мастила И-20 за допомогою схеми диск–колодка, по контртілу із сталі 45. Дослідження здійснено при питомому навантаженні 0,5 МПа.

Третій розділ присвячено вивченню впливу складу електроліту і режиму електролізу на електроосадження сплавів Pb-Sn і Pb-Sn-Cu.

Для забезпечення високих антифрикційних характеристик електроосаджені сплави на основі свинцю повинні включати $\sim 10\%$ олова. Із метилсульфонатного електроліту, що не містить органічних добавок, сплави такого складу можуть бути отримані лише при досить високому молярному співвідношенні іонів $[\text{Sn}^{2+}]/[\text{Pb}^{2+}]$, тобто при відносно великій концентрації іонів Sn^{2+} в електроліті (рис. 1, крива 1). Оскільки сполуки стануму є дуже дефіцитними і високовартісними, то застосування електролітів з високою концентрацією іонів Sn^{2+} є економічно неприйнятним.

Потужним чинником впливу на кінетику електродних процесів, а значить і на склад осаджуваних сплавів, є використання добавок органічних ПАР. Крім того, уведення ПАР до складу електролітів часто дозволяє поліпшити якість і експлуатаційні характеристики покриттів.

З метою підбору органічної добавки, уведення якої дозволило б отримувати покриття заданого складу із метилсульфонатного електроліту з відносно невисокою концентрацією іонів Sn^{2+} , було вивчено вплив різних органічних ПАР на зовнішній вигляд і склад свинцево-олов'яних сплавів. Виявлено, що введення до складу електроліту оксиетильованого β -нафтолу, дозволяє помітно збільшити вміст олова в сплаві, а також значно поліпшити зовнішній вигляд покриттів.

При експлуатації водних розчинів, які містять у своєму складі іони Sn^{2+} , відбувається окиснення останніх розчиненим в електроліті киснем повітря і подальший гідроліз іонів Sn^{4+} з утворенням золю метастанатної кислоти. У присутності в розчині іонів Cu^{2+} (при осадженні потрійного сплаву Pb-Sn-Cu) швидкість цього процесу значно збільшується. Тому обов'язковим

компонентом електролітів, що містять іони Sn^{2+} , є антиоксиданти. Нами було підібрано спеціальний антиоксидант (сульфопохідна ароматичного аміну), уведення якого до метилсульфонатного електроліту дозволяє істотно знизити швидкість окиснення іонів Sn^{2+} .

Встановлено, що із метилсульфонатного електроліту, що містить суміш вибраних органічних добавок («композиція КМС»), покриття сплавом Pb-Sn(10%) можна осаджувати при співвідношенні молярних концентрацій іонів $[\text{Sn}^{2+}]/[\text{Pb}^{2+}]$, рівному $\approx 0,25$, що значно менше, ніж в електроліті без органічних добавок ($\approx 0,62$) (див. криві 1, 2 на рис. 1).

Уведення міді до свинцево-олов'яного сплаву дозволяє істотно підвищити експлуатаційні характеристики антифрикційних покриттів. Нами було показано, що із метилсульфонатного електроліту, який містить композицію КМС, осаджуються високоякісні мікрокристалічні покриття потрійним сплавом Pb-Sn($\sim 8\%$)-Cu($\sim 2\%$).

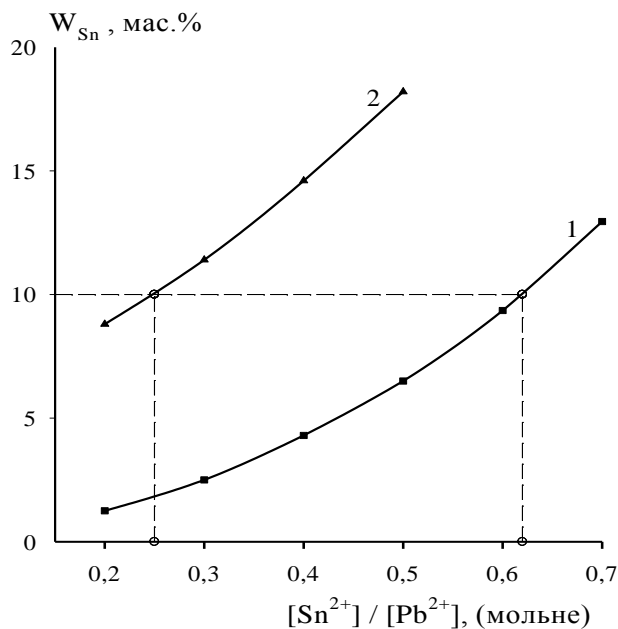
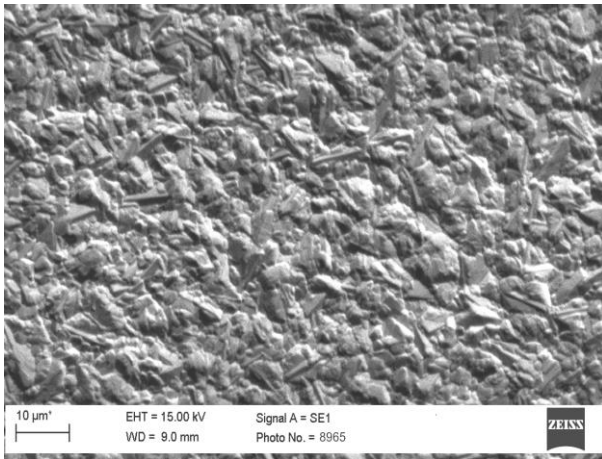


Рис. 1. Залежність складу сплаву Pb-Sn від мольного співвідношення іонів $[\text{Sn}^{2+}]/[\text{Pb}^{2+}]$ в електроліті складу (г/дм³): 70 Pb^{2+} , 8–28 Sn^{2+} , 100 $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$.
1 – без органічних добавок;
2 – з композицією КМС.
Густина струму 4 А/дм², температура 298 К

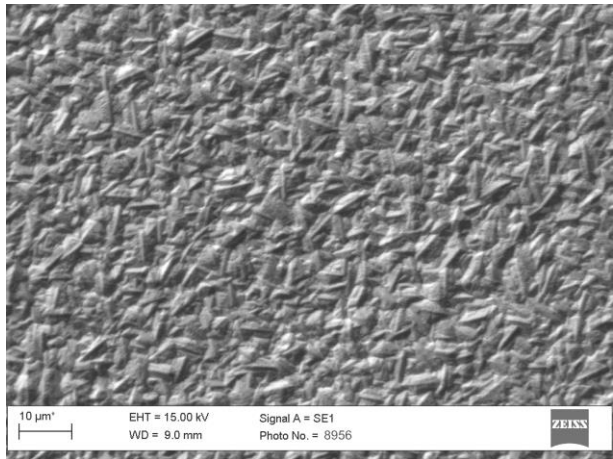
Як видно із СЕМ зображень, поверхня покриття сплавом Pb-Sn із електроліту, що не містить органічних добавок, являє собою сукупність зерен неправильної форми (рис. 2 а). При введенні до складу електроліту композиції КМС спостерігається подрібнення зерен і згладжування поверхні (див. рис. 2 б).

Потрійні сплави Pb-Sn-Cu, отримані із електроліту, що не містить органічних добавок, мають шорстку, крупнокристалічну структуру (див. рис. 2 в). У присутності композиції КМС поверхня сплаву Pb-Sn-Cu стає однорідною, дрібнозернистою; при цьому форма зерен наближається до сфероїдної (див. рис. 2 г).

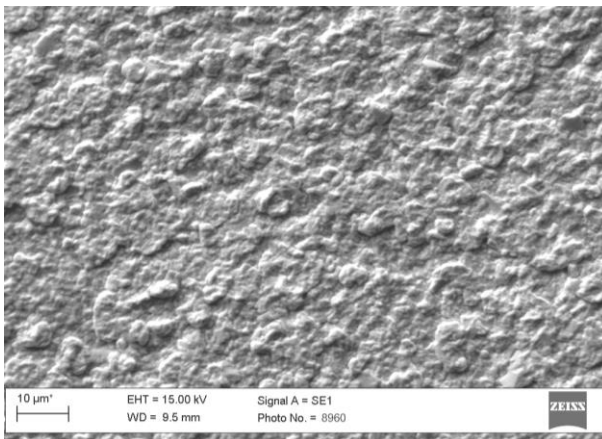
При зіставленні морфології поверхонь подвійного сплаву Pb-Sn і потрійного сплаву Pb-Sn-Cu видно, що введення міді до складу сплаву приводить до істотного подрібнення зерен і поліпшення морфології поверхні покриттів.



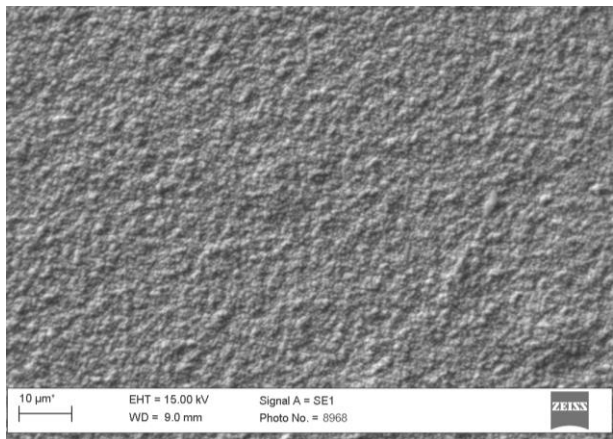
а) Pb-Sn(10%)



б) Pb-Sn(10%)



в) Pb-Sn(8%)-Cu(2%)



г) Pb-Sn(8%)-Cu(2%)

Рис. 2. СЕМ зображення покриттів:

а), в) покриття з електроліту без добавок;

б), г) покриття з електроліту, що містить композицію КМС

Вплив різних чинників (концентрації компонентів розчину, температури, густини струму і конвективного режиму) на склад сплавів на основі свинцю досліджували в електроліті, що містить композицію КМС.

Як свідчать дані, наведені на рис. 3, з підвищенням концентрації іонів Cu^{2+} в електроліті вміст міді в сплаві зростає, а вміст олова і свинцю несуттєво знижується. При підвищенні концентрації іонів Sn^{2+} в електроліті вміст олова в сплаві збільшується (при постійній концентрації іонів Cu^{2+} в розчині). Відзначимо, що варіювання концентрації іонів Sn^{2+} в інтервалі від 6 до 10 г/дм³ практично не впливає на вміст міді в покритті (криві 1, 2, 3 для вмісту міді на рис. 3 практично накладаються).

Залежність складу сплаву Pb-Sn-Cu від катодної густини струму (рис. 4) досліджено як у неперемішваному електроліті, так і в умовах перемішування розчину.

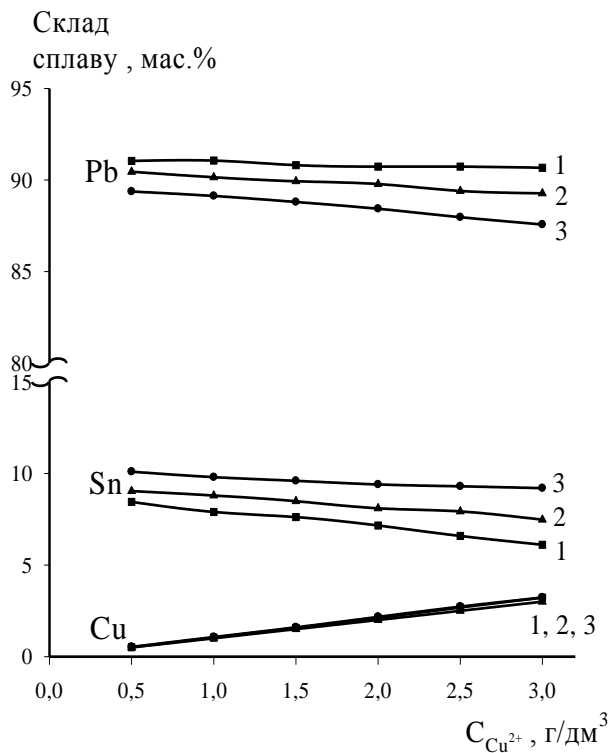


Рис. 3. Залежність складу сплаву Pb-Sn-Cu від концентрації іонів Cu^{2+} в електроліті при різній концентрації іонів Sn^{2+} : 1 – 6 г/дм³, 2 – 8 г/дм³, 3 – 10 г/дм³.
Всі розчини містять (г/дм³): Pb^{2+} – 70, $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$ – 100; композицію КМС.
Густина струму 4 А/дм², температура 298 К

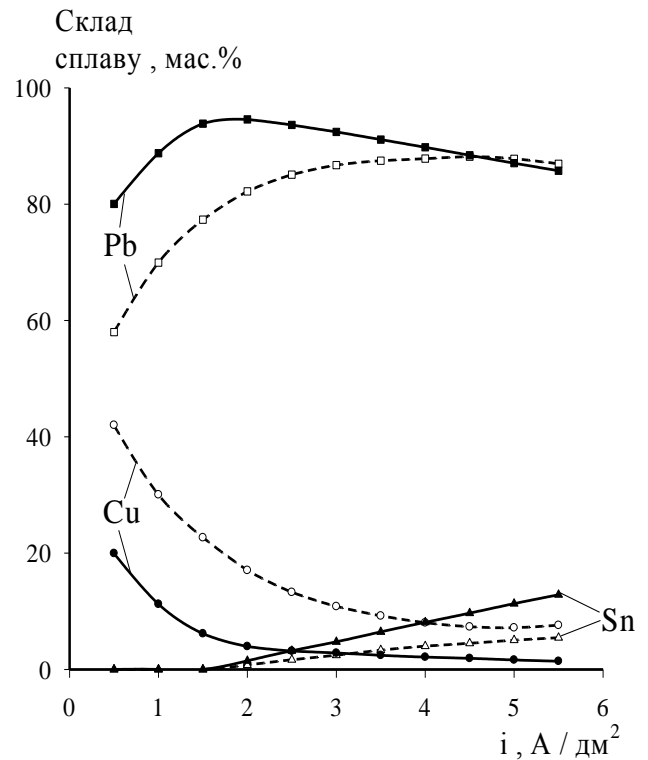


Рис. 4. Залежність складу сплаву Pb-Sn-Cu від катодної густини струму. Суцільні лінії – електроліт без перемішування, пунктирні лінії – електроліт з перемішуванням.
Електроліт (г/дм³): Pb^{2+} – 70, Sn^{2+} – 8, Cu^{2+} – 2, $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$ – 100; композиція КМС. Температура 298 К

При відносно невисоких значеннях густини струму ($i < 2$ А/дм²) олово в сплаві практично відсутнє і на катоді утворюються блискучі осади сплаву свинець-мідь (свинцювата бронза) із вмістом міді до 20%. Підвищення катодної густини струму (у вказаному інтервалі її значень) приводить до зниження вмісту міді і зростання вмісту свинцю в сплаві. В інтервалі більш високих значень густини струму ($i \geq 2$ А/дм²) на катоді утворюються потрійні сплави свинець-олово-мідь, вміст міді в яких практично не залежить від величини густини струму. Зі зростанням катодної густини струму вміст олова в сплаві підвищується, а свинцю – знижується.

Інтенсифікація конвективного масоперенесення в результаті перемішування електроліту при всіх досліджених значеннях густини струму приводить до збагачення осаду міддю і зменшення вмісту олова в сплаві. При перемішуванні електроліту вміст свинцю зменшується в області невисоких значень густини струму (до ~ 4 А/дм²) і несуттєво збільшується при більш високій густині струму.

Встановлено, що підвищення температури електроліту приводить до різкого зниження вмісту олова в покритті, і вже при температурі 313 К олово в сплаві практично відсутнє (табл. 1). Вміст міді і свинцю в сплаві з підвищенням температури зростає.

Таблиця 1

Вплив температури на склад сплаву Pb-Sn-Cu.

Склад електроліту (г/дм³): Pb²⁺ – 70, Sn²⁺ – 8, Cu²⁺ – 2,
CH₃SO₃H – 100; композиція КМС. Густина струму 4 А/дм²

Температура, К	Вміст компонента сплаву, %		
	Pb	Sn	Cu
293	87,4	10,9	1,7
298	89,8	8,1	2,1
303	92,4	5,2	2,4
308	94,9	2,5	2,6
313	96,7	0,6	2,7

На підставі результатів рентгенофазового аналізу виявлено, що при осадженні покриттів Pb-Sn (із вмістом олова від 2 до 12%) із метилсульфонатного електроліту утворюється сплав типу механічної суміші кристалів (на отриманих рентгенограмах ідентифікуються кілька піків, що відповідають фазам Pb, α -Sn, β -Sn). Цей факт дозволяє припустити можливість незалежного електроосадження компонентів сплаву. У такому випадку склад сплаву повинен залежати тільки від співвідношення концентрацій відповідних металів в електроліті і не залежати від їх абсолютних значень (при сталих значеннях густини струму і температури).

Як впливає з даних, наведених на рис. 5, збільшення молярного співвідношення іонів $[Sn^{2+}]/[Pb^{2+}]$ при фіксованій концентрації іонів Pb²⁺ в електроліті приводить до зростання вмісту олова в сплаві Pb-Sn. Якщо ж при фіксованому постійному молярному співвідношенні іонів $[Sn^{2+}]/[Pb^{2+}]$ підвищувати концентрацію іонів Pb²⁺ в електроліті, то вміст олова в сплаві зменшується.

Цей ефект свідчить про те, що електроосадження сплаву Pb-Sn з метилсульфонатного електроліту не підкорюється повною мірою закономірностям незалежного розряду компонентів. Напевно, у даному випадку має місце взаємний вплив парціальних процесів осадження компонентів у сплав.

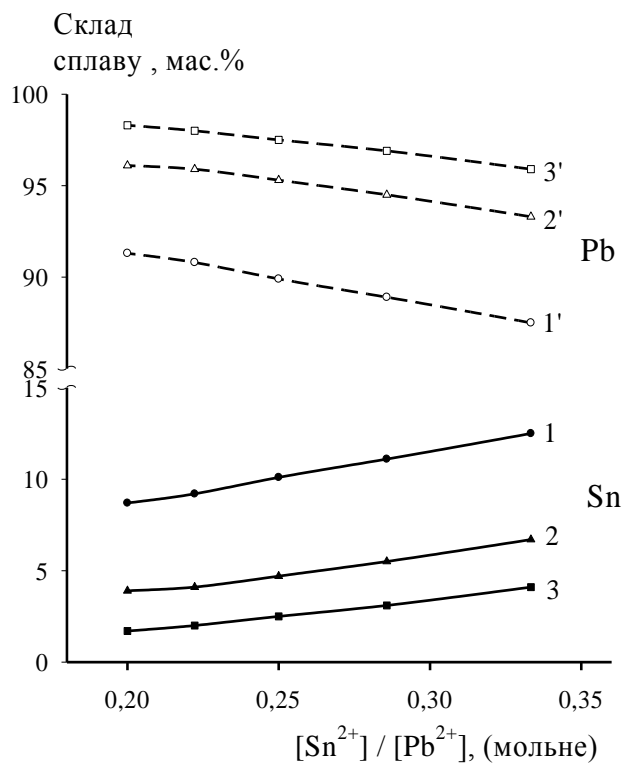


Рис. 5. Залежність складу сплаву Pb-Sn від мольного співвідношення іонів $[\text{Sn}^{2+}]/[\text{Pb}^{2+}]$ в електроліті при фіксованому вмісті іонів Pb^{2+} ($\text{г}/\text{дм}^3$): 1, 1' – 70; 2, 2' – 100; 3, 3' – 130. Всі розчини містять $8\text{--}25 \text{ г}/\text{дм}^3 \text{ Sn}^{2+}$, $100 \text{ г}/\text{дм}^3 \text{ CH}_3\text{SO}_3\text{H}$, композицію КМС. 1, 2, 3 – вміст олова в сплаві; 1', 2', 3' – вміст свинцю в сплаві. Густина струму $4 \text{ А}/\text{дм}^2$, температура 298 К

Для встановлення кінетичних закономірностей осадження сплаву Pb-Sn із метилсульфонатного електроліту було отримано поляризаційні криві парціальних електрохімічних процесів (рис. 6).

Зіставлення вольтамперограм при сумісному і роздільному осадженні свинцю і олова із метилсульфонатного електроліту дає підстави стверджувати, що у присутності іонів Sn^{2+} в електроліті в умовах осадження сплаву, збагаченого свинцем, кінетичні закономірності розряду іонів Pb^{2+} в сплав залишаються практично такими ж, як і при осадженні індивідуального свинцю (див. рис. 6, криві 1, 5). При цьому ефект істотного гальмування розряду іонів Pb^{2+} у результаті введення композиції органічних добавок має місце як при осадженні індивідуального свинцю, так і при сплавоутворенні (див. рис. 6, криві 2, 6).

При осадженні олова в сплав за відсутності органічних добавок в розчині спостерігається істотне зменшення швидкості реакції розряду іонів Sn^{2+} (тобто «надполяризація»). При цьому парціальна крива осадження олова зміщується на $\sim 50\text{--}70 \text{ мВ}$ до більш негативних потенціалів порівняно з випадком осадження індивідуального олова (див. рис. 6, криві 3, 7).

При обговоренні причин виявленого ефекту «надполяризації» осадження олова в сплав слід врахувати відзначену вище обставину, що при осадженні покриття Pb-Sn утворюється сплав типу механічної суміші кристалів. Отже, при електроосадженні сплаву, збагаченого свинцем, розряд іонів Sn^{2+} відбувається, очевидно, в основному на сторонній свинцевій підложці. Логічно

припустити, що стадія кристалізації олова на сторонній підложці буде істотно ускладнена, що і приводить до явища «надполяризації».

Аналогічне явище гальмування реакції осадження олова в сплав спостерігається і в електроліті, що містить композицію КМС (див. рис. 6, криві 4, 8). Проте, в даному випадку ефект «надполяризації» проявляється в дещо меншому ступені і осадження олова в сплав відбувається при більш позитивних потенціалах (див. рис. 6, криві 7, 8). Можливо, наявність досить щільного адсорбційного шару органічних ПАР робить гетерогенну поверхню сплавного електрода більш рівнодоступною для розряду і кристалізації механічної суміші кристалів олова і свинцю.

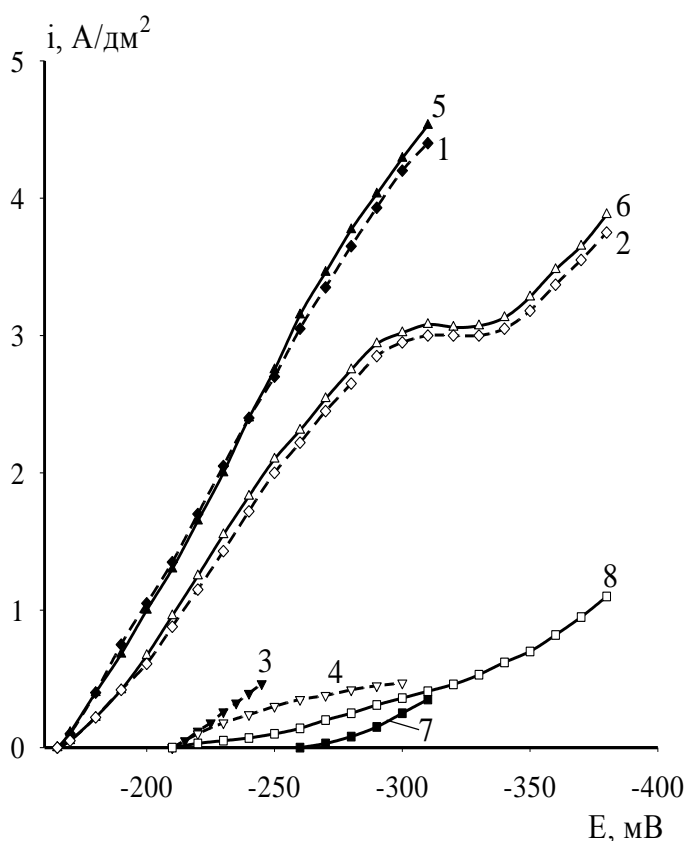


Рис. 6. Вольтамперограми роздільного (1–4) і сумісного (5–8) електроосадження свинцю (1, 2, 5, 6) і олова (3, 4, 7, 8).

Склад електролітів (г/дм³):

1, 2 – 70 Pb²⁺;

3, 4 – 10 Sn²⁺;

5–8 – 70 Pb²⁺ + 10 Sn²⁺.

1, 3, 5, 7 – без органічних добавок,

2, 4, 6, 8 – з композицією КМС.

Всі розчини містять 100 г/дм³

CH₃SO₃H

У контексті запропонованого механізму стає зрозумілим описаний вище ефект зниження вмісту олова в сплаві при збільшенні концентрації іонів Pb²⁺ в електроліті (див. рис. 5). Оскільки кристалізація олова на сторонній свинцевій підложці істотно загальмована, то можна припустити, що збільшення швидкості осадження свинцю в результаті підвищення концентрації іонів Pb²⁺ в розчині приводить до зростання частки поверхні катода, зайнятої свинцем, і зниження швидкості парціального процесу осадження олова.

Кінетику електроосадження компонентів потрійного сплаву Pb-Sn-Cu із метилсульфонатного розчину вивчено як в електроліті без органічних добавок (рис. 7 а), так і в електроліті, що містить композицію КМС (рис. 7 б).

Осадження міді, як найбільш електропозитивного компонента сплаву, розпочинається при потенціалі $\sim 0,25$ В, коли осадження свинцю і олова є термодинамічно неможливим (див. рис. 7, криві 6, 7). Утворення потрійного сплаву Pb-Sn-Cu протікає при потенціалах, більш негативних, ніж $\sim -0,2$ В, тобто в умовах, коли мідь осаджується на граничному дифузійному струмі. Очевидно, що перемішування електроліту повинно приводити до збільшення граничного дифузійного струму і відповідного підвищення вмісту міді в сплаві, як це було показано вище (див. рис. 4).

Ефект зниження швидкості розряду іонів Sn^{2+} в сплав (тобто «надполяризація»), виявлений при осадженні подвійного сплаву Pb-Sn із метилсульфонатного електроліту, має місце також і при осадженні потрійного сплаву Pb-Sn-Cu (див. рис. 7, криві 4, 5).

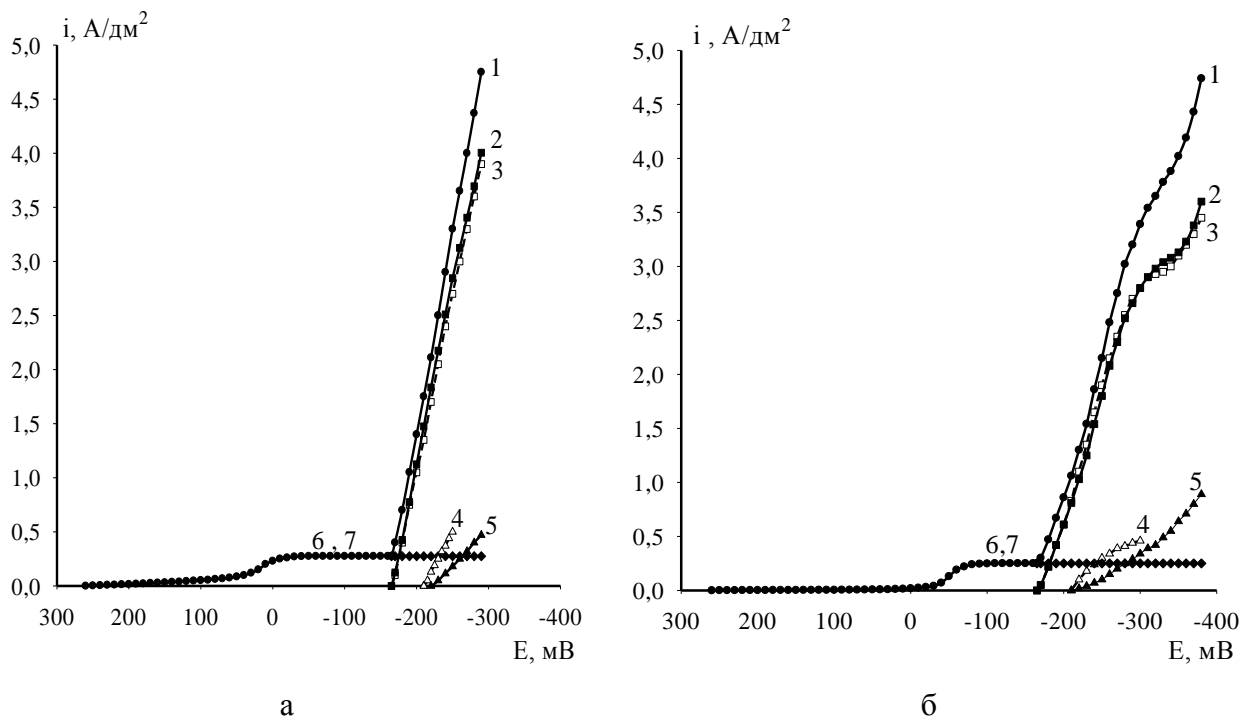


Рис. 7. Вольтамперограми осадження сплаву Pb-Sn-Cu із електроліту складу (г/дм^3):

70 Pb^{2+} , 8 Sn^{2+} , 2 Cu^{2+} , $100 \text{ CH}_3\text{SO}_3\text{H}$.

а) без органічних добавок; б) з композицією КМС.

1 – сумарна крива осадження сплаву; 2, 3 – парціальні криві розряду іонів Pb^{2+} ;

4, 5 – парціальні криві розряду іонів Sn^{2+} ; 6, 7 – парціальні криві розряду Cu^{2+} ;

2, 5, 7 – осадження в сплав; 3, 4, 6 – розряд індивідуальних іонів

Таким чином, кінетичні закономірності сумісного розряду іонів Pb^{2+} і Sn^{2+} не зазнають істотних змін в умовах отримання потрійного сплаву Pb-Sn-Cu, коли мідь осаджується на граничному дифузійному струмі, величина якого є значно меншою ніж парціальні струми розряду іонів Pb^{2+} і Sn^{2+} .

Слід зазначити, що рентгенограми електроосажденного потрійного сплаву свинець-олово-мідь подібні до отриманих для бінарного сплаву: на них спостерігаються піки, що відповідають фазам Pb, α -Sn, β -Sn, а також слабо виражені рефлекси металеві міді.

Важливими характеристиками антифрикційних покриттів сплавами Pb-Sn-Cu є їх триботехнічні властивості. Значення коефіцієнтів тертя і питоме зношення покриттів сплавом Pb-Sn-Cu були визначені для осадів як із запропонованого метилсульфонатного, так і, для порівняння, із традиційного флуорборатного електролітів (табл. 2). Отримані дані дають підстави стверджувати, що покриття, осажені із запропонованого метилсульфонатного електроліту, за своїми триботехнічними властивостями не поступаються осадам, отриманим за традиційною технологією.

Таблиця 2

Результати триботехнічних вимірів

Показник	Покриття із метилсульфонатного електроліту	Покриття із флуорборатного електроліту
Питоме зношення, г/м ²	8,93	9,05
Коефіцієнт тертя	0,024	0,024

У четвертому розділі наведено дані з розробки і промислового освоєння технології нанесення антифрикційних покриттів сплавами свинцю із метилсульфонатних електролітів на вкладиші підшипників ковзання, що використовуються для важконавантажених дизелів типу ЯМЗ і КАМАЗ. Багатошарові вкладиші цих підшипників складаються із сталевонікельової основи, на внутрішню (робочу) поверхню якої наноситься шар антифрикційного сплаву Pb-Sn(8%)-Cu(2%), а на зовнішню – тонкий шар сплаву Pb-Sn(10%), що забезпечує добре змочування поверхні захисною плівкою мастила при консервації і транспортуванні виробу (рис. 8).

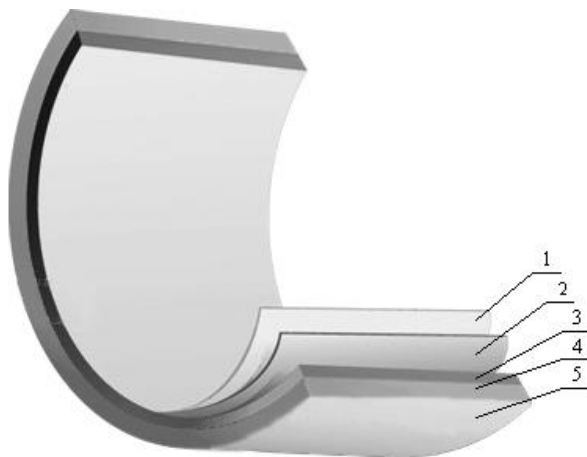


Рис. 8. Вкладиш підшипника ковзання.

1 – шар Pb-Sn-Cu (Pb – 90%, Sn – 8%, Cu – 2%),

18-22 мкм;

2 – шар нікелю, 0,8-1,3 мкм;

3 – свинцево-олов'яна бронза

(Cu – 76%, Pb – 22%, Sn – 2%), 0,4 мм;

4 – сталь 08 кп, 2 мм;

5 – шар Pb-Sn (Pb – 90%, Sn – 10%), 1-2 мкм

Відповідно до запропонованої технології сталевбронзові вкладиші підшипників перед нанесенням антифрикційних сплавів Pb-Sn і Pb-Sn-Cu проходять спеціальну підготовку, яка включає знежирення в автоматизованій мийній машині; ультразвукове і хімічне знежирення; хімічну обробку в розчині сульфатної кислоти; нанесення нікелевого підшару і активацію в розчині метилсульфонової кислоти.

Для проведення операції знежирення запропоновано використання спеціальної мийної композиції «ГАЛТЕКС-301М», замість токсичних розчинів трихлоретилену, що використовуються в традиційній технології (на основі флуорборатних сполук). Після попередніх операцій на поверхню вкладишів послідовно наносяться гальванопокриття сплавами Pb-Sn-Cu і Pb-Sn із розроблених метилсульфонатних електролітів (табл. 3).

Таблиця 3

Склад електролітів і режими осадження покриттів Pb-Sn та Pb-Sn-Cu

Параметр	Pb-Sn	Pb-Sn-Cu
Склад електроліту (г/дм ³)	Pb ²⁺ – 70 Sn ²⁺ – 10 CH ₃ SO ₃ H – 100 композиція КМС	Pb ²⁺ – 70 Sn ²⁺ – 8 Cu ²⁺ – 2 CH ₃ SO ₃ H – 100 композиція КМС
Режим осадження: температура, К	298	298
густина струму, А/дм ²	4	4

Анодний процес при осадженні сплавів свинцю із метилсульфонатних електролітів доцільно організувати в титанових кошиках, до яких періодично, у міру вироблення, завантажується суміш гранульованого металевго свинцю і олова. В якості альтернативного варіанта організації анодного процесу можливе використання сплавних анодів із вмістом свинцю 90% і олова 10% або роздільні свинцеві і олов'яні електроди.

Розроблену технологію успішно впроваджено на підприємстві ТОВ «Мелітопольський завод підшипників ковзання». Для реалізації технології використано автоматизовану лінію виробництва фірми «TG ENGINEERING S.r.l» (Італія) з річною продуктивністю 7 млн. штук вкладишів.

Досвід промислової експлуатації свідчить, що запропонована технологія повністю відповідає усім технологічним вимогам даного виробництва, а також галузевим стандартам.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на підставі отриманих результатів було вирішено важливе завдання, яке полягало в розробці науково-технічних основ сучасної високоінтенсивної екологічно безпечної технології нанесення антифрикційних покриттів сплавами свинець-олово і свинець-олово-мідь на вкладиші підшипників ковзання з використанням метилсульфонатних електролітів.

1. Для осадження сплавів свинець-олово і свинець-олово-мідь запропоновано метилсульфонатні електроліти наступного складу (г/дм³):

– для сплаву Pb-Sn: 70 Pb²⁺, 10 Sn²⁺, 100 CH₃SO₃H; композиція КМС;

– для сплаву Pb-Sn-Cu: 70 Pb²⁺, 8 Sn²⁺, 2 Cu²⁺, 100 CH₃SO₃H; композиція КМС.

Показано, що антифрикційні покриття на основі свинцю, що містять ~10% олова у випадку подвійного сплаву, або ~8% олова і ~2% міді у випадку потрійного сплаву, осаджуються при густині струму близько 4 А/дм² і температурі ~298 К.

2. Встановлено, що введення до складу електроліту оксиетильованого β-нафтолу дозволяє помітно збільшити вміст олова в сплаві, а також значно поліпшити зовнішній вигляд отримуваних покриттів. Показано істотне зниження швидкості реакції хімічного окиснення іонів Sn²⁺ в присутності іонів Cu²⁺ в розчині, при введенні антиоксиданту (сульфопохідна ароматичного аміну).

3. Встановлено, що ефект взаємного впливу парціальних процесів при електроосадженні сплаву Pb-Sn обумовлений зниженням швидкості виділення олова, внаслідок утруднень, що виникають при його кристалізації на сторонній (свинцевій) підложці.

4. Доведено, що розряд іонів Cu²⁺ при осадженні сплаву Pb-Sn-Cu із метилсульфонатного електроліту протікає на граничному дифузійному струмі і не впливає на кінетику осадження свинцю і олова.

5. Гальваноосади сплавом свинець-олово-мідь (~8% Sn і ~2% Cu), отримані із запропонованого метилсульфонатного електроліту, повністю відповідають усім вимогам, що висуваються до антифрикційних покриттів вкладишів підшипників ковзання, і за своїми характеристиками не поступаються покриттям, отриманим із традиційних флуорборатних електролітів.

6. Запропоновано і реалізовано в промислових умовах нову ресурсо- і енергоощадну технологію нанесення антифрикційних покриттів сплавами свинець-олово і свинець-олово-мідь на вкладиші підшипників ковзання із використанням метилсульфонатних електролітів, яка дозволяє повністю виключити використання небезпечних і агресивних сполук флуору, а також відмовитися від застосування знежирювальних композицій на основі токсичних органічних розчинників.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У РОБОТАХ

1. Электроосаждение свинцю з метансульфонатних електролітів / О. О. Васильєва, Т. Є. Бутиріна, В. С. Проценко, Ф. Й. Данилов // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – № 1. – С. 127–131.

Здобувачем виконано дослідження з визначення закономірностей електроосадження свинцю, обробку і аналіз експериментальних даних.

2. Электроосаждение захисних покриттів свинцем та його сплавами з метансульфонатних розчинів / Ф. Данилов, В. Проценко, Ю. Скар, Т. Бутиріна, О. Васильєва // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2008. – № 7. – С. 321–325.

Особистий внесок автора полягає в отриманні комплексу експериментальних даних з впливу різноманітних чинників на склад сплавів свинець-олово, аналізі отриманих результатів.

3. Электроосаждение сплава свинец-олово из метансульфонатных растворов / Е. А. Васильєва, В. А. Красинский, Т. Е. Бутиріна, Ю. Е. Скар, В. С. Проценко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2008. – № 16. – С. 23–26.

Здобувачем виконано експериментальні дослідження з отримання необхідних даних для створення математичної моделі. Виконано аналіз отриманих рівнянь регресії.

4. Антифрикційні гальванопокриття сплавом Pb-Sn-Cu з метансульфонатних розчинів / О. Васильєва, В. Проценко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2010. – № 8. – С. 771–776.

Особистий внесок автора полягає у вивченні закономірностей електроосадження сплавів Pb-Sn-Cu та аналізі отриманих результатів.

5. Электроосаждение сплава свинец-олово из метансульфонатного электролита в присутствии добавок органических ПАВ / Ф. И. Данилов, Е. А. Васильєва, Т. Е. Бутиріна, В. С. Проценко // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2010. – Т. 46, № 6. – С. 627–633.

Здобувачем виконано дослідження впливу різноманітних факторів на електроосадження сплавів свинець-олово та встановлені кінетичні закономірності сумісного розряду іонів Pb^{2+} і Sn^{2+} .

6. Окисление Sn^{2+} в метансульфонатных электролитах в присутствии антиоксидантов / Ф. И. Данилов, Т. Е. Бутиріна, В. С. Проценко, Е. А. Васильєва // Журнал прикладной химии. – 2010. – Т. 83, № 4. – С. 700–702.

Особистий внесок автора полягає в експериментальних дослідженнях з вибору добавок-антиоксидантів, аналізі отриманих результатів.

7. Antifriction coatings of Pb-Sn-Cu alloy electrodeposited from methanesulphonate bath / F. I. Danilov, V. S. Protsenko, E. A. Vasil'eva, O. S. Kabat // Transaction of the Institute of Metal Finishing. – 2011. – Vol. 89, № 3. – P. 151–154.

Здобувачем виконано дослідження впливу різноманітних чинників на склад і властивості отримуваних покриттів, встановлення кінетичних закономірностей електроосадження сплавів Pb-Sn-Cu, а також аналіз отриманих результатів.

8. Патент на корисну модель № 51670 Україна, МПК (2009) C25D 3/56. Електроліт для осадження покриттів сплавом свинець-олово-мідь / Данилов Ф. Й., Васильєва О. О., Проценко В. С., Бутиріна Т. Є., Скнар Ю. Є., Вакуленко В. М. ; Власник : Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – № 2010 01226 ; заявл. 08.02.2010 ; опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14.

Здобувачем отримано експериментальні дані з визначення оптимального складу електроліту осадження сплаву свинець-олово-мідь, взято участь у формулюванні заявки та формули патенту.

9. Вплив полімерної добавки на електроосадження сплаву Pb-Sn з метансульфонатного розчину / О. О. Васильєва, Т. Є. Бутиріна, В. С. Проценко, Ю. Є. Скнар // Хімія і сучасні технології : III Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 22–24 травня 2007 р. : тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 47.

Здобувачем виконано дослідження впливу органічних добавок на осадження покриттів сплавом Pb-Sn, аналіз отриманих експериментальних даних.

10. Васильєва Е. А. Электроосаждение свинцово-оловянных сплавов из метансульфоновых электролитов / Е. А. Васильєва, Т. Е. Бутырина, Ю. Е. Скнар // Сучасні проблеми хімії: VIII Всеукраїнська конференція студентів та аспірантів, 21–23 травня 2007 р. : тези доповідей. – Київ, 2007. – С. 94.

Особистий внесок автора полягає в отриманні і аналізі експериментальних даних з впливу густини струму та температури електроліту на склад гальванопокриттів.

11. Мембранный электролиз в процессе регенерации свинцовооловянных метансульфоновых электролитов / Е. А. Харенко, Ю. Е. Скнар, Е. А. Васильєва, Т. Е. Бутырина // V Всеукраїнська конференція молодих вчених та студентів з актуальних питань хімії, 21–25 травня 2007 р. : тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 108.

Здобувачем виконано експерименти з анодного розчинення свинцю, олова в метилсульфонатних розчинах, аналіз отриманих результатів.

12. Васильєва Е. А. Кинетика совместного разряда ионов свинца и олова из метансульфонатных электролитов / Е. А. Васильєва, В. М. Вакуленко, Ф. И. Данилов // Хімія і сучасні технології : IV Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 22–24 квітня 2009 р. : тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2009. – С. 87.

Особистий внесок автора полягає в отриманні кінетичних закономірностей осадження Pb і Sn при співосажденні в сплав, аналізі отриманих даних.

13. Water-soluble polymer additives in electroplating / T. E. Butyrina, E. A. Vasil'eva, V. O. Gordienko, V. M. Kucher, V. S. Protsenko, F. I. Danilov // Хімія і сучасні технології : IV Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 22-24 квітня 2009 р. : тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2009. – С. 86.

Здобувачем виконано вивчення впливу органічних ПАР на електроосадження і анодне розчинення свинцю та олова, здійснено аналіз отриманих експериментальних даних.

14. Васильєва Е. А. Кинетика электроосаждения сплавов свинец-олово и свинец-олово-медь из метансульфонатных электролитов / Е. А. Васильєва // VII Регіональна конференція молодих вчених та студентів з актуальних питань хімії, 17–19 травня 2010 р. : тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 108.

Здобувачем виконано дослідження кінетичних закономірностей сумісного розряду іонів Pb^{2+} , Sn^{2+} та Cu^{2+} , аналіз отриманих результатів.

15. Васильєва Е. А. Антифрикционные гальванопокрытия сплавами свинец-олово-медь из метансульфонатных электролитов / Е. А. Васильєва, О. С. Кабат // VIII Всеукраїнська конференція молодих вчених, студентів та аспірантів з актуальних питань хімії, 11–14 травня 2010 р. : тези доповідей. – Харків, 2010. – С. 12.

Здобувачем здійснено електролітичне нанесення антифрикційних покриттів, виконано аналіз отриманих експериментальних даних.

16. Осаждение сплава свинец-олово-медь из электролита на основе метансульфокислоты / Е. А. Васильєва, В. С. Проценко, В. М. Вакуленко, Ф. И. Данилов // Молодіжний електрохімічний форум : Науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 21–24 квітня 2010 р. : тези доповідей. – Харків, 2010. – С. 75.

Особистий внесок автора полягає в отриманні комплексу експериментальних даних із закономірностей електроосадження сплавів Pb-Sn, обробці і аналізі отриманих результатів.

АНОТАЦІЯ

Васильєва О.О. Електроосадження антифрикційних покриттів на основі свинцю із метилсульфонатних електролітів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.03 – технічна електрохімія. ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ, 2011 р.

Дисертація присвячена розробці наукових основ технології електроосадження антифрикційних покриттів сплавами на основі свинцю (Pb-Sn(10%) і Pb-Sn(8%)-Cu(2%)) із метилсульфонатного електроліту, а також встановленню основних закономірностей їх електроосадження.

Виявлено, що ефект сумісного впливу парціальних процесів при електроосажденні сплаву Pb-Sn (типу механічної суміші кристалів) обумовлений зниженням швидкості виділення олова внаслідок утруднень, що виникають при його кристалізації на сторонній (свинцевій) підложці.

Розроблено та освоєно в промислових умовах нову екологічно безпечну високопродуктивну технологію нанесення антифрикційних покриттів сплавами свинець-олово та свинець-олово-мідь на вкладиші підшипників ковзання з використанням метилсульфонатних електролітів. Антифрикційні покриття сплавами свинцю, що осаджуються із запропонованого електроліту, не поступаються за своїми експлуатаційними характеристиками осадам, отриманим за традиційною технологією.

Ключові слова: антифрикційні покриття, сплави свинець-олово і свинець-олово-мідь, метилсульфонова кислота, електроосадження сплавів, технологія.

АНОТАЦІЯ

Васильева Е.А. Электроосаждение антифрикционных покрытий на основе свинца из метансульфонатных электролитов.– Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – техническая электрохимия. ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», Днепропетровск, 2011 г.

Диссертация посвящена разработке научных основ технологии электроосаждения антифрикционных покрытий сплавами на основе свинца (Pb-Sn(10%) и Pb-Sn(8%)-Cu(2%)) из метансульфонатного электролита, а также установлению основных закономерностей их электроосаждения.

Показано, что осаждение сплавов Pb-Sn и Pb-Sn-Cu целесообразно проводить из метансульфонатного электролита, содержащего композицию оксиэтилированного β -нафтола и сульфопроизводной ароматического амина («композиция КМС»).

Сопоставление морфологии поверхностей двойного сплава Pb-Sn и тройного сплава Pb-Sn-Cu, проведенное с помощью метода сканирующей электронной микроскопии, показало, что введение меди в состав сплава приводит к существенному измельчению структуры и улучшению морфологии поверхности покрытий.

Установлено, что содержание олова в сплаве возрастает с увеличением катодной плотности тока и снижении температуры электролита. Снижение плотности тока и рост температуры электролита приводит к увеличению содержания меди в сплаве. Перемешивание электролита способствует обогащению сплава медью, содержание олова в сплаве при этом заметно снижается.

Виявлено, що ефект взаємного впливу парціальних процесів при електроосажденні сплаву Pb-Sn (типа механічної суміші кристалів) обумовлений зниженням швидкості виділення

олова вследствие затруднений, возникающих при его кристаллизации на чужеродной (свинцовой) подложке.

На основании проведенных исследований разработана и освоена в промышленных условиях новая экологически безопасная высокопроизводительная технология нанесения антифрикционных покрытий сплавами свинец-олово и свинец-олово-медь на вкладыши подшипников скольжения с использованием метансульфонатных электролитов. Предложенная технология позволяет полностью исключить использование опасных и агрессивных соединений фтора, а также отказаться от применения обезжиривающих композиций на основе токсичных органических растворителей. Антифрикционные покрытия сплавами свинца, осаждаемые из предложенного электролита, не уступают по своим эксплуатационным характеристикам осадкам, получаемым по традиционной технологии.

Ключевые слова: антифрикционные покрытия, сплавы свинец-олово и свинец-олово-медь, метансульфоновая кислота, электроосаждение сплавов, технология.

SUMMARY

Vasil'eva E.A. Electrodeposition of antifriction coatings based on lead from methanesulphonate electrolytes. – Manuscript.

Candidate's thesis, specialization 05.17.03 – technical electrochemistry. Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, 2011.

The thesis is devoted to development of scientific foundation for electroplating process of antifriction coatings based on lead alloys (Pb-Sn(10%) and Pb-Sn(8%)-Cu(2%)) using methanesulphonate bath. Basic laws of lead containing alloys electrodeposition are also studied.

An interference effect of partial electrochemical processes in the course of Pb-Sn alloy electrodeposition was found to result from a decrease in Sn^{2+} ions discharge rate on foreign (i.e. lead) substrate because of nucleation deceleration.

A novel, environmentally friendly and high-production manufacturing process of antifriction Pb-Sn as well as Pb-Sn-Cu alloys electrodeposition on the surface of split-shell bearings, which is based on using methanesulphonate electrolyte, has been developed and successfully applied in industry. Performance characteristics of the lead alloys antifriction coatings from the bath under consideration proved to be not inferior to those obtained in case of traditional technology (based on toxic fluoboric compounds).

Keywords: antifriction coatings, lead-tin and lead-tin-copper alloys, methanesulphonic acid, alloy electrodeposition, technology.