

Научная статья

УДК 669.45.018.8.24/882

DOI: 10.26730/1999-4125-2024-3-109-118

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ МАГНИЯ НА АНОДНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ
СВИНЦОВОГО БАББИТА Б(PbSb15Sn10) В СРЕДЕ ВОДНОГО РАСТВОРА NaCl**Ганиев Изатулло Наврузович¹, Джумъева Мавджуа Бердиевна¹,
Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович²¹ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана»²Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

*для корреспонденции: ganiev48@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила:

04 апреля 2024 г.

Одобрена после
рецензирования:

29 мая 2024 г.

Принята к публикации:

29 мая 2024 г.

Опубликована:

28 июня 2024 г.

Ключевые слова:Свинцовый баббит
Б(PbSb15Sn10), магний,
водный раствор NaCl,
анодное поведение,
потенциостатический метод,
скорость коррозии, ток
коррозии**Аннотация.**

В машиностроении обширно используются различные сплавы на основе свинца с добавками сурьмы, олова и прочих элементов, которые называются баббитами и отличаются легкоплавкостью и сравнительно невысокой стоимостью. Также легированные свинцовые баббиты обладают высокими антифрикционными свойствами, что дает возможность использовать их в производстве деталей и механизмов, работающих в критериях трения и скольжения. Основное преимущество свинцовых баббитов – это невысокая стоимость, которая часто является характеризующим критерием при выборе металла для решения определенных целей. Отличная устойчивость к коррозии позволяет использовать эти виды баббитов в условиях высокой влажности и даже в воде. Коррозия металлов считается одной из главных проблем для безотказной работы любого механизма. Из-за сброса химических веществ в окружающую среду детали машин подвергаются воздействиям коррозионной активности этой среды. Одним из способов защиты от такой активности является применение новых сплавов на основе свинца. В работе приведены результаты экспериментального исследования анодного поведения свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного магнием от 0,1 до 2,0 мас. %, в среде водного раствора NaCl. Показано, что добавка магния уменьшает скорость коррозии свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) на 20-30%. С ростом концентрации магния в исходном сплаве потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации смещаются в положительную область значений. Увеличение концентрации хлорид-иона в растворе NaCl способствует росту скорости коррозии сплавов, что сопровождается смещением в отрицательную область основных электрохимических потенциалов сплавов.

Для цитирования: Ганиев И.Н., Джумъева М.Б., Ходжаназаров Х.М. Влияние добавки магния на анодную устойчивость свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) в среде водного раствора NaCl // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 3 (163). С. 109-118. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-3-109-118, EDN: YBQHXI

Введение

Среди широко используемых материалов часто встречаются материалы, о которых у пользователей нет достаточной информации. Одним из таких материалов являются баббиты, которые представляют собой металлические сплавы на основе свинца и имеют небольшое

количество легирующих веществ. Как в промышленности, так и в ежедневной жизни они занимают очень важное место. Это обуславливает их уникальные сферы и области использования [1, 2].

Свинцовые баббиты — это специальные материалы для изготовления деталей машин,

работающих в условиях трения и скольжения и имеющих низкий коэффициент трения. Они как антифрикционные материалы используются для производства подшипников скольжения. Благодаря устойчивости к вибрации, низкому уровню шума и малым размерам эти подшипники широко используются в современных машинах и устройствах. Эти сплавы должны иметь высокую теплопроводность, низкий коэффициент трения и хорошую прирабатываемость к поверхностям деталей. Баббиты нашли широкое применение благодаря своим эксплуатационным характеристикам [3, 4].

В связи с активным развитием современной техники существует потребность в создании материалов, надежно работающих в сложной комбинации силовых и температурных полей, при воздействии агрессивных сред и высоких давлений. Одним из эффективных путей решения этой задачи является создание конструкционных материалов с повышенной коррозионно-стойкостью, благодаря чему эти материалы приобретают качественно новые, зачастую уникальные свойства. Следует отметить, что разработка новых конструкционных материалов в настоящее время является ключевым направлением развития современного материаловедения [5, 6].

Свинцовые баббиты лучше всех переносят сильный нагрев. Этот материал широко используется для механизмов и машин строительно-дорожного и сельскохозяйственного оборудования, работа которого связана со значительными тепловыделениями. Следует отметить, что, кроме сплавов свинца, в состав баббита входят сурьма и олово. Такие баббиты имеют самую низкую стоимость среди баббитов. Эти сплавы являются прочными и плотными, однако они склонны к быстрому окислению. Подшипники из свинцового баббита нашли свое применение для рам железнодорожных вагонов. Основными техническими характеристиками баббитов являются антифрикционность, износостойкость, также они легко плавятся (при 240°C). Сплавы имеют высокую теплопроводность и устойчивы к агрессивной среде, а еще они являются достаточно легкими в изготовлении. Данные сплавы обладают недостаточным уровнем коррозионной стойкости в агрессивных средах, что ограничивает области их использования [7-9].

Материалы и методики исследования

Целью настоящей работы является исследование анодного поведения свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного магнием, в среде водного раствора NaCl различной концентрации.

Свинцовый баббит Б(PbSb15Sn10) с магнием получали в шахтной лабораторной печи СШОЛ

при температуре 450–500°C путем плавки свинца марки С1 (99,985% Pb) (ГОСТ 3778-77), олова марки ОВЧ-000 (99,999% Sn) (ГОСТ 860-75), сурьмы металлической марки Су00 (99,9% Sb) (ГОСТ 1089-82) и металлического магния марки Мг95 (99,95% Mg) (ГОСТ 804-93). Содержание магния в исходном баббите составило от 0,1 до 2,0 мас. %. Из полученных сплавов в металлический кокиль отливались цилиндрические образцы диаметром 8 мм и длиной 140 мм, торцевая часть образцов служила рабочим электродом для исследования коррозионно-электрохимических свойств. Рабочие электроды перед исследованием зачищались наждачной бумагой, последовательно переходя от крупнозернистого к мелкозернистому (№2-00). Таким образом, подготовка поверхности электрода заключалась в основном в его механической обработке. На последней стадии поверхность электрода очищалась спиртом. Нерабочая часть сплавов изолировалась смолой, смесью 50% парафина и 50% канифоли. Состав полученных сплавов контролировался взвешиванием шихты и полученных сплавов. Каждый образец предварительно отшлифовывали, обезжиривали спиртом и погружали в исследуемый раствор NaCl марки ЧДА (ГОСТ 4233-77) для установления бестокового потенциала коррозии.

Коррозионные испытания проводились на импульсном потенциостате ПИ-50-1.1 с программатором ПР-8 и самозаписью на ЛКД-4 в среде водного раствора NaCl. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный, стандартным – платиновый. Скорость развертки потенциала составляла 2 мВ/с. Исследования проводили по методикам, описанным в работах [10-15].

Результаты исследования представлены в Таблице и на Рис. 1-5. В качестве примера на Рис. 1 представлена полная поляризационная кривая свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), где показана последовательность снятия кривых. Процесс поляризации связан с интенсивностью распространения электрохимической коррозии. При электрохимических исследованиях образцы поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении в исследуемый раствор ($E_{св.кор.}$ – потенциал свободной коррозии, или стационарный), до значения потенциала, при котором происходит резкое возрастание тока растворения (Рис. 1, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении до потенциала -1.100В, в результате чего происходило подщелачивание приэлектродного слоя поверхности образца и удаление оксидного слоя (Рис. 1, кривая II). Далее шли в катодную область (Рис. 1, кривая III). Наконец, образец повторно поляризовали в положительном направлении (Рис. 1, кривая IV),

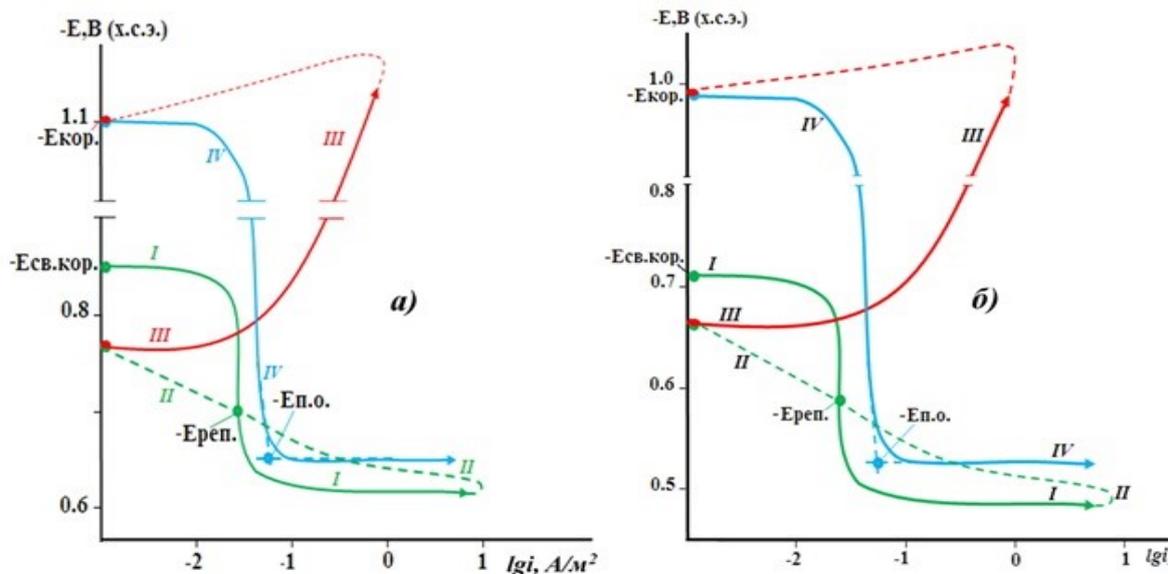


Рис. 1. Полная поляризационная (2 мВ/с) кривая свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) (а), легированного магнием 2.0 мас. % (б) в среде водного раствора 3,0 %-ного NaCl
 Fig. 1. Full polarization (2 mV/s) curve of lead babbitt B (PbSb15Sn10) (a) doped with 2.0 wt.% magnesium (b) in an aqueous solution of 3.0% NaCl

Таблица. Коррозионно-электрохимические характеристики свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) с магнием в среде водного раствора NaCl

Table

Corrosion-electrochemical characteristics of lead babbitt B (PbSb15Sn10) with magnesium in an aqueous NaCl solution

Среда NaCl	Содержание магния в баббите	Электрохимические потенциалы, В (х. с. э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{\text{св.кор.}}$	$-E_{\text{кор.}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{рп.}}$	$i_{\text{кор.}} \cdot 10^2$ А/М ²	$K \cdot 10^3$ г/М ² ·ч
	мас. %						
0.03	0.0	0.612	1.010	0.510	0.611	0.56	21.64
	0.1	0.540	0.927	0.445	0.544	0.45	17.39
	0.5	0.520	0.918	0.435	0.534	0.43	16.61
	1.0	0.505	0.909	0.425	0.524	0.41	15.84
	2.0	0.490	0.900	0.415	0.514	0.39	15.07
0.3	0.0	0,721	1,067	0,596	0,691	0.75	28.98
	0.1	0.626	0.970	0.498	0.596	0.64	24.73
	0.5	0.612	0.961	0.489	0.588	0.62	23.96
	1.0	0.595	0.951	0.480	0.580	0.60	23.19
	2.0	0.580	0.940	0.471	0.572	0.58	22.41
3.0	0.0	0.851	1.101	0.651	0.701	0.90	34.78
	0.1	0.750	1.021	0.554	0.615	0.79	30.53
	0.5	0.737	1.011	0.544	0.606	0.77	29.76
	1.0	0.726	1.001	0.535	0.597	0.75	28.98
	2.0	0.713	0.991	0.525	0.588	0.73	28.21

при этом определялись потенциалы коррозии ($E_{\text{кор.}}$), питтингообразования ($E_{\text{п.о.}}$) и репассивации ($E_{\text{рп.}}$). Все четыре потенциодинамические кривые свинцового

баббита Б (PbSb15Sn10), снятые в среде водного раствора 3,0 %-ного NaCl, приведены на Рис. 1. Кривые обратного хода на поляризационной кривой отмечены пунктиром.

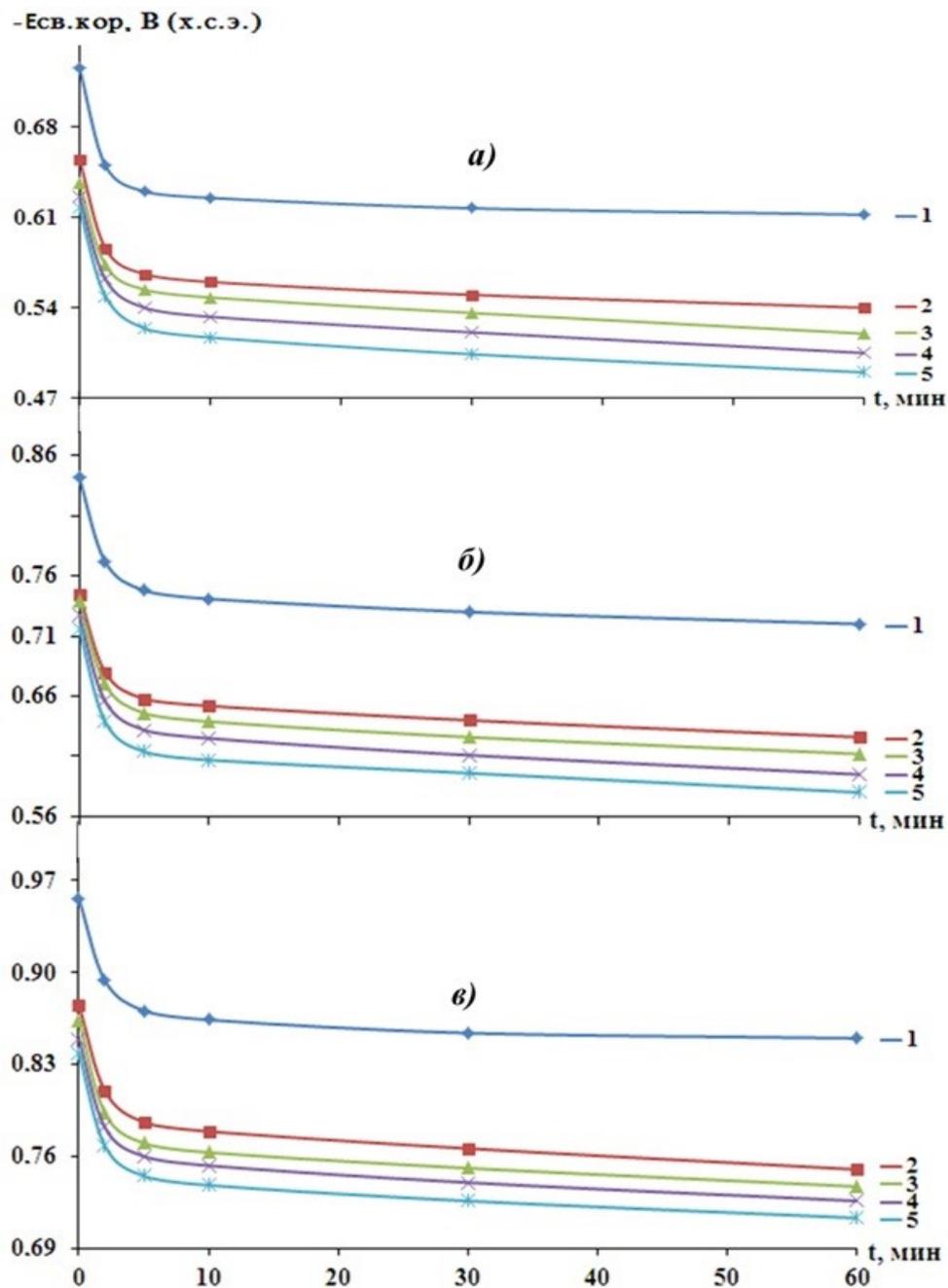


Рис. 2. Временная зависимость потенциала свободной коррозии ($E_{св.кор.}$, В), свинцового баббита Б ($PbSb15Sn10$) (1), содержащего магний, мас. %: 0,1(2); 0,5(3); 1,0(4); 2,0(5), в среде водного раствора 0.03% (а), 0.3% (б) и 3.0%-ного (в) NaCl

Fig. 2. Time dependence of the free corrosion potential ($E_{sv.cor.}$, V) of lead babbitt B ($PbSb15Sn10$) (1) containing magnesium, wt. %: 0.1(2); 0.5(3); 1.0(4); 2.0(5), in an aqueous solution of 0.03% (a), 0.3% (b) and 3.0% (c) NaCl

По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:

- $E_{ст.}$ или – $E_{св.кор.}$ – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;
- $E_{рп.}$ – потенциал репассивации;
- $E_{кор.}$ – потенциал коррозии;

- $E_{п.о.}$ – потенциал питтингообразования;
- $i_{кор.}$ – ток коррозии.

Процесс коррозии свинцового баббита контролировался катодной реакцией ионизации кислорода в нейтральной среде, а ток коррозии рассчитывался с учетом тафельской константы ($b_k = 0,12$ В) из катодной ветви потенциодинамических кривых.

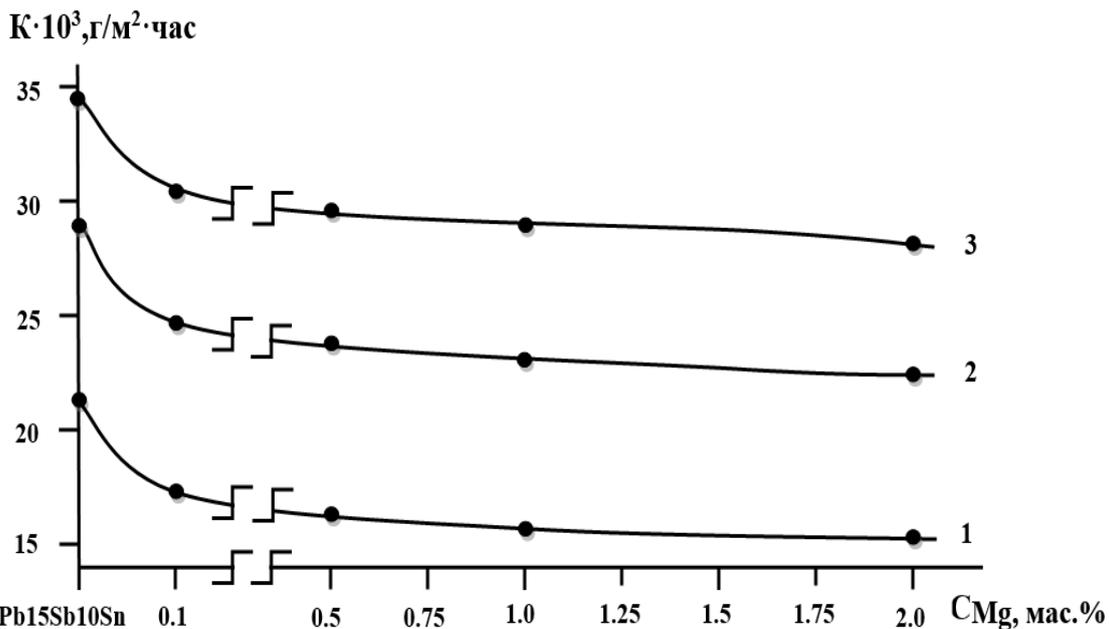


Рис. 3. Зависимость скорости коррозии свинцового баббита В (PbSb15Sn10) с магнием в среде водного раствора 0,03 (1); 0,3 (2); 3,0 (3); NaCl
 Fig. 3. Dependence of the corrosion rate of lead babbitt В (PbSb15Sn10) with magnesium, in an aqueous solution of 0.03 (1); 0.3 (2); 3.0 (3); NaCl

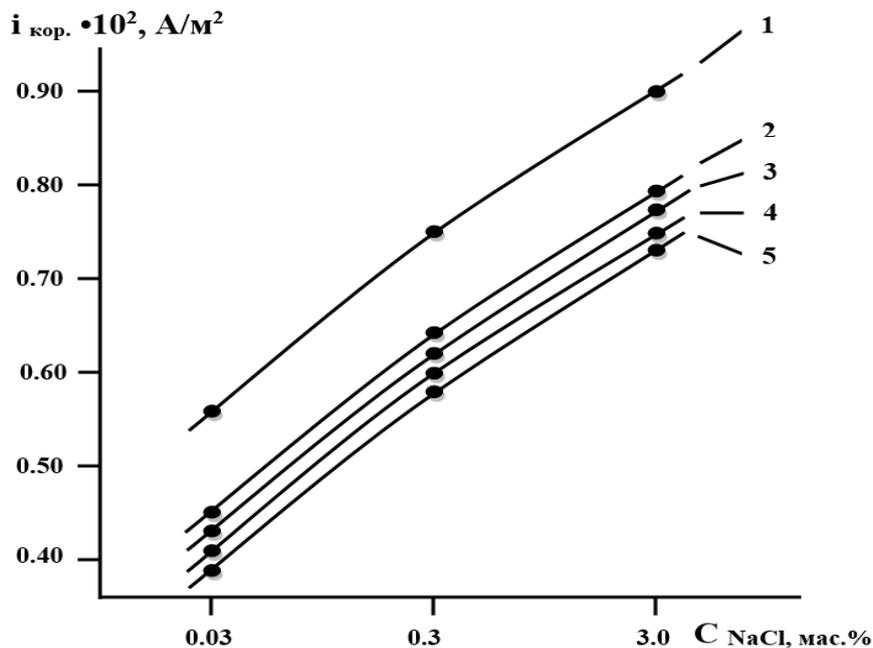
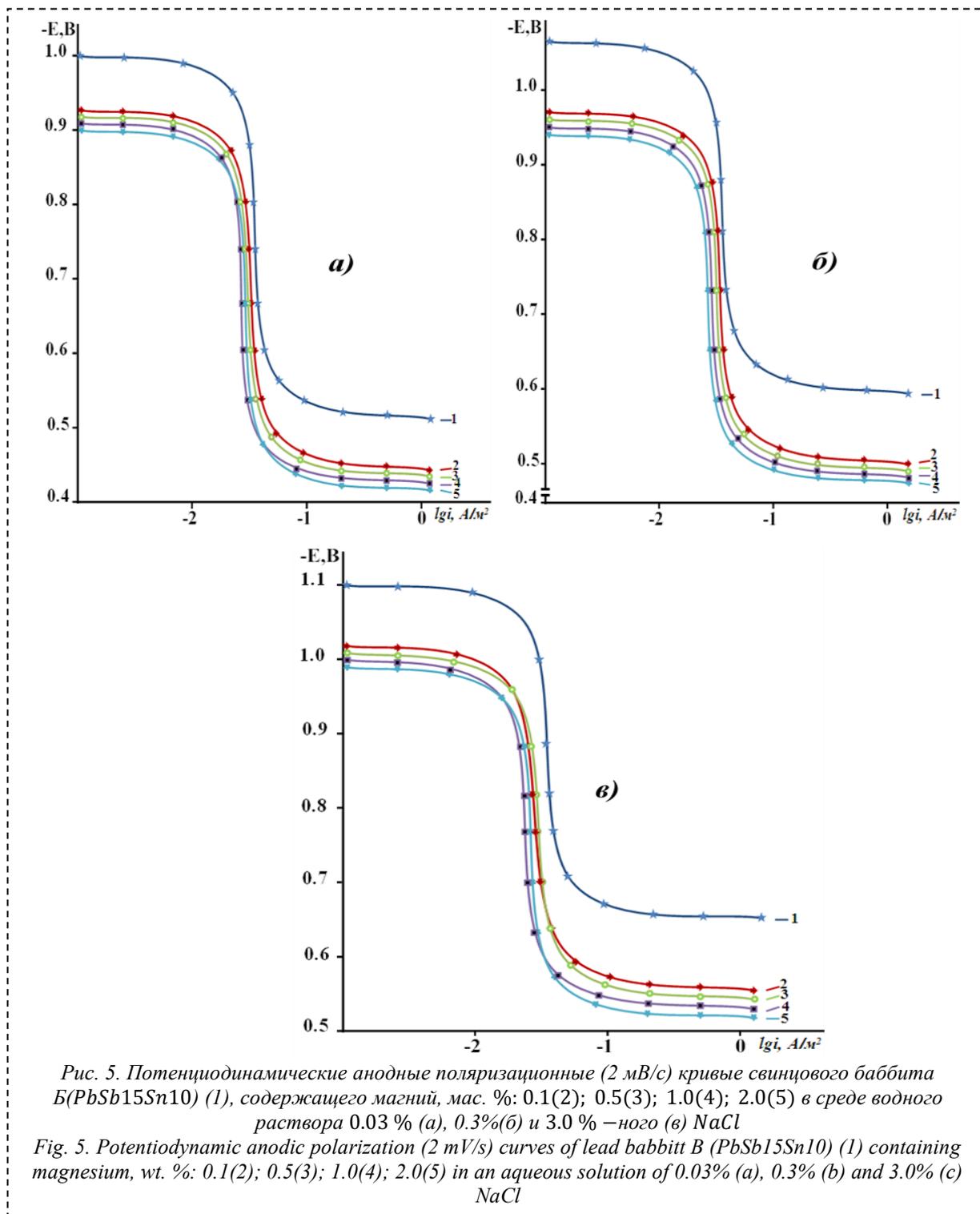


Рис. 4. Зависимость плотности тока коррозии свинцового баббита В (PbSb15Sn10) (1) с магнием, мас. %: 0,1(2); 0,5(3); 1,0(4); 2,0(5) от концентрации NaCl
 Fig. 4. Dependence of the corrosion current density of lead babbitt В (PbSb15Sn10) (1) with magnesium, wt. %: 0.1(2); 0.5(3); 1.0(4); 2.0(5) from NaCl concentration

Скорость коррозии k определяли по току коррозии ($i_{кор.}$) по формуле $K = i_{кор.} \cdot k$, где $k = 3.865$, г/Ач, электрохимический эквивалент свинца.

Экспериментальные результаты и их обсуждение



Исследование коррозионно-электрохимического поведения свинцового баббита Б (PbSb15Sn10), легированного магнием, проводилось в соответствии с рекомендациями ГОСТ 9.017-74 в среде водного раствора NaCl как заменителя морской среды. Легирование магнием способствует смещению потенциала свободной коррозии свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) в положительную область значений во всех трех изученных средах водного раствора NaCl (Рис. 2).

Коррозионно-электрохимические характеристики свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) в среде водного раствора NaCl представлены в Таблице. Потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации с ростом концентрации магния в свинцовом баббите смещаются в положительную область. Данная зависимость имеет место во всех исследованных средах 0.03; 0.3 и 3.0 % NaCl. Добавка магния на 20-30% снижает скорость коррозии свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) в исследованных средах.

При увеличении концентрации магния до 2,0 мас. % монотонно снижается скорость коррозии свинца. Из данных Таблицы вытекает, что рост концентрации хлорид-иона в электролите NaCl способствует росту скорости коррозии сплавов независимо от их химического состава, что сопровождается смещением в область отрицательных значений всех электрохимических потенциалов.

Данный факт свидетельствует о том, что предельная растворимость магния в свинцовом баббите Б (PbSb15Sn10) может превышать 2,0 мас. т%, так как при переходе границы растворимости обычно наблюдается скачкообразное изменение физико-химических свойств сплавов.

На Рис. 3 представлена зависимость скорости коррозии свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) от содержания магния в нем. Видно, что с ростом содержания магния скорость коррозии исходного баббита монотонно снижается во всех трех исследованных средах. Улучшение коррозионной стойкости свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) при легировании магнием объясняется его легирующим действием на структуру твердого раствора на основе свинца, а также увеличением истинной поверхности анода или же уплотнением защитного фазового слоя окислов малорастворимыми продуктами окисления.

Зависимость плотности коррозии свинцового баббита БК (PbSb15Sn10K) от концентрации водного раствора NaCl для сплавов с различным содержанием магния представлена на Рис. 4. Как ожидалось, с ростом агрессивности среды наблюдается рост плотности тока коррозии сплавов.

Анодные ветви потенциостатических кривых исследованных баббитов с различным содержанием магния приведены на Рис. 5. С ростом концентрации магния потенциалы свободной коррозии ($E_{св.кор.}$) и питтингообразования ($E_{п.о.}$) смещаются в положительную область значений, а плотность тока коррозии сплавов уменьшается. Указанные изменения сопровождаются сдвигом в область положительных значений анодных ветвей потенциодинамических кривых исходного сплава, легированного магнием, по сравнению с исходным сплавом.

Выводы

1. Изучение коррозионно-электрохимического поведения свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) с магнием в среде водного раствора NaCl показало, что добавка магния до 2,0 мас. % независимо от состава водного раствора NaCl уменьшает скорость коррозии исходного сплава на 20-30 % и смещает в область положительных значений все электрохимические потенциалы. Снижение

скорости коррозии связано с пассивацией металла, т.е. образованием на поверхности металла тончайшей оксидной пленки. Площадь анодных участков при этом резко уменьшается (анодный процесс при пассивации протекает только в порах оксидной пленки).

2. Исследованием влияния хлорид-иона на электрохимические характеристики свинцового баббита Б (PbSb15Sn10), легированного магнием установлено, что снижение в электролите концентрации хлорид-иона в 100 раз способствует уменьшению скорости коррозии сплавов на 70-80% и сдвигу электродных потенциалов в более положительную область.

3. Выполненные исследования по установлению анодных характеристик свинцового баббита Б (PbSb15Sn10) с магнием позволяют рекомендовать их в качестве базового сплава при изготовлении антифрикционных материалов и получить при этом значительный экономический эффект за счет снижения материалоемкости единицы продукции, увеличения их срока службы и надежности.

Список литературы

1. Александров В. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет. М. : 2015. 327 с.
2. Лужникова Л. П. Материалы в машиностроении. Т. 1. Цветные металлы и сплавы. М. : 1967. 287 с.
3. Фильченков А. С., Иванов Г. В. Влияние химического состава на газонасыщенность и образование дефектов вспучивания переплава баббита BK2 // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 2006. Т. 3. № 3. С. 19–24.
4. Шелег В. К., Леванцевич М. А., Пилипчук Е. В., Кравчук М. А., Богданович И. А., Богданова Т. Я. Легирование расплава подшипников скольжения на основе баббита // Наука и техника. 2020. Т. 19. № 6. С. 475–479.
5. Тарельник В. Б., Антошевский Б., Марцинковский В. С. Прирабочные покрытия подшипников скольжения // Вестник ХНТУСГ им. П. Василенко. 2015. №159. С. 90–104.
6. Дунаев Ю. Д. Нерастворимые аноды на основе свинца. Алма-Ата: Наука «КазССР», 1978. 316 с.
7. Зернин М. В., Яковлев А. В. К исследованию усталостной долговечности баббитового слоя тяжело нагруженных подшипников скольжения // Заводская лаборатория. 1997. №11. С. 39–47.
8. Леванцевич М. А., Пилипчук Е. В., Кравчук М. А., Богданович И. А., Богданова Т. Я. Легирование расплава подшипников скольжения на основе баббита // Наука и техника. 2020. Т.19, №

6. С. 475–479.

9. Семенов А. П. Антифрикционные материалы: опыт применения и перспективы // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2007. № 12. С. 21–36.

10. Фрейман Л. И., Макаров В. А., Брыксин И. Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. Под ред. акад. Колотыркина Я. М. Л. : Химия, 1972. 240 с.

11. Кочергин В. П. Защита металлов от коррозии в ионных расплавах и растворах электролитов. Учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-е Урал. ун-та, 1991. 304 с.

12. Левинзон Л. М., Агуф И. А. В кн.: Исследования в области химических источников тока. Новочеркасск, 1966. 235 с.

13. Ганиев И. Н., Ходжаназаров Х. М., Ходжаев Ф. К., Якубов У. Ш. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое

поведение свинцового баббита БЛи (PbSb15Sn10Li) в среде электролита NaCl // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2022. №1. С. 7–12.

14. Ходжаназаров Х. М., Ганиев И. Н., Ходжаев Ф. К. Потенциодинамическое исследование свинцового баббита БК(PbSb15Sn10K) с калием в среде электролита 3%-го NaCl // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2022. №1 (92). С. 86–92.

15. Ганиев И. Н., Ходжаназаров Х. М., Ходжаев Ф. К. Потенциодинамическое исследование свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) с натрием, в среде электролита NaCl // Ползуновский вестник. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». 2022. №1. С. 126–133.

© 2024 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Ганиев Изатулло Наврузович – академик НАНТ, д.х.н., проф., зав. лабораторией ГНУ «Институт химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана», Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, пр. Айни 299/2, телефон: (+992) 93-572-88-99, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com;

Джумъева Мавджуда Бердиевна – научный сотрудник ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана», Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/2, тел.: (+992) 93-596-44-40; e-mail: mavjudaj964440@mail.ru).

Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Метрология, стандартизация и сертификация» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел.: (+992) 907-60-60-73, E-mail: khaiyruлло.khodzhanazarov@bk.ru;

Заявленный вклад авторов:

Изатулло Наврузович Ганиев – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

Мавджуда Бердиевна Джумъева – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

Хайрулло Махмудхонович Ходжаназаров – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

INFLUENCE OF MAGNESIUM ADDITIVE ON ANODIC STABILITY OF LEAD BABBITT B(PbSb15Sn10) IN AN AQUEOUS SOLUTION OF NaCl

Izatullo N. Ganiev¹, Mavjuda B. Jumaeva¹,
Khairullo M. Khojanazarov²¹GNU «Institute of Chemistry named after. IN AND. Nikitin NAST»²Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi

*for correspondence: ganiev48@mail.ru



Article info

Received:

04 April 2024

Accepted for publication:

29 May 2024

Accepted:

29 May 2024

Published:

28 June 2024

Keywords:

lead babbitt B (PbSb15Sn10),
magnesium, aqueous NaCl
solution, anodic behavior,
potentiostatic method, corrosion
rate, corrosion current

Abstract.

In mechanical engineering, various alloys based on lead with the addition of antimony, tin and other elements, which are called babbitts and are distinguished by their low fusibility and relatively low cost, are widely used. Also, alloyed lead babbitts have high anti-friction properties, which makes it possible to use them in the production of parts and mechanisms operating under friction and sliding conditions. The main advantage of lead babbitts is their low cost, which is often a characterizing criterion when choosing a metal for certain purposes. Excellent corrosion resistance allows these types of babbitts to be used in conditions of high humidity and even in water. Metal corrosion is considered one of the main problems for the trouble-free operation of any mechanism. Due to the release of chemicals into the environment, machine parts are exposed to the corrosive activity of this environment. One way to protect against such activity is the use of new lead-based alloys. The paper presents the results of an experimental study of the anodic behavior of lead babbitt B(PbSb15Sn10) doped with magnesium from 0.1 to 2.0 wt. %, in an aqueous solution of NaCl. It has been shown that the addition of magnesium reduces the corrosion rate of lead babbitt B (PbSb15Sn10) by 20-30%. With increasing magnesium concentration in the initial alloy, the potentials of corrosion, pitting and repassivation shift to a positive range of values. An increase in the concentration of chloride ion in a NaCl solution promotes an increase in the corrosion rate of alloys, which is accompanied by a shift to the negative region of the main electrochemical potentials of the alloys.

For citation: Ganiev I.N., Jumaeva M.B., Khojanazarov K.M. Influence of magnesium additive on anodic stability of lead babbitt B(PbSb15Sn10) in an aqueous solution of NaCl. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2024; 3(163):109-118. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2024-3-109-118, EDN: YBQHXI

REFERENCES

- Alexandrov V.M. Materials science and technology of structural materials. Tutorial. Part 1. Materials Science, Arkhangelsk. Northern (Arctic) Federal University. M.: 2015.
- Luzhnikova L.P. Materials in mechanical engineering. T. 1. Non-ferrous metals and alloys. M.: 1967. 287 p.
- Filchenkov A.S., Ivanov G.V. The influence of the chemical composition on gas saturation and the formation of swelling defects in remelted babbitt BK2. *Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific-practical conference*. 2006; 3(3):19–24.
- Sheleg V.K., Levantsevich M.A., Pilipchuk E.V., Kravchuk M.A., Bogdanovich I.A., Bogdanova T.Ya. Melt alloying of babbitt-based sliding bearings. *Science and technology*. 2020; 19(6):475–479.
- Tarelnik V.B., Antoshevsky B., Martsinkovsky V.S. Running-in coatings for sliding bearings. *Vestnik KhNTUSG im. P. Vasilenko*. 2015; 159:90–104.
- Dunaev Yu.D. Insoluble lead-based anodes. Alma-Ata: Science "KazSSR"; 1978. 316 p.
- Zernin M.V., Yakovlev A.V. To study the fatigue life of the babbitt layer of heavily loaded sliding bearings. *Factory Laboratory*. 1997; 11:39–47.
- Levantsevich M.A., Pilipchuk E.V., Kravchuk M.A., Bogdanovich I.A., Bogdanova T.Ya. Melt alloying of babbitt-based sliding bearings. *Science and technology*. 2020; 19(6):475–479.
- Semenov A.P. Antifriction materials: application experience and prospects. *Friction and*

lubrication in machines and mechanisms. 2007; 12:21–36.

10. Freiman L.I., Makarov V.A., Bryksin I.E. Potentiostatic methods in corrosion research and electrochemical protection. Ed. acad. Kolotyркиn Ya.M. L.: Chemistry; 1972. 240 p.

11. Kochergin V.P. Protection of metals from corrosion in ionic melts and electrolyte solutions. Textbook allowance. Ekaterinburg; Publishing house Ural. University; 1991. 304 p.

12. Levinzon L.M., I.A. Aguf In the book: Research in the field of chemical current sources. Novocherkassk, 1966. 235 p.

13. Ganiev I.N., Khodzhazarov Kh.M., Khodzhaev F.K., Yakubov U.Sh. The influence of lithium additives on the corrosion-electrochemical

behavior of lead babbitt BLi (PbSb15Sn10Li) in the NaCl electrolyte. *Bulletin of Kazan State Technical University*. them. A.N. Tupolev. 2022; 1:7–12.

14. Khodzhazarov Kh.M., Ganiev I.N., Khodzhaev F.K. Potentiodynamic study of lead babbitt BK (PbSb15Sn10K) with potassium in an electrolyte environment of 3% NaCl. *Bulletin of Saratov State Technical University*. 2022; 1(92):86–92.

15. Ganiev I.N., Khodzhazarov Kh.M., Khodzhaev F.K. Potentiodynamic study of lead babbitt BT (PbSb15Sn10) with sodium in NaCl electrolyte. *Polzunovsky Bulletin. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Altai State Technical University named after. I.I. Polzunov."* 2022; 1:126–133.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Ganiev Izatullo Navruzovich – Academician of NAST, Doctor of Chemical Sciences, Prof., Head. laboratory of the State Scientific Institution “Institute of Chemistry V.I. Nikitin National Academy of Sciences of Tajikistan”, Republic of Tajikistan, 734063, Dushanbe, Aini Ave. 299/2, phone: (+992) 93-572-88-99, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com;

Jumaeva Mavjuda Berdievna – researcher at the State Scientific Institution "Institute of Chemistry named after. IN AND. Nikitin National Academy of Sciences of Tajikistan", Republic of Tajikistan, 734063, Dushanbe, Aini Avenue 299/2, tel.: (+992) 93-596-44-40; e-mail: mavjuda964440@mail.ru).

Khojanazarov Khayrullo Mahmudkhonovich – Candidate of Technical Sciences, senior lecturer at the Department of Metrology, Standardization and Certification, TTU named after. ak. M.S. Oshimi. Tel.: (+992) 907-60-60-73, E-mail: khayrullo.khodzhazarov@bk.ru;

Contribution of the authors:

Izatullo N. Ganiev – research problem statement; conceptualisation of research; drawing the conclusions; writing the text, research problem statement; scientific management; data collection; data analysis, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; data analysis; drawing the conclusions.

Mavjuda B. Jumaeva – formulation of the research problem, conceptualization of the study, conclusions, writing the text, scientific management, collection and theoretical analysis of data, review of relevant literature, experimental studies, processing and analysis of their results.

Khayrullo Mahmudkhonovich Khojanazarov – formulation of the research problem, conceptualization of the study, conclusions, writing the text, scientific management, collection and theoretical analysis of data, review of relevant literature, experimental studies, processing and analysis of their results.

All authors have read and approved the final manuscript.

