



Научная статья
2.6.17 – Материаловедение (технические науки)
УДК 669.45.018.8.24/883
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.017

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10), С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

Изатулло Наврузович Ганиев¹, Хайрулло Махмудхонович Ходжаназаров²,
Фируз Камолович Ходжаев³

^{1, 2, 3} Таджикский технический университет им. М.С. Осими, Душанбе, Республика Таджикистан

¹ ganievizatullo48@gmail.com

² khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru

³ firuz1083@mail.ru

Аннотация. 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 коррозионной стойкостью, благодаря чему эти материалы приобретают качественно новые, зачастую уникальные свойства. Следует отметить, что разработка новых конструкционных материалов является в настоящее время ключевым направлением наряду с улучшением существующих в развитии современного материаловедения.

В статье представлены результаты потенциостатического исследования свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), модифицированного натрием, в среде электролита NaCl, при скорости изменения потенциала 2 мВ/с. Добавки натрия в свинцовый баббит PbSb15Sn10 составляли 0,01 ÷ 1,0 мас. %. Исследования проводились в среде водного раствора электролита NaCl с концентрацией 0,03; 0,3 и 3,0 мас. %. Показано, что добавка натрия в пределах 0,01–1,0 мас. % к сплаву PbSb15Sn10 снижает его скорость коррозии на 10–15 % в результате сдвига электрохимических потенциалов в область положительных значений. Например, потенциал питтингообразования сдвигается в область положительных значений от -0,510 В для исходного сплава до -0,450 В для сплава, содержащего 1,0 мас. % натрия. Увеличение концентрации NaCl в электролите приводит к росту скорости коррозии сплавов и смещению электрохимического потенциала в область отрицательных значений.

Ключевые слова: свинцовый баббит БТ (PbSb15Sn10), потенциостатический метод, электрохимическая коррозия, потенциал свободной коррозии, потенциал питтингообразования, скорость коррозии.

Благодарности: авторы выражают признательность коллегам за помощь в проведении исследований и участие в обсуждении результатов.

Для цитирования: Ганиев, И. Н., Ходжаназаров, Х. М., Ходжаев, Ф. К. Потенциодинамическое исследование свинцового баббита PbSb15Sn10, с натрием, в среде электролита NaCl // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 126–133. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.017.

Original article

POTENTIODYNAMIC STUDY OF LEAD BABBITA BT (PbSb15Sn10), WITH SODIUM, IN THE MEDIUM OF ELECTROLYTE NaCl

Izatullo N. Ganiev ¹, Khairullo M. Khodjanazarov ², Firuz K. Khodjaev ³

^{1,2,3} Tajik Technical University named after M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan

¹ ganievizatullo48@gmail.com

² khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru

³ firuz1083@mail.ru

Abstract. *In connection with the active development of modern technology, there is a need to create materials that work reliably in a complex combination of force and temperature fields, when exposed to aggressive media and high pressures. One of the effective ways to solve this problem is the creation of structural materials with increased corrosion resistance, due to which these materials acquire qualitatively new, often unique properties. It should be noted that the development of new structural materials is currently a key direction along with the improvement of existing ones in the development of modern materials science.*

The article presents the results of a potentiostatic study of sodium-modified lead babbitt BT (PbSb15Sn10) in NaCl electrolyte at a potential change rate of 2 mV/s. Sodium additions to lead babbitt PbSb15Sn10 were 0.01-1.0 wt. %. The studies were carried out in an aqueous NaCl electrolyte solution with a concentration of 0.03; 0.3 and 3.0 wt. %. It is shown that the addition of sodium in the range of 0.01-1.0 wt. % to the PbSb15Sn10 alloy reduces its corrosion rate by 10-15 %, as a result of a shift in electrochemical potentials to the region of positive values. For example, the pitting potential shifts to positive values from -0.510V for the original alloy to -0.450V for an alloy containing 1.0 wt. % sodium. An increase in the concentration of NaCl in the electrolyte leads to an increase in the corrosion rate of the alloys and a shift in the electrochemical potential towards negative values.

Keywords: *lead babbitt BT (PbSb15Sn10), potentiostatic method, electrochemical corrosion, free corrosion potential, pitting potential, corrosion rate.*

For citation: Ganiev, I. N., Khodjanazarov, K. M. & Khodjaev, F. K. (2022). Potentiodynamic study of lead babbitt (PbSb15Sn10), with sodium, in the medium of electrolyte NaCl. *Polzunovskiy vestnik*,(1), 126-133. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.017.

ВВЕДЕНИЕ

Свинцовые баббиты нашли широкое применение для изготовления подшипников дизелей, компрессоров, в двигателестроении, металлургическом машиностроении и других отраслях. Баббиты представляют собой мягкие антифрикционные сплавы на свинцовой или оловянной основе, применяемые в узлах трения транспортных и энергетических установок, прокатных станов. Баббиты на основе свинца марок Б16, БН, БС6, БКА, БК2, БК2Ш, БТ (зарубежные марки SAE13, SAE14, ASTM7, SAE15, ASTM15) обладают более высокой рабочей температурой, чем баббиты на основе олова [1, 2].

По составу баббиты можно разделить на три группы. К первой группе относятся оловянные баббиты (Б83 и Б89), обладающие хорошими антифрикционными свойствами, ко второй – свинцово-оловянные (Б6, БТ, БН,

Б16), к третьей группе относят свинцовые баббиты, не содержащие олова. В промышленности все чаще стремятся применять баббиты на основе свинца, содержащие минимальные количества олова в связи с их невысокой механической прочностью [3, 4].

Баббит марки БТ имеет состав, мас. %: Sb13-15; Sn9-11; Cu1.5-2 и примесей кадмия, никеля и теллура (ГОСТ 1320-74 (ИСО 4383-91)) и обладает большей вязкостью, чем баббит Б16, и поэтому может быть применен в подшипниках, испытывающих ударные нагрузки (в автомобильных и тракторных двигателях). Несмотря на высокий коэффициент трения, баббиты БТ нашли широкое применение благодаря своему свойству хорошо прирабатываться и удовлетворительной пластичности. После термической обработки пластичность баббита БТ значительно увеличивается, а твердость уменьшается [5, 6].

Структура баббита состоит из мелких твердых кристаллов металлических соединений, которые распределяются в матрице мягкого металла, например, олова или свинца и по своей сути, является композитным материалом с металлической матрицей. По мере износа более мягкий металл матрицы истирается, создавая мягкую смазку между выступающими твердыми кристаллами металлических соединений, которые и образуют фактическую поверхность скольжения. У баббита на основе олова, составляющего мягкую матрицу, при трении без смазочного материала олово плавится и действует как смазка, защищая подшипник от полного отказа [7].

В микроструктуре баббита БТ встречаются кубические кристаллы $SbSn$ на фоне тройной эвтектики $Pb + SbSn + \gamma$, а также небольшое количество иглообразных кристаллов Cu_3Sn и $PbTe$ [8].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Целью настоящей работы является исследование влияния добавок натрия на анодное поведение свинцового баббита БТ ($PbSb_{15}Sn_{10}$), в среде водного раствора $NaCl$ различной концентрации.

Для получения свинцового баббита $PbSb_{15}Sn_{10}$ по ГОСТ 1320-74 (ИСО 4383-91) использовали свинец марки С1 (99,985 % Pb) (ГОСТ 3778-77), олово марки ОВЧ-000 (99,999 % Sn) (ГОСТ 860-75), сурьму металлическую марки $Su00$ (99,9 % Sb) (ГОСТ 1089-82) и металлический натрий чистотой 99,8 % по ГОСТ 3273-75.

Баббит, легированный натрием, получали в шахтной лабораторной печи типа СШОЛ при температуре 450–500 °С. Содержание натрия в сплаве составляло 0,01; 0,1; 0,5 и 1,0 мас. %. Внесение натрия осуществляли в предварительно синтезированный сплав баббита БТ. Из полученных сплавов в металлический кокиль отливались цилиндрические образцы диаметром 8 мм и длиной 140 мм, торцевая часть которых служила рабочим электродом для исследования электрохимических свойств.

Электрохимическое исследование образцов проводилось на импульсном потенциостате ПИ-50-1.1 с помощью программатора ПР-8, имеющего возможность автоматической записи. Температура раствора поддерживалась постоянной на уровне 25 °С с помощью термостата МЛШ-8. Воспроизводимость результатов на электродах одного и того же состава была в пределах ± 10 мВ, что

является допустимым. Электрохимическое исследование свинцового баббита БТ ($PbSb_{15}Sn_{10}$) проводили по методике, описанной в работах [8–13].

При электрохимическом исследовании образцы из свинцового баббита БТ ($PbSb_{15}Sn_{10}$), погруженные в водный раствор $NaCl$, поляризовались положительно до плотности тока $1 A/m^2$ в результате питтингообразования (рисунок 1, кривая I). Далее образцы поляризовались в противоположном направлении (рисунок 1, кривые II и III до потенциала $(-1200$ мВ), что приводило к растворению оксидной пленки на поверхности образцов. Затем образцы снова поляризовали в положительном направлении, чтобы получить анодные поляризационные кривые сплавов (рисунок 1, кривая IV). На рисунке 2 показаны все четыре потенциодинамические кривые образцов, снятые в среде 3,0 % водного раствора $NaCl$. Пунктирными линиями обозначены кривые, обратные поляризации кривой.

По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:

- E_{rp} – потенциал репассивации;
- $E_{ст.}$ или $-E_{св.кор.}$ – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;
- $E_{кор.}$ – 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 [14].

Скорость коррозии k определяли по току коррозии ($i_{кор.}$) по формуле $K = i_{кор.} \cdot k$, где $k = 3,865$ г/А·ч электрохимический эквивалент для свинца [10–13].

Исследования проводили в среде водного раствора $NaCl$, как имитации морской среды с целью определения влияния хлорида-иона на электрохимическое поведение свинцового баббита БТ ($PbSb_{15}Sn_{10}$), модифицированного натрием.

Анодное поведение свинцового баббита БТ ($PbSb_{15}Sn_{10}$), легированного натрием, изучали в среде электролита $NaCl$ с концентрацией 0,03; 0,3 и 3,0 % (по массе).

В качестве примера на рисунке 1 представлена полная поляризационная кривая для свинцового баббита БТ ($PbSb_{15}Sn_{10}$) в среде электролита 3,0 %-ного $NaCl$.

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10), С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

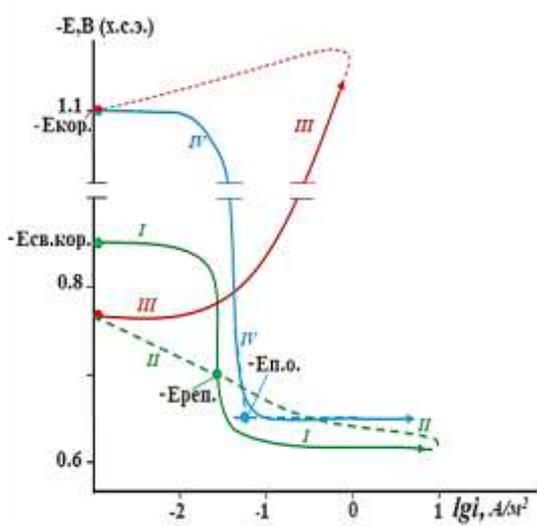


Рисунок 1 – Полная поляризационная (2мВ/с) кривая свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), в среде 3,0 %-ного водного раствора NaCl

Figure 1 - Full polarization (2mV / s) curve of lead babbitt PbSb15Sn10, in an aqueous solution medium of 3.0 % NaCl

Результаты исследований представлены на рисунках 2–5 и в таблице 1. Из рисунка 2 видно, что при выдержке в среде 0,03; 0,3 и 3,0 %-ного водного раствора NaCl исследуемых образцов баббита наблюдается смещение потенциала свободной коррозии ($E_{св. кор.}$) в область положительных значений. Модифицирование натрием способствует смещению анодных кривых свинцового баббита PbSb15Sn10 в положительную область значений в изученных средах электролита NaCl (рисунок 3).

Коррозионно-электрохимические параметры процесса анодной коррозии свинцового баббита PbSb15Sn10 с натрием приведены в таблице 1. Как видно, добавки натрия оказывают несущественное влияние на изменение потенциалов коррозии, питингообразования и репассивации. Такая зависимость характерна для исследованных сред с концентрацией NaCl 0,03; 0,3 и 3,0 %. Скорость коррозии свинцового баббита PbSb15Sn10 плавно снижается с ростом концентрации натрия на 10–15 %, и подобная зависимость имеет место в исследованных средах. Снижение скорости коррозии сплавов сопровождается смещением анодных потенциодинамических кривых в область положительных значений

потенциалов (рисунок 3). С ростом концентрации хлорид-иона в электролите NaCl наблюдается увеличение скорости коррозии сплавов независимо от их состава.

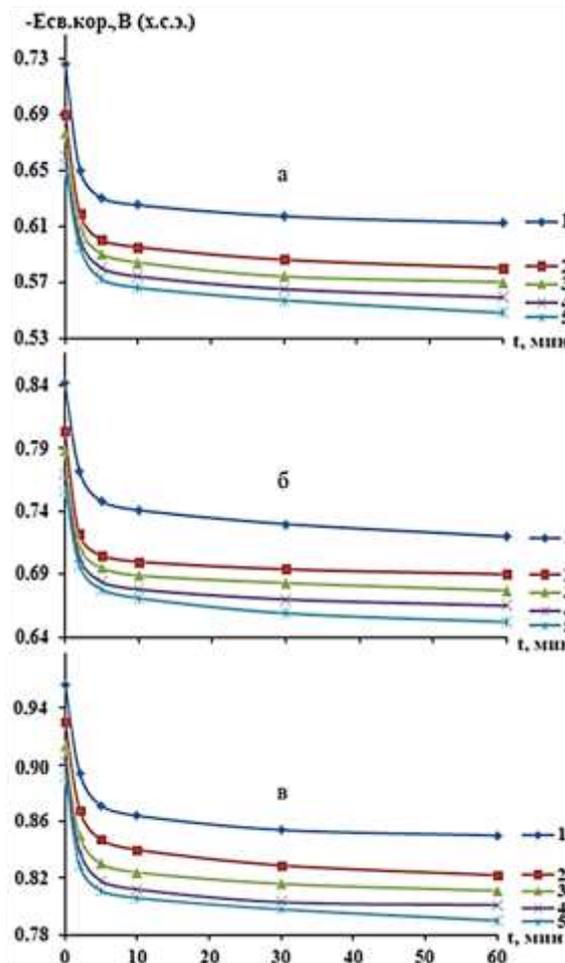


Рисунок 2 – Временная зависимость потенциала свободной коррозии ($E_{св. кор.}$, В), свинцового баббита PbSb15Sn10 (1), содержащего натрий, мас. %: 0,01(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), в среде водного раствора 0,03 % (а), 0,3 % (б) и 3,0 %-ного (в) NaCl

Figure 2 - Time dependence of the potential of free corrosion ($E_{св. кор.}$, V), lead babbitt PbSb15Sn10 (1), containing sodium, wt. %: 0.01 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5), in an aqueous solution environment 0.03 % (a), 0.3 % (b) and 3.0 % (c) NaCl

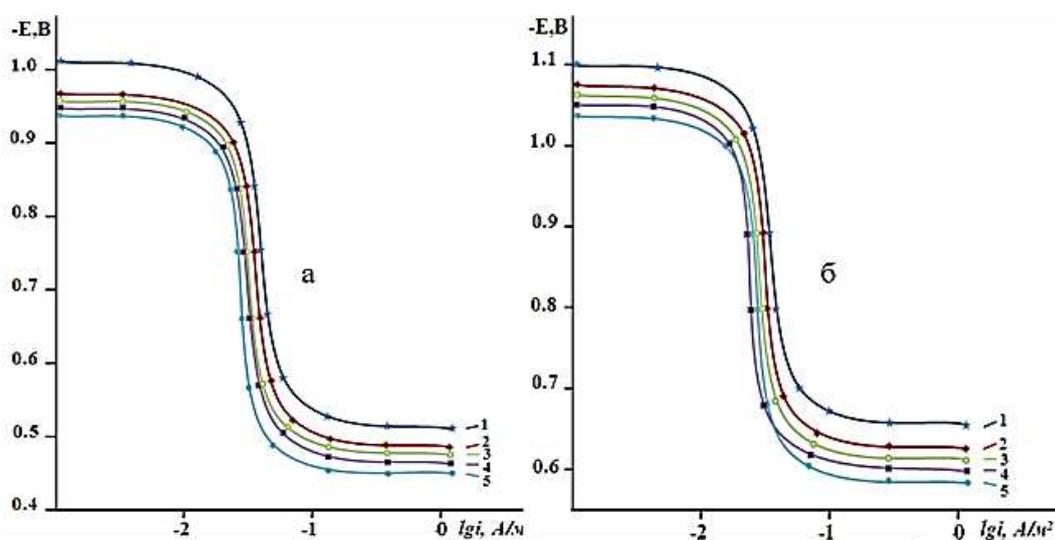


Рисунок 3 – Потенциодинамические анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) (1), содержащего натрий, мас. %: 0,01(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), в среде водного раствора 0,03 % (а) и 3,0 %-ного (б) NaCl

Figure 3 - Potentiodynamic anodic polarization (2mV / s) curves of lead babbitt PbSb15Sn10 (1) containing sodium, wt. %: 0.01 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5), in an aqueous solution environment 0.03 % (a) and 3.0 % (b) NaCl

Таблица 1 - Коррозионно-электрохимические характеристики свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) с натрием, в среде водного раствора NaCl

Table 1 - Corrosion-electrochemical characteristics of lead babbitt PbSb15Sn10 with sodium, in an electrolyte environment NaCl

Среда NaCl, мас. %	Содержание в сплаве, мас. %	Электрохимические потенциалы				Скорость коррозии	
		- E _{св.кор.}	- E _{кор.}	- E _{п.о.}	- E _{рп.}	i _{кор.} · 10 ²	K · 10 ³
		В (х.с.э.)				А/м ²	г/м ² ·ч
0,03	PbSb15Sn10	0,612	1,01	0,51	0,61	0,56	21,64
	0,01Na	0,58	0,97	0,58	0,584	0,53	20,48
	0,1Na	0,57	0,96	0,472	0,573	0,51	19,71
	0,5Na	0,56	0,95	0,461	0,564	0,5	18,93
	1,0Na	0,548	0,94	0,45	0,555	0,48	18,16
0,3	PbSb15Sn10	0,72	1,06	0,595	0,69	0,75	28,98
	0,01Na	0,69	1,03	0,565	0,66	0,72	27,82
	0,1Na	0,67	1,02	0,554	0,65	0,7	27,05
	0,5Na	0,66	1,01	0,545	0,641	0,68	26,28
	1,0Na	0,65	1,0	0,536	0,632	0,66	25,5
3,0	PbSb15Sn10	0,85	1,10	0,65	0,70	0,9	34,78
	0,01Na	0,82	1,07	0,62	0,67	0,87	33,62
	0,1Na	0,81	1,061	0,61	0,66	0,85	32,85
	0,5Na	0,801	1,052	0,601	0,651	0,83	32,07
	1,0Na	0,79	1,041	0,591	0,642	0,81	31,3

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10), С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

На рисунках 4 и 5 приведены зависимости скорости и плотности тока коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) с натрием, в среде электролита NaCl.

Как видно, с ростом содержания натрия в исходном сплаве уменьшается скорость его коррозии на 10–15 %. Зависимость плотно-

сти тока анодной коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) от концентрации электролита NaCl представлена на рисунке 5. Как видно, с ростом концентрации хлорид-иона в электролите NaCl скорость коррозии сплавов растёт независимо от количества натрия в баббите БТ (PbSb15Sn10).

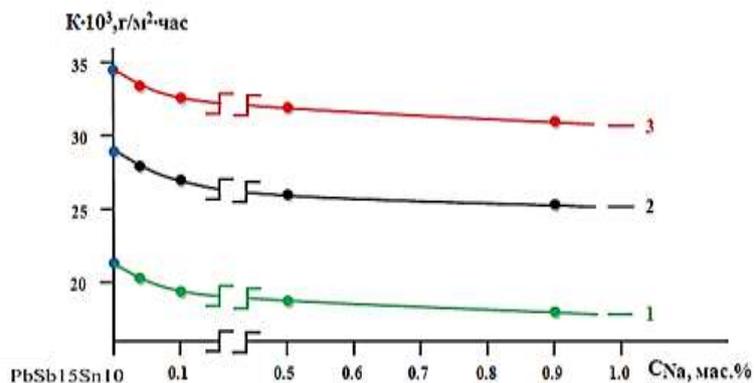


Рисунок 4 – Зависимость скорости коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) с натрием, мас. %: 0,03 (1); 0,3 (2); 3,0 (3), в среде водного раствора NaCl

Figure 4 - Dependence of the corrosion rate of lead babbitt BT (PbSb15Sn10) with sodium, wt. %: 0.03 (1); 0.3 (2); 3.0 (3), in an aqueous solution environment NaCl

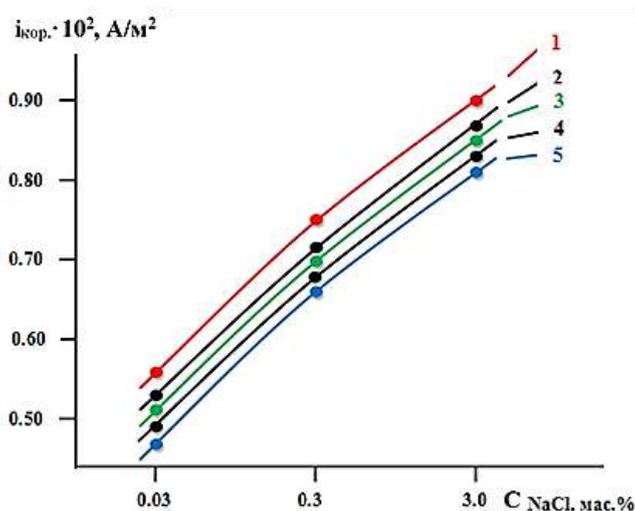


Рисунок 5 – Зависимость плотности тока коррозии свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) (1), содержащего натрий, мас. %: 0,01 (2); 0,1 (3); 0,5 (4); 1,0 (5) от концентрации водного раствора NaCl

Figure 5 - Dependence of the current density of corrosion of lead Babbitt BT (PbSb15Sn10) (1) containing sodium, wt. %: 0.01 (2); 0.1 (3); 0.5 (4); 1.0 (5) of NaCl aqueous solution concentration

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Введение натрия в количестве до 1,0 мас. % в свинцовый баббит БТ (PbSb15Sn10) повышает его коррозионную стойкость в водных растворах хлорида натрия. Ввиду большей растворимости натрия в твер-

дом растворе свинца с сурьмой и оловом, коррозионная устойчивость исходного сплава при добавках натрия до 1 мас. % продолжает расти в среде водного раствора NaCl.

Выполненные исследования по установлению анодных характеристик модифицированных натрием сплавов свинца с

сурьмой и оловом позволяют рекомендовать их в качестве сплава при изготовлении антифрикционных материалов и получить при этом значительный экономический эффект за счет снижения материалоемкости единицы продукции, увеличения их срока службы и надежности [14–16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абузин Ю.А. Функциональные металлические композиционные материалы и технологии в машиностроении // *Материалы в машиностроении*. 2009. № 6(69). С. 52–54.
2. Dubois J.-M. Properties and applications of quasicrystals and complex metallic alloys // *Chem. Soc. Rev.* 2012. № 41. P. 6760–6777.
3. Trebin H.R. Quasicrystals. Structure and properties // Weinheim: Wiley: VCH GmbH & Co. KGaA. 2003. 665 p.
4. Черновол М.И., Шепеленко И.В. Способы формирования антифрикционных покрытий на металлические поверхности трения // *Техника в сельскохозяйственном производстве, автоматизация*. 2012. № 7. С. 25–27.
5. Тарельник В.Б., Антошевский Б., Марцинковский В.С. Прирабочные покрытия подшипников скольжения // *Вестник ХНТУСГ им. П. Василенко*. 2015. № 159. С. 90–104.
6. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 12.04.74 N 880. Дата введения 1975-01-01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
7. Арзамасов Б.Н., Соловьёва Т.В., Герасимов С.А. [и др.]. Справочник по конструкционным материалам : справочник / Под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьёвой. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 640 с.
8. Ганиев И.Н., Додхоев Э.С., Якубов У.Ш. Коррозионно-электрохимическое поведение сплавов системы Mg–La, в среде электролита NaCl // *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. 2021. Т. 77. № 1. С. 19–23.
9. Ганиев И.Н., Содикова С.С., Алихонова С.Дж., Саидзода Р.Х. Повышение антикоррозионных свойств высококчистого цинка легированием алюминием // *Материаловедение*. 2021. № 5. С. 3–6.
10. Ганиев И.Н., Файзуллоев Р.Д., Зокиров Ф.Ш. Влияние кальция на анодное поведение алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1, в среде электролита NaCl // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. 2021. № 58. С. 33–37.
11. Ганиев И.Н., Додхоев Э.С., Сафаров А.Г., Якубов У.Ш. Анодное поведение сплавов системы Mg–Se, в среде электролита NaCl // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение*. 2021. Т. 23. № 1. С. 13–19.

12. Наврузов Х.П., Ганиев И.Н., Амонуллои Х., Эшов Б.Б., Муллоева Н.М. Анодное поведение сплавов системы Pb–Cd, в среде электролита NaCl // *Вестник Казанского технологического университета*. 2020. Т. 23. № 8. С. 54–58.

13. Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. Душанбе : Дониш, 2007. 258 с.

14. Ганиев И.Н., Пархутик П.А., Куприянова И.Ю., Вахобов А.В. Модифицирование силуминов стронцием. Минск : Наука и техника, 1986. 146 с.

15. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М. : Металлургия, 1984. 280 с.

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

Информация об авторах

И. Н. Ганиев – д.х.н., профессор, академик НАНТ, профессор кафедры «Технология химических производств» Таджикского технического университета им. М.С. Осими.

Х. М. Ходжаназаров – соискатель кафедры «Технология, машины и оборудование полиграфического производства» Таджикского технического университета им. М.С. Осими.

Ф. К. Ходжаев – к.т.н., ст. преподаватель кафедры «Металлургия» Таджикского технического университета им. М.С. Осими.

REFERENCES

1. Abuzin, Yu.A. (2009). Functional metal composite materials and technologies in mechanical engineering. *Materials in mechanical engineering*, 6 (69), 52-54. (In Russ.).
2. Dubois, J.-M. (2012). Properties and applications of quasicrystals and complex metallic alloys. *Chem. Soc. Rev.*, (41), 6760-6777.
3. Trebin, H.R. (2003). *Quasicrystals. Structure and properties*. Weinheim: Wiley: VCH GmbH & Co. KGaA, 665 p.
4. Chernovol, M.I. & Shepelenko, I.V. (2012). Methods of forming antifriction coatings on metal friction surfaces. *Technics in agricultural production, automation*, (7), 25-27. (In Russ.).
5. Tarelnik, V.B., Antoshevsky, B. & Martinkovsky, V.S. (2015). Runningin coatings of sliding bearings. *Bulletin of KhNTUSGim. P. Vasilenko*, (159), 90-104.(In Russ.).
6. Tin and lead babbitts. Technical conditions. HOST 1320-74 from January 1st, 1975. Moscow: IPK Publishing house of standards. (In Russ.).
7. Arzamasov, B.N., Solovyova, T.V., Gerasimov, S.A. [et al]. (2005). Handbook of structural materials: Handbook Moscow: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman. (In Russ.).
8. Ganiev, I.N., Dodkhoev, E.S. & Yakubov, U.Sh. (2021). Corrosion-electrochemical behavior

ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10),
С НАТРИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

of alloys of the Mg-La system in the environment of an electrolyte NaCl. *Bulletin of Kazan State Technical University. A.N. Tupolev*, 77(1), 19-23. (In Russ.).

9. Ganiev, I.N., Sodikova, S.S., Alikhonova, S.J. & Saidzoda, R.Kh. (2021). Increasing the anticorrosive properties of high-purity zinc by alloying with aluminum. *Materialovedenie*, (5), 3-6. (In Russ.).

10. Ganiev, I.N., Fayzulloev, R.D. & Zokirov, F.Sh. (2021). Influence of calcium on the anodic behavior of the aluminum conductive alloy AlTi0.1, in the environment of the electrolyte NaCl. *Bulletin of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)*, (58), 33-37. (In Russ.).

11. Ganiev, I.N., Okilov, Sh.Sh., Eshov, B.B., Mulloeva, N.M. & Yakubov, U.Sh. (2021). Influence of sodium additives on the temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the lead-antimony alloy SSU3. *Bulletin of the Saint Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and technical sciences*, (1), 89-94. (In Russ.).

12. Ganiev, I.N., Alieva, L.Z., Berdiev, A.E. & Alikhonova, S.D. (2021). Influence of sodium on the heat capacity and thermodynamic functions of the zinc alloy TsAMSV4-1-2.5. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and technical sciences*, (2), 107-112. (In Russ.).

13. Umarova, T.M. & Ganiev, I.N. (2007). Corrosion of double aluminum alloys in neutral environments. Dushanbe: Donish.

14. Ganiev, I.N., Parhutik, P.A., Kupriyanova, I.Yu. & Vakhobov, A.V. (1986). Modification of silumins with strontium. Minsk: Science and technology.

15. Maltsev, M.V. (1984). Modification of the structure of metals and alloys. Moscow: Metallurgy.

16. Levinzon, L.M. & Aguf, I.A. (1966). In the book: Research in the field of chemical current sources. Novochoerkassk.

Information about the authors

I. N. Ganiev - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NANT, Professor of the Department of "Technology of Chemical Production" of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi.

Kh. M. Khojanazarov - candidate of the department "Technology, machines and equipment of printing production" of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi.

F. K. Khodjaev - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Metallurgy of the Tajik Technical University named after M.S. Osimi.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 05.01.2022; одобрена после рецензирования 21.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was received by the editorial board on 5 Jan 22; approved after reviewing on 21 Feb 22; accepted for publication on 28 Feb 22.