

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

УДК 669. 017: 620.193

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-45-53>

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНОДНОГО ПОВЕДЕНИЯ СПЛАВА АЖ2,18, МОДИФИЦИРОВАННОГО ЛИТИЕМ, БЕРИЛЛИЕМ И МАГНИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

Азимов Х.Х.¹, Ганиев И.Н.¹, Амонов И.Т.², Джураева М.Ш.¹¹ Институт химии им. В. И. Никитина АН Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан² Таджикский технический университет им. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

Аннотация

Известно, что технический алюминий с повышенным содержанием железа, кремния и других примесей из-за низких эксплуатационных характеристик не может найти применение в промышленности, поэтому разработка новых составов сплавов на основе такого металла является весьма актуальной задачей. Одним из перспективных составов на диаграмме алюминий-железа является эвтектика (α -Al+Al₃Fe), который, имея минимальный интервал кристаллизации, соответствует содержанию железа 2,18%(мас.). Данный состав был принят нами в качестве модельного сплава и подвергался модифицированию литием, бериллием и магнием. Цель работы заключается в установлении влияния указанных добавок на коррозионно-электрохимическое поведение модельного сплава АЖ2,18 в среде электролита NaCl. Для достижения поставленной цели потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развёртки потенциала 2 мВ/с на потенциостате ПИ-50.1.1 исследовано анодное поведение сплава АЖ2,18, модифицированного вышеуказанными металлами. Показано, что потенциал свободной коррозии (стационарный потенциал) сплавов с ростом содержания модификатора изменяется в положительном направлении оси координат, а с концентрацией хлорид-иона в отрицательном направлении оси координат в среде электролита NaCl. Величины потенциалов питтингообразования и репассивации сплавов по мере роста концентрации хлорид-иона в электролите уменьшаются. Увеличение концентрации модификаторов в исходном сплаве АЖ2,18 способствует росту величины потенциалов питтингообразования и репассивации во всех средах независимо от концентрации хлорид-иона. Плотность тока коррозии и соответственно скорость коррозии сплавов с ростом концентрации хлорид-иона увеличивается, а от добавок модификатора уменьшается в два раза. Результаты исследования могут быть использованы при разработке составов новых алюминиево-железовых сплавов, которые используются в различных отраслях техники.

Ключевые слова: сплав АЖ2,18, литий, бериллий, магний, потенциостатический метод, электрохимическая коррозия, анодное поведение, потенциал коррозии, скорость коррозии.

Введение

В последние годы интерес к созданию новых конструкционных материалов, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с традиционными материалами, возрастает. Отсюда разработка и изучение свойств новых алюминиевых сплавов с участием малоизученных легирующих и модифицирующих добавок, устойчивых к агрессивным средам, является весьма актуальной задачей.

Некоторая часть первичного алюминия, извлекаемого из электролизёров (алюминия сырец), содержит значительное количество таких примесей, как железо и кремний, которые переходят непосредственно из сырья (глинозёма) и

стальной оснастки при работе с расплавом алюминия. Примеси железа в алюминии оказывают существенное влияние на качество алюминия, и с увеличением их количества значительно ухудшаются коррозионная стойкость, уменьшается электропроводность и пластичность, повышается прочность металла. Естественно, что такой металл по примесям не укладывается в рамках требований ГОСТ 11069-2001 на первичный алюминий и соответственно не находит потребителя, за исключением того, что используется для раскисления и дегазации стали [1–4].

Поэтому разработка прецизионных сплавов на основе такого металла путём его легирования третьим элементом является актуальной задачей, т.к. позволяет превратить некондиционный металл в нужный и полезный продукт для техники. Часто

© Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Джураева М.Ш., 2017

для блокировки отрицательного влияния железа алюминий и его сплавы легируют марганцем в количестве 0,5–1%. Это обусловлено тем, что в фазе FeAl_3 до 1/10 часть атомов железа может замещаться атомами марганца, и в результате образуется новая фаза $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Al}_3$, кристаллы которого отличаются более компактной формой в отличие от игольчато структурной фазы FeAl_3 [4–9].

Нами для изменения формы кристаллов интерметаллида в эвтектике $(\alpha\text{-Al}+\text{FeAl}_3)$, т.е. ее модификации и разработке новых композиций, в качестве модифицирующего элемента был выбран металлические литий, бериллий и магний как поверхностно активные компоненты тройного сплава. Выбор исходного сплава $\text{Al}+2,18 \text{ мас.}\% \text{ Fe}$ (АЖ2,18) объясняется тем, что данный состав соответствует эвтектике $(\alpha\text{-Al}+\text{FeAl}_3)$ в системе Al-Fe , которая примыкает к алюминиевому углу системы и согласно разным источникам плавится при температуре 646–655°C с концентрацией эвтектической точки в пределах 1,7–2,3% Fe (по массе) [10, 11]. В работах [12–14] нами сообщалось о положительном влиянии добавок лития, бария и свинца на коррозионно-электрохимические характеристики сплава АЖ2,18 .

Экспериментальная часть

Целью данной работы является сравнительное исследование анодного поведения сплава АЖ2,18 , модифицированного литием, бериллием и магнием, в среде электролита NaCl . Для исследования анодного поведения сплава АЖ2,18 , модифицированного указанными элементами, сплавы были получены с такими расчётом, чтобы охватить области растворимости легирующих компонентов в алюминии, т.е. исходный сплав АЖ2,18 легировался 0,01–0,5 мас. % литием, бериллием и магнием. Сплавы для коррозионно-электрохимических исследований получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ с использованием двойных лигатур алюминия с железом (2,18%) и литием (ГОСТ 8774-75), магнием (ГОСТ 804-93) и бериллием (ГОСТ 23685-79). Применение лигатур даёт возможность уменьшить угар легирующих металлов, а также получить сплавы исследуемых систем при более низких температурах. Из полученных сплавов отливали в графитовую изложницу стержни диаметром 8 мм и длиной 140 мм. Нерабочая часть образцов изолировалась смолой (смесь 50% канифоли и 50% парафина). Рабочей поверхностью служил торец электрода. Перед погружением образца в рабочий раствор его торцевую часть зачищали наждачной бумагой, полировали, обез-

жировали, тщательно промывали спиртом и затем погружали в раствор электролита NaCl . Температура раствора в ячейке поддерживалась постоянная – 20°C с помощью термостата МЛШ-8.

Для изучения электрохимических свойств тройных сплавов применяли следующий метод исследования. Электрохимические испытания образцов проводили потенциостатическим методом на ПИ-50-1.1 со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с в среде электролита NaCl . Электродом сравнения служил хлорсеребряный, вспомогательным – платиновый [10, 11].

В качестве примера на **рис. 1** представлена полная поляризационная диаграмма для исходного сплава АЖ2,18 и сплава, содержащего 0,005 мас. % лития в среде электролита 3%-ного NaCl . Образцы потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питтингообразования (**рис. 1**, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении (**рис. 1**, кривая II) и по перечению кривых I и II определяли величину потенциала репассивации. Далее шли в катодную область до значения потенциала –1,1 В для удаления оксидных плёнок с поверхности электрода (**рис. 1**, кривая III) в результате подщелачивания при катодной поверхности. Наконец, образцы поляризовали вновь в положительном направлении (**рис. 1**, кривая IV) и из анодной кривой определяли основные электрохимические параметры.

На полученных таким образом поляризационных кривых определяли основные электрохимические характеристики сплавов: потенциал питтингообразования ($E_{\text{п.о.}}$), потенциал и ток коррозии ($E_{\text{кор.}}$ и $i_{\text{кор.}}$). Потенциал репассивации ($E_{\text{р.п.}}$) определялся графически как первый изгиб на обратном ходе анодной кривой или как точка пересечения прямого и обратного хода. Расчет тока коррозии как основной электрохимической характеристики процесса коррозии проводили по катодной кривой с учетом таффеловской наклонной $v_k = 0,12 \text{ В}$, поскольку в нейтральных средах процесс питтинговой коррозии алюминия и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода. Скорость коррозии, в свою очередь, является функцией тока коррозии, находимой по формуле

$$K = i_{\text{кор.}} \cdot k,$$

где $k = 0,335 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ для алюминия [10, 11].

Методика снятия поляризационных кривых сплавов в среде электролита NaCl подробно описана в работах [12–17].

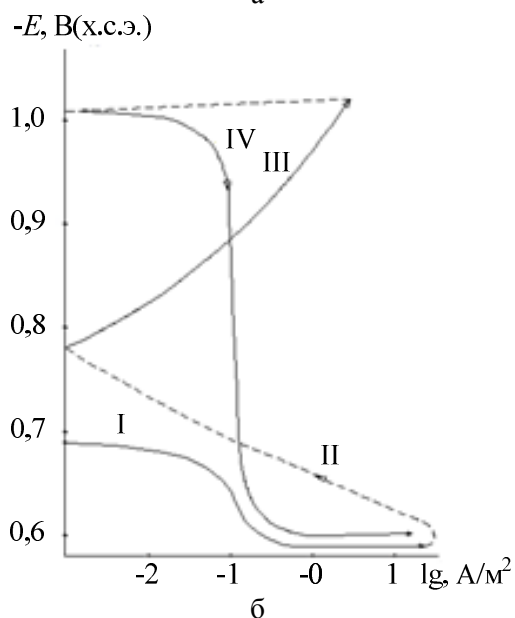
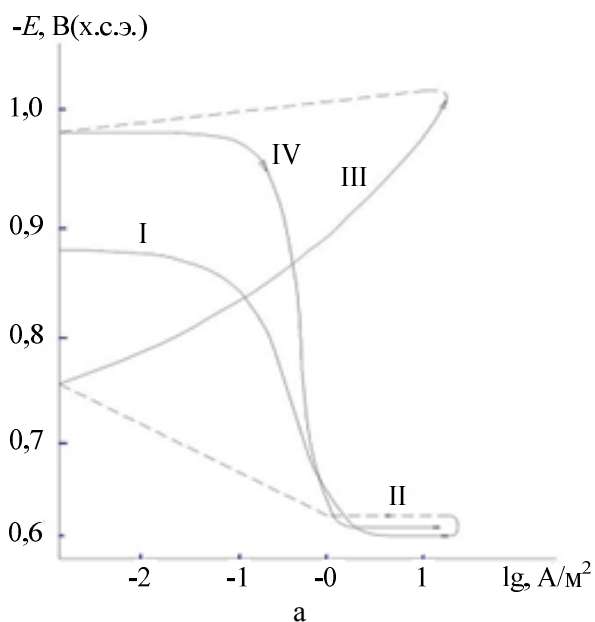


Рис. 1. Полная поляризационная (2 мВ/с) кривая сплавов АЖ2,18 (а) и АЖ2,18 с 0,005% Li (б) в среде электролита 3%-ного NaCl

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2 и на рис. 1–3. На рис. 2 в качестве примера обобщена временная зависимость потенциала свободной коррозии сплава АЖ2,18, легированного литием в среде электролита NaCl различной концентрации. Результаты исследования свидетельствуют, что в первые минуты погружения образцов сплава в раствор электролита NaCl происходит резкое смещение потенциала свободной коррозии (стационарного потенциала) в положительную область. У сплавов с литием стабилизация потенциала свободной коррозии наблюдается в течение 30–40 мин. Ди-

намика изменения потенциала свободной коррозии у сплавов в среде электролита NaCl различной концентрации похожи (см. рис. 2).

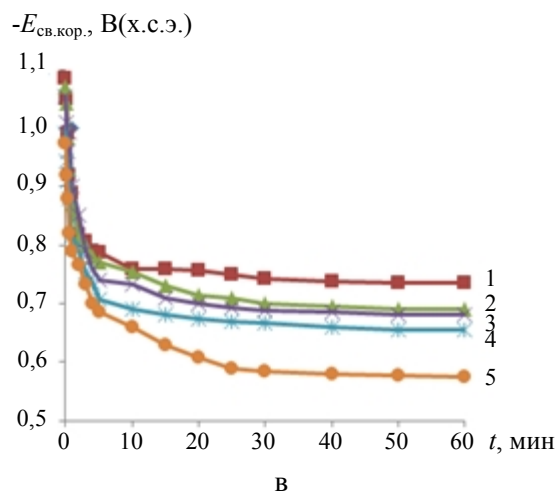
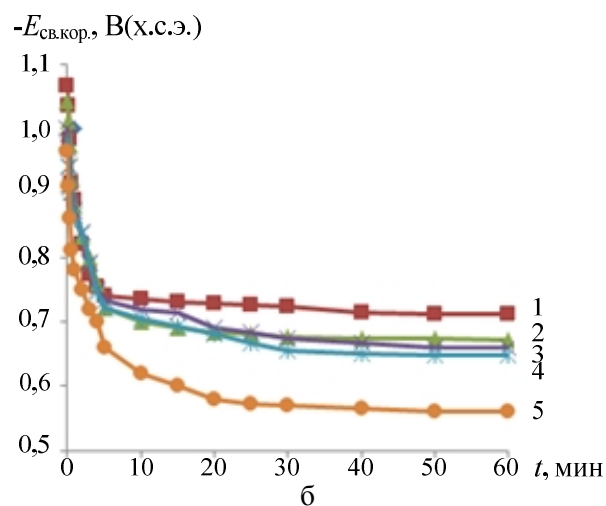
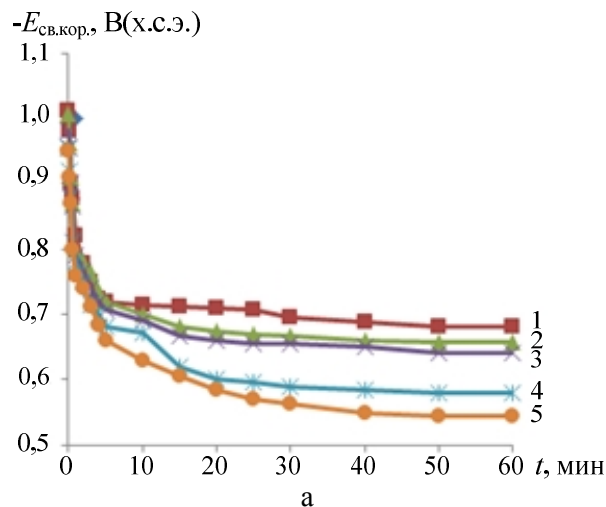


Рис. 2. Временная зависимость потенциала свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$, В) сплава АЖ2.18, содержащего литий, мас. %: 0 (1), 0,005 (2), 0,01 (3), 0,05 (4), 0,1 (5) в среде электролита: 0,03% (а); 0,3% (б) и 3%-ного (в) NaCl

Исследования показывают, что добавки лития, бериллия и магния в пределах 0,005–0,5 мас.% способствуют смещению потенциала свободной коррозии (стационарного потенциала) в положительную область как в среде 3%-ного NaCl, так и в средах 0,3% и 0,03%-ного NaCl. При этом потенциалы питтингообразования и репассивации также смещаются в положительную область значений (см. **табл. 1**).

Скорость коррозии сплавов, содержащих 0,005–0,5% лития, бериллия и магния, в 1,5–2,0 раза меньше, чем у исходного алюминиевого сплава АЖ2,18 (см. **табл. 2**). Добавки лития, бериллия и магния к сплаву АЖ2,18 способствуют снижению скорости анодной коррозии, о чём свидетельствует смещение в более положительную область анодных ветвей потенциодинамических кривых модифицированных сплавов (см. **рис. 3**).

При этом по мере увеличения концентрации хлорид-иона в электролите NaCl скорость коррозии сплавов увеличивается независимо от содержания модифицирующего компонента – лития, бериллия и магния, что сопровождается смещением в положительную область потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации.

Таким образом, установлено положительное влияние модифицирующих добавок лития, бериллия и магния на анодные характеристики и скорости коррозии сплава АЖ2,18 в среде электролита NaCl. Установленные закономерности могут использоваться при разработке состава новых композиций сплавов на основе низкосортного некондиционного алюминия для нужд технологии противокоррозионной защиты.

Плотность тока коррозии и соответственно скорость коррозии сплавов систем АЖ2,18-Li (Be, Mg) с ростом концентрации хлорид-иона увеличивается. Данная зависимость характерна для всех сплавов, независимо от их состава и особенностей физико-химических свойств модифицирующего компонента. При переходе от сплавов, содержащих лития, к сплавам с бериллием наблюдается рост скорости коррозии, далее к сплавам с магнием – его уменьшение, что коррелируется со свойствами самых металлов. Для сплава алюминия с железом также характерен рост скорости коррозии с увеличением концентрации хлорид-иона в электролите (см. **табл. 2**).

Таблица 1

Потенциалы (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св.кorr.}}$, В) и питтингообразования ($-E_{\text{п.о.}}$, В) сплавов систем АЖ2,18-Li, (Be, Mg) в среде электролита NaCl

Среда	Содержание Li, Be, Mg в сплаве, мас.%	Сплавы с Li		Сплавы с Be		Сплавы с Mg	
		$-E_{\text{св.кorr.}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{св.кorr.}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{св.кorr.}}$	$-E_{\text{п.о.}}$
0,03% NaCl	–	0,680	0,500	0,680	0,500	0,680	0,500
	0,005	0,658	0,480	0,680	0,510	0,620	0,480
	0,01	0,640	0,465	0,650	0,500	0,600	0,460
	0,05	0,580	0,440	0,630	0,480	0,530	0,450
	0,1	0,545	0,439	0,600	0,460	0,500	0,420
	0,5	–	–	0,588	0,450	0,484	0,400
0,3% NaCl	–	0,712	0,520	0,712	0,520	0,712	0,520
	0,005	0,672	0,510	0,720	0,520	0,650	0,510
	0,01	0,660	0,500	0,680	0,515	0,610	0,480
	0,05	0,648	0,500	0,657	0,500	0,580	0,460
	0,1	0,560	0,470	0,633	0,500	0,540	0,450
	0,5	–	–	0,620	0,480	0,518	0,444
3% NaCl	–	0,735	0,585	0,735	0,585	0,735	0,585
	0,005	0,690	0,585	0,790	0,540	0,680	0,550
	0,01	0,682	0,540	0,770	0,525	0,620	0,540
	0,05	0,655	0,520	0,720	0,510	0,600	0,520
	0,1	0,576	0,500	0,700	0,510	0,560	0,500
	0,5	–	–	0,684	0,500	0,533	0,500

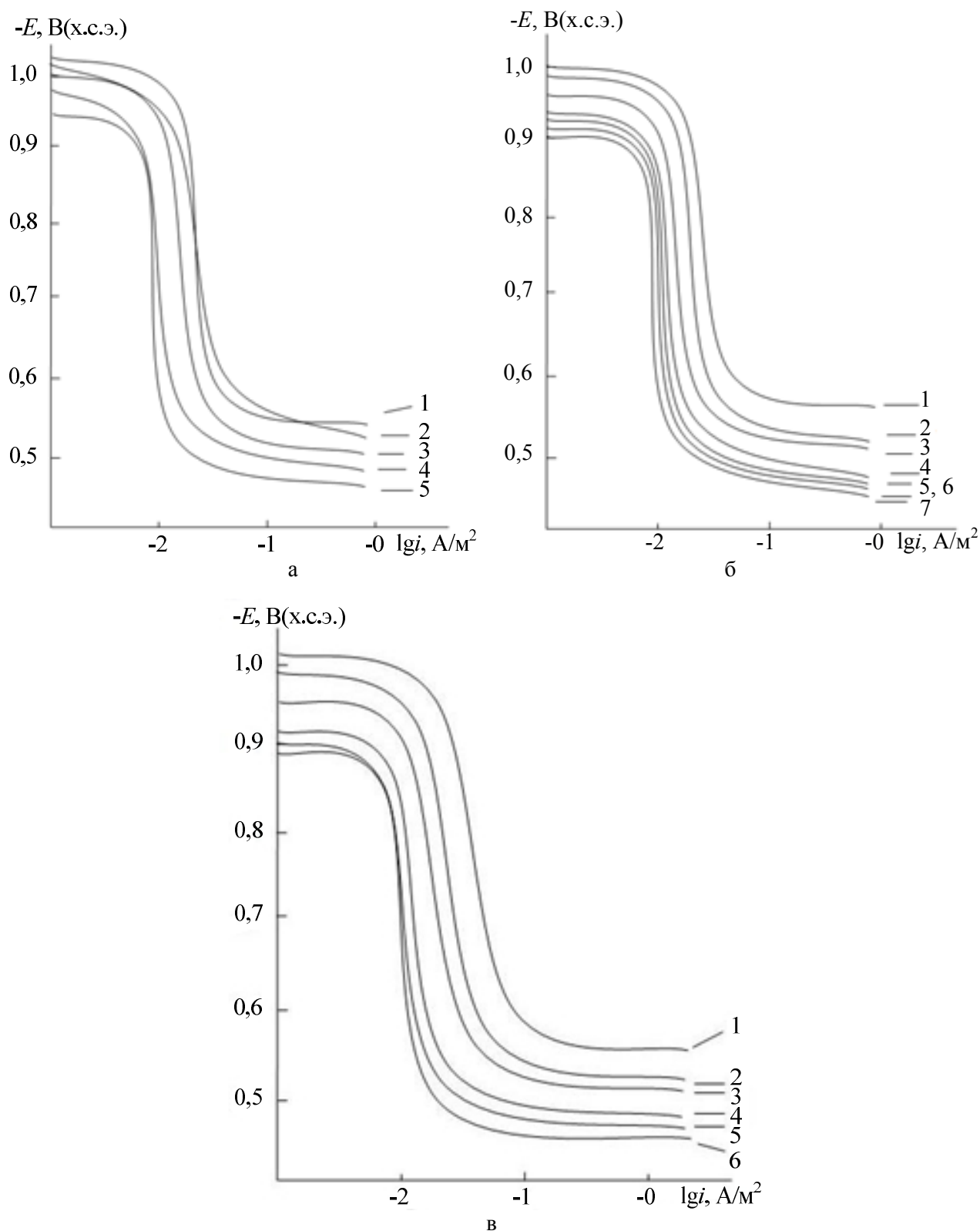


Рис. 3. Анодные ветви потенциодинамических кривых (2 мВ/с) сплавов систем АЖ2,18-Li (Be, Mg), содержащих литий (а), бериллий (б) и магний (в), мас. %: 0.0(1); 0.005(2); 0.01(3); 0.05(4); 0.1(5); 0.5(6), в среде электролита 3 %-ного NaCl

Таблица 2

Зависимость скорости коррозии сплавов систем АЖ2,18%-Li (Be, Mg) в среде электролита NaCl

Среда	Содержание Li, Be, Mg в сплаве, мас.%	Скорость коррозии					
		Сплавы с Li		Сплавы с Be		Сплавы с Mg	
		$i_{\text{корр.}} \cdot 10^{-2}$	$K \cdot 10^{-3}$	$i_{\text{корр.}} \cdot 10^{-2}$	$K \cdot 10^{-3}$	$i_{\text{корр.}} \cdot 10^{-2}$	$K \cdot 10^{-3}$
		А/м ²	г/м ² ·ч	А/м ²	г/м ² ·ч	А/м ²	г/м ² ·ч
0,03% NaCl	–	0,92	3,1	0,92	3,1	0,92	3,1
	0,005	0,73	2,5	0,88	2,95	0,74	2,48
	0,01	0,65	2,2	0,74	2,48	0,68	2,28
	0,05	0,52	1,8	0,69	2,31	0,60	2,01
	0,1	0,48	1,6	0,62	2,07	0,52	1,74
	0,5	–	–	0,60	2,01	0,50	1,67
0,3% NaCl	–	1,10	3,4	1,10	3,4	1,10	3,7
	0,005	0,86	2,9	0,98	3,28	0,82	2,75
	0,01	0,72	2,5	0,86	2,88	0,70	2,35
	0,05	0,63	2,2	0,74	2,48	0,63	2,11
	0,1	0,58	2,0	0,70	2,35	0,54	1,81
	0,5	–	–	0,68	2,28	0,51	1,71
3% NaCl	–	1,12	4,1	1,12	4,1	1,12	4,1
	0,005	0,93	3,2	1,10	3,68	0,86	2,88
	0,01	0,88	3,0	0,96	3,22	0,80	2,68
	0,05	0,74	2,5	0,84	2,81	0,68	2,28
	0,1	0,60	2,3	0,76	2,55	0,56	1,87
	0,5	–	–	0,70	2,35	0,53	1,77

Анодные ветви потенциодинамических кривых сплавов систем Al+2,18%Fe-Li (Be, Mg) в среде 3%-ного NaCl (см. **рис. 3**) показывают, что кривые, относящиеся к модифицированным сплавам, располагаются левее кривой исходного сплава АЖ2,18, т.е. скорость анодной коррозии модифицированных сплавов несколько меньше, чем у исходного сплава АЖ2,18 во всех исследованных средах. Положительное действие лития, бериллия и магния на анодные свойства сплава АЖ2,18 не может объясняться только увеличением истинной поверхности анода или уплотнением защитного фазового слоя окислов малорастворимыми продуктами окисления. Стойкость алюминиево-железовых сплавов также зависит от изменения и модифицирования его структуры при легировании, т.е. от величины кристаллов сплавов [18]. Как известно, модификаторами структуры сплава могут служить металлы, имеющие малую межатомную связь и, следовательно, низкую температуру плавления, малую прочность и твердость [19, 20].

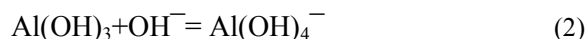
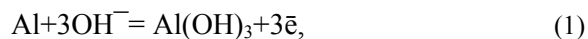
Таким образом, установлено, что модифицирование сплава АЖ2,18 литием, бериллием и магнием до 0,5 мас.% повышает его анодную устойчивость в два раза в среде электролита NaCl. При этом с ростом концентрации модифицирующего компонента отмечается смещение в положительную область потенциалов свободной

коррозии, питтингообразования и репассивации. С увеличением концентрации хлорид-иона указанные потенциалы сплавов уменьшаются, скорость коррозии увеличивается.

Заключение

Как известно, наиболее опасным видом коррозии алюминия и его сплавов является питтинговая коррозия, которую вызывают хлорид-ионы окружающей среды. Этим и объясняется выбор раствора NaCl в качестве коррозионной среды для электрохимических и коррозионных испытаний.

Растворение алюминия в нейтральных средах протекает по следующим реакциям:



Лимитирующий этап процесса определяется скоростью доставки ионов OH^- к поверхности электрода. Кислород выполняет роль деполяризатора в аэрированных нейтральных растворах. На границе раздела металл-раствор протекает его восстановление по реакции



Скорость коррозии в конечном счёте определяется процессом диффузии к электроду растворённого в электролите кислорода. Данный этап

является лимитирующим. При взаимодействии металла с ионами OH^- на поверхности осаждается гидратированный оксид с общей формулой $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ как промежуточный продукт их взаимодействий. Оксид и гидроксид алюминия различной модификации хорошо растворимы в щелочных и кислых средах, но практически нерастворимы в нейтральных растворах, именно этими соображениями объясняется область практического использования алюминия и его сплавов в жидких средах близкие к нейтральным. Оксидные плёнки на алюминии проявляют высокое защитное действие в таких растворах, а равномерная коррозия алюминия и его сплавов, как правило, невелика и протекает на отдельных дефектах оксидной плёнки [10, 11].

Образующийся на алюминии в нейтральных средах пассивирующий оксид имеет низкую электронную проводимость. Плёнка тормозит практически полностью не только анодную реакцию растворения металла, но и сопряжённое катодное восстановление растворённого в электролите кислорода. Формирующиеся на алюминиевых сплавах оксидные плёнки более проводимые. Этим объясняется относительно высокая коррозия алюминиевых сплавов по сравнению с чистым алюминием [10, 11].

Применительно к нашим исследованиям следует отметить, что добавки лития, бериллия и магния к исходному сплаву АЖ2,18, оказывая модифицирующее влияние, существенно изменяют форму кристаллов интерметаллида FeAl_3 от игольчатого к шаровидному, также сокращается их размер. Результатом этого является повышение коррозионной стойкости модифицированных сплавов в 2 раза по сравнению с исходным сплавом. При этом значительно затормаживается анодный процесс коррозии в результате улучшения структуры оксидных пассивных плёнок, уменьшение его электронной проводимости (см. **рис. 3**). Добавки также уменьшают динамику процесса питтинговой коррозии сплавов. Потенциал питтингообразования облагораживается, что способствует уменьшению плотности зарождающихся питтинговых очагов. Так, если у исходного сплава АЖ2,18 величина $E_{\text{п.о.}}$ равняется $-0,585$ В, то у сплава, содержащего 0,1 мас.% лития, $E_{\text{п.о.}}$ составляет $-0,500$ В в той же среде. По мере перехода к более разбавленным средам электролита NaCl разница между $E_{\text{п.о.}}$ исходного сплава и сплава с 0,1 мас.% литием уменьшается и составляет: в среде 3%-ного NaCl $-0,085$ В; в среде 0,3%-ного NaCl $-0,050$ В и в среде 0,03%-ного NaCl $-0,060$ В.

Список литературы

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2013. 81 с.
2. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение). Справочник / под ред. Фридляндера И.Н. К.: КОМИТЕХ, 2005. 365 с.
3. Мондальфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1973. 639 с.
4. Красноярский В.В., Сайдалиев Н.Р. Коррозионно-электрохимические свойства сплавов алюминия с железом в нейтральных растворах // Защита от коррозии и окружающей среды. 1991. Вып. 3. С. 14–19.
5. Влияние технологических факторов на образование дефектов структуры в крупнотоннажных слитках из алюминиевых сплавов серии 1XXX / Фролов В.Ф., Беляев С.В., Губанов И.Ю., Безруких А.И., Костин И.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. №2. С. 25–31.
6. Основные виды и области применения наноструктурированного высокопрочного листового проката / М.В. Чукин, В.М. Салганик, П.П. Полецков [и др.]. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 4. С. 41–44.
7. Chen X.-G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloys // Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production. 2013, pp. 460–465.
8. Grange D.A. Microstructure control in ingots of aluminium alloys with an emphasis on grain refinement // Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production. 2013, pp. 354–365.
9. Geoffrey K. Sigworth Fundamentals of Solidification in Aluminum Castings // International Journal of Metalcasting. 2014. Vol. 8. Iss. 1. P. 7–20.
10. Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Анодные сплавы алюминия с марганцем, железом и редкоземельными металлами. Душанбе: Дониш, 2009. 232 с.
11. Ганиев И.Н., Умарова Т.М., Обидов З.Р. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 198 с.
12. Потенциодинамическое исследование сплава $\text{Al}+2,18\%\text{Fe}$, модифицированного литием в среде электролита NaCl / Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Джайлов Дж.Х. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2016. Т. 59, №2. С. 74–79.
13. Потенциодинамическое исследование сплава $\text{Al}+2,18\%\text{Fe}$, легированного барием / Джайлов Дж.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Азимов Х.Х. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57, №2. С. 97–98.
14. Раджабаев С.С., Ганиев И.Н., Амонов И.Т. Влияние свинца на анодное поведение сплава $\text{Al}+2,18\%\text{Fe}$ // Вопросы материаловедения. 2016. №2 (86). С. 147–152.
15. Анодное поведение сплава $\text{Al}+2,18\%\text{Fe}$, легированного кальцием в среде электролита NaCl / Джайлов Дж.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Азимов Х.Х. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58, №12. С. 38–42.
16. Потенциодинамическое исследование сплава $\text{Al}+6\%\text{Li}$ с

- итрием в среде электролита NaCl / Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Ганиева Н.И., Irene Calliari // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. №2. С. 95–100.
17. Потенциодинамическое исследование сплава АЖ4.5, легированного свинцом в среде электролита NaCl / Одинаев Ф.Р., Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Якубов У.Ш. // Обработка сплошных и слоистых материалов 2016. №2 (45). С. 64–68.
18. Семенченко В.К. Поверхностные явления в металлах и сплавах. М.: Изд-во науч.-техн. лит., 1956. 135 с.
19. Модифицирование силуминов стронцием / Ганиев И.Н., Пархутик Г.А., Вахобов А.В., Куприянова И.Ю. Минск: Наука и техника, 1985. 143 с.
20. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1984. 280 с.

Поступила 25.02.17

Принята в печать 07.06.17.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-45-53>

A COMPARATIVE STUDY OF THE ANODIC BEHAVIOUR OF THE ALLOY AZh2,18 INOCULATED WITH LITHIUM, BERYLLIUM AND MAGNESIUM IN NaCl

Kholiknazar H. Azimov – Postgraduate Student

Nikitin Institute of Chemistry of the Republic of Tajikistan. E-mail: kholikazim@mail.ru

Izatullo N. Ganiev – D.Sc. (Chem.), Professor, Head of Laboratory

Nikitin Institute of Chemistry, member of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. E-mail: ganiev48@mail.ru

Ilkhom T. Amonov – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Tajik Technical University. E-mail: ilhomamonov@mail.ru

Mijgona Sh. Juraeva – Postgraduate Student

Nikitin Institute of Chemistry of the Republic of Tajikistan. E-mail: mijgona88@mail.ru

Abstract

It is a fact that, because of its poor performance characteristics, aluminium with high concentrations of iron, silicon and other impurities fails to find an industrial application. Hence, the development of new aluminium-based alloys appears to be a very important task. One of the promising compositions observed on the aluminium-iron diagram is a eutectic (α -Al+Al₃Fe), which, having a minimum crystallization interval, corresponds to 2.18%(wt.) of iron content. This composition was taken as a model alloy and was inoculated with lithium, beryllium, and magnesium. The objective of this work is to establish what effect the above additives can produce on the corrosion resistance and the electrochemical behaviour of the model alloy of AZh2,18 in the NaCl medium. To achieve this objective, the anodic behaviour of the AZh2,18 alloy inoculated with the above metals was studied on the potentiostat PI-50.1.1 using the potentiostatic method in a potentiodynamic mode with the potential sweep speed of 2 mV/s. It is shown that, in the NaCl electrolyte, as the inoculant concentration increases, the free corrosion potential (or, fixed potential) of alloys travels in the direction of increase of the coordinate axis, whereas as the concentration of chloride ion rises, the fixed potential of alloys travels in the direction of decrease of the coordinate axis. As the chloride ion concentration in the electrolyte increases, the pitting and repassivation potentials of alloys drop. A higher concentration of inoculants in the original AZh2,18 alloy leads to rising pitting and repassivation potentials in all the media regardless of the chloride ion concentration. As the chlo-

ride ion concentration rises, the corrosion current density and, correspondingly, the corrosion rate of the alloys increase, whereas inoculants cut them down twice. These findings can be used for the development of new aluminium-iron alloys applicable in multiple industries.

Keywords: AZh2,18 alloy, lithium, beryllium, magnesium, potentiostatic method, electrochemical corrosion, anodic behaviour, corrosion potential, corrosion rate.

References

1. Luts A.R., Suslina A.A. *Alyuminiy i ego splavy* [Aluminium and aluminium alloys]. Samara: Samara State Technical University, 2013, 81 p. (In Russ.)
2. Beletsky V.M., Krivov G.A. *Alyuminiyevye splavy (Sostav, svoystva, tekhnologiya, primeneniye)* [Aluminum alloys (Composition, properties, technology, application)]. Ed. by I.N. Fridlyander. Kiev: KOMITEKH, 2005, 365 p.
3. Mondolfo L.F. *Struktura i svoystva alyuminiyevykh splavov* [Structure and properties of aluminum alloys]. Moscow: Metallurgiya, 1973, 639 p. (In Russ.)
4. Krasnoyarsky V.V., Saydaliev N.R. The corrosion and electrochemical properties of aluminium-iron alloys in neutral solutions. *Zashchita ot korrozii i okruzhayushchey sredy* [Corrosion and environmental load protection]. Moscow: 1991, vol. 3, pp. 14–19.
5. Frolov V.F., Belyaev S.V., Gubanov I.Yu., Bezrukh A.I., Kostin I.V. Influence of process factors on the formation of structural defects in heavy 1XXX series aluminium alloy ingots. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik

- of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2016, vol. 14, no. 2, pp. 25–31.
6. Chukin M.V., Salganik V.M., Poletskov P.P. et al. Main types of nanostructured high-strength steel sheets and their application. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2014, no. 4, pp. 41–44.
 7. Chen X.-G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloys. *Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production*. 2013, pp. 460–465.
 8. Grange D.A. Microstructure control in ingots of aluminium alloys with an emphasis on grain refinement. *Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production*. 2013, pp. 354–365.
 9. Geoffrey K. Sigworth *Fundamentals of Solidification in Aluminum Castings*. International Journal of Metalcasting. 2014, vol. 8, iss. 1, pp. 7–20.
 10. Umarova T.M., Ganiev I.N. *Anodnye splavy alyuminiya s margantsem, zhelezom i redkozemelnymi metallami* [Aluminium anode alloys with manganese, iron and rare earth metals]. Dushanbe: Donish, 2009, 232 p.
 11. Ganiev I.N., Umarova T.M., Obidov Z.R. *Korroziya dvoynykh alyuminiyevykh splavov v neytralnykh sredakh* [Corrosion of binary aluminium alloys in neutral media]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, 198 p.
 12. Azimov Kh.Kh., Ganiev I.N., Amonov I.T., Djayloev Dj.Kh. Potentiodynamic study of the alloy Al+2.18%Fe inoculated with lithium in the NaCl medium. *Izvestiya vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Proceedings of Russian Universities. Chemistry and chemical technology], 2016, vol. 59, no. 2, pp. 74–79. (In Russ.)
 13. Dzjayloev Dj.Kh., Ganiev I.N., Amonov I.T., Azimov Kh.Kh. Potentiodynamic study of the alloy Al+2.18%Fe doped with barium. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Proceedings of Russian Universities. Chemistry and chemical technology], 2014, vol. 57, no. 2, pp. 97–98. (In Russ.)
 14. Radjabaliev S.S., Ganiev I.N., Amonov I.T. The effect of lead on the anodic behaviour of the alloy Al+2.18%Fe. *Vo-prosy materialovedeniya* [Problems of materials engineering], 2016, no. 2 (86), pp. 147–152. (In Russ.)
 15. Djayloev Dj.Kh., Ganiev I.N., Amonov I.T., Azimov Kh.Kh. Anodic behaviour of the alloy Al+2.18%Fe doped with calcium in the NaCl medium. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Proceedings of Russian Universities. Chemistry and chemical technology], 2015, vol. 58, no. 12, pp. 38–42. (In Russ.)
 16. Nazarov Sh.A., Ganiev I.N., Norova M.T., Ganieva N.I. Irene Calliari. Potentiodynamic study of the alloy Al+6% Li with yttrium in the NaCl medium. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2016, vol. 14, no. 2, pp. 95–100. (In Russ.)
 17. Odinaev F.R., Ganiev I.N., Safarov A.G., Yakubov U.Sh. Potentiodynamic study of the alloy AZh4.5 doped with lead in the NaCl medium. *Obrabotka sploshnykh i sloistykh materialov* [Processing of solids and laminates], 2016, no. 2 (45), pp. 64–68. (In Russ.)
 18. Semenchenko V.K. *Poverkhnostnye yavleniya v metallakh i splavakh* [Surface phenomena in metals and alloys]. Moscow, 1956, 135 p. (In Russ.)
 19. Ganiev I.N., Parkhutik G.A., Vakhobov A.V., Kupriyanova I.Yu. *Modifitsirovanie siluminov strontsiem* [Modification of silumins with strontium]. Minsk: Science and technology. 1985, 143 p. (In Russ.)
 20. Maltsev M.V. *Modifitsirovanie struktury metallov i splavov* [Structural modification of metals and alloys]. Moscow: Metallurgiya, 1984, 280 p. (In Russ.)

Received 25/02/17

Accepted 07/06/17

Образец для цитирования

Сравнительное исследование анодного поведения сплава АЖ2,18, модифицированного литием, бериллием и магнием, в среде электролита NaCl / Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Джураева М.Ш. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. №3. С. 45–53. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-45-53>

For citation

Azimov Kh.H., Ganiev I.N., Amonov I.T., Juraeva M.Sh. A comparative study of the anodic behaviour of the alloy AZh2,18 inoculated with lithium, beryllium and magnesium in NaCl. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2017, vol. 15, no. 3, pp. 45–53. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-45-53>