

# Закономерности электрохимического растворения сплава Л-62 в хлоридных растворах

Э. Б. Хоботова<sup>а</sup>, Л. М. Егорова<sup>а</sup>, В. И. Ларин<sup>б</sup>, О. А. Бешенцева<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,  
ул. Петровского, 25, г. Харьков, 61002, Украина, e-mail: [chemistry@khadi.kharkov.ua](mailto:chemistry@khadi.kharkov.ua)

<sup>б</sup>НИИ химии при Харьковском национальном университете им. В.Н. Каразина,  
пл. Свободы, 4, г. Харьков, 61022, Украина, e-mail: [vasili.i.Larin@univer.kharkov.ua](mailto:vasili.i.Larin@univer.kharkov.ua)

Изучен механизм электрохимической ионизации и пассивации латуни Л-62 в хлоридных растворах различного состава. Показано, что электрохимическое растворение сплава Л-62 в концентрированных хлоридных растворах контролируется ионизацией его медной компоненты. Исследованы селективность растворения компонентов латуни Л-62 и модификация поверхности сплава при электрохимическом травлении в хлоридных растворах. Показано, что равномерное электрохимическое растворение  $\alpha$ -латуни протекает в кислой среде в присутствии ионов хлора и окислителя  $Fe^{3+}$ .

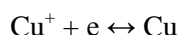
*Ключевые слова:* латунь, ионизация, травильный раствор, селективность растворения.

УДК 621.794.42:546.56

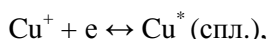
## ВВЕДЕНИЕ

Возрастающее применение микроэлектронных компонентов в электронной технике обуславливает расширение спектра используемых печатных плат. Это стандартные платы для выводных компонентов, платы для поверхностного монтажа, модемные платы для персональных компьютеров, мультичиповые модули, высокочастотные платы, платы с оптическим интерфейсом и т.п. [1–5]. В технологиях их изготовления практическую значимость имеют анодные процессы с участием металлов, а именно меди и ее сплавов. Изучение механизмов процессов химического и электрохимического растворения меди и ее сплавов необходимо для управления кинетикой, селективностью процессов травления и повышения их эффективности.

Механизм анодного растворения  $\alpha$ -латуни в хлоридных средах рассмотрен в работах [4–6]. Авторами описано начальное селективное растворение цинка, приводящее к созданию поверхностного слоя, обогащенного медью с неравновесными вакансиями. Анодное растворение как чистой меди, так и меди с поверхности латуни протекает с формированием прочных комплексов  $CuCl_n^{1-n}$  [7]. Образующиеся при их диссоциации ионы  $Cu^+$  вступают в равновесную реакцию с медью:



– и определяют ее потенциал. В случае латуни потенциалопределяющая реакция имеет иной вид:



где  $Cu^*$  (спл.) – атомы меди в поверхностном слое латуни с повышенной активностью, образо-

вавшиеся в результате селективного растворения цинка.

Вследствие повышенной активности  $Cu^*$  (спл.) стационарный потенциал латуни более отрицательный по сравнению со стационарным потенциалом меди в собственной фазе при той же концентрации ионов последней. Это обстоятельство приводит к тому, что ионы  $Cu^+$ , образовавшиеся при анодном окислении латуни, восстанавливаются в собственную фазу. При восстановлении концентрация ионов  $Cu^+$  уменьшается в приэлектродном слое раствора, поэтому стационарный потенциал латуни должен смещаться в отрицательную сторону. По этому признаку можно делать вывод о наличии обесцинкования латуни [7].

Показано [8], что при переменноточковой поляризации  $\alpha$ -латуни в хлоридных средах первый анодный полупериод растворения сплава контролируется диффузией комплексов  $CuCl_2^+$  от электрода в раствор. Таким образом, контролирующей стадией анодного растворения  $\alpha$ -латуни является растворение благородного компонента.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

При растворении сплавов каждый из компонентов проявляет свои электрохимические свойства. Экспериментальные исследования электрохимической ионизации латуни [9] заложили основы современных представлений об анодном растворении интерметаллических фаз. А.В. Введенским показано [10–11], что состояние неравновесного слоя, образующегося при селективном растворении гомогенной системы, определяет особенности ионизации и электрохимические свойства сплава, изменение его электрокаталитической активности сплавов.

При всем многообразии литературных данных в настоящее время нет единой теории химического и электрохимического растворения металлов. Исследование процессов электрохимического растворения меди и ее сплавов очень важно для создания единой теории, связывающей процессы, протекающие в жидкой фазе и на поверхности «металл-раствор», для развития теории пассивации и для решения ряда прикладных проблем размерного травления металлов и сплавов.

Цель работы – изучение закономерностей электрохимического растворения сплава Л-62 в хлоридных растворах и топографии его поверхности.

#### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Электрохимические поляризационные измерения проводились на потенциостате ПИ-50-1.1 с программатором ПР-8. Получены циклические вольтамперограммы (ЦВА) при растворении сплава Л-62 ( $\alpha$ -латунь) в растворах NaCl, HCl и FeCl<sub>3</sub> различных концентраций в интервале потенциалов  $E = -0,2 \div 2,0$  В с разверткой потенциала  $V = 2 \cdot 10^{-2}$  В/с. Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод, вспомогательным электродом – платиновая пластина. Перед измерениями вспомогательный Pt-электрод в течение двух минут декапировали в концентрированной азотной кислоте, после чего тщательно промывали. Выбрана стандартная исходная обработка поверхности дискового электрода, заключающаяся в механической зачистке и шлифовке, обезжиривании, химической полировке в растворе H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Все значения  $E$  в работе приведены относительно водородного электрода. Точность поддержания потенциала составляет  $\pm 3 \cdot 10^{-3}$  В. Погрешность установления поляризующего тока равна  $\pm 2\%$ . Погрешность вольтметра В7-21 на границе измерения –  $1 \text{ В} \pm 0,7\%$ .

Измерения проводили при  $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Термостатирование осуществляли при помощи термостата УТ-15 У 42. Рабочая ячейка была снабжена «рубашкой», через которую постоянно прокачивалась дистиллированная вода из термостата. Опыты проводили при закрытой крышке, оснащенной держателями для электродов. Капилляр Луггина-Габера подвели к самой поверхности рабочего электрода. Площадь латунной поверхности электрода –  $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ .

Концентрации ионов Cu(II) и Zn(II) в травильных растворах определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Сатурн» при длине волны для цинка 213,9 нм, для меди – 324,8 нм.

Морфологические особенности поверхности электрода изучали методом электронно-зондового микроанализа (ЕРМА) на сканирующем

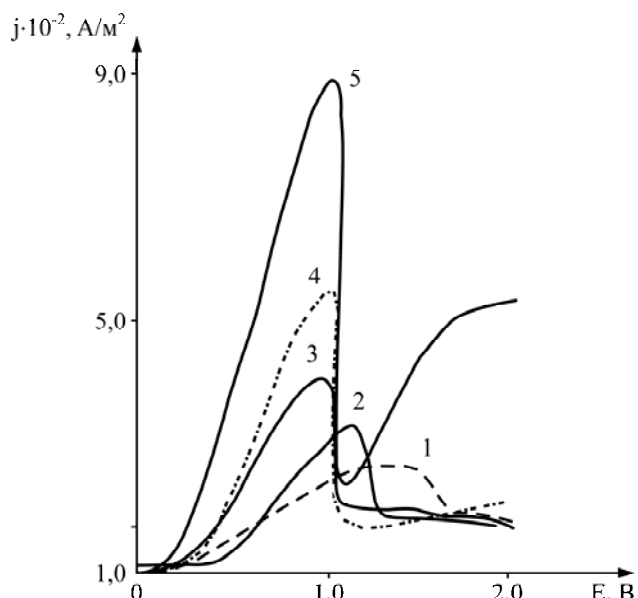
электронном микроскопе JSM-6390 LV с системой рентгеновского микроанализа INCA. Исследование шероховатости электродов и разницы в наноразмерных особенностях морфологии образцов электродов проводили на сканирующем зондовом микроскопе NT-206 с зондом CSC-37 кантилевер.

Минералогический состав осадков малорастворимых соединений, образующихся в отработанных травильных растворах, определяли с помощью рентгенофазового анализа на порошковом дифрактометре Siemens D500 в медном излучении с графитовым монохроматором [12]. Первичный поиск фаз выполнен по картотеке PDF-1 [13], после чего расчет рентгенограмм уточнен по методу Ритвельда с использованием программы FullProf [14].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

##### *Влияние состава электролита на электрохимическое растворение сплава Л-62*

Исследовано влияние ионов хлора на электрохимическое растворение сплава Л-62. На рис. 1 представлены анодные поляризационные кривые для сплава Л-62 в растворах NaCl различной концентрации. Со сдвигом потенциала в анодную область увеличивается плотность тока, наклон  $dj/dE > 0$  (рис. 1, кривые 1–5). Активное растворение латуни в растворах 0,5–2,0 моль/л NaCl (рис. 1, кривые 3–5) наблюдается в интервале потенциалов 0–0,8 В.



**Рис. 1.** Анодные поляризационные кривые для сплава Л-62 в растворах NaCl концентрации, моль/л: 1 – 0,1; 2 – 0,25; 3 – 0,5; 4 – 1,0; 5 – 2,0 при  $V = 2 \cdot 10^{-2}$  В/с и  $\omega = 0$  об/с.

Для разбавленных растворов (рис. 1, кривые 1, 2) тафелевские участки кривых более продолжительны по интервалу потенциалов. Среда растворов NaCl нейтральна, поэтому увеличение

угла наклона  $j$ ,  $E$ -кривых обусловлено только активирующим действием ионов хлора. Подобное влияние анионов на электрохимическое растворение металлов отмечено в работе [15], а именно повышение концентрации ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  в растворе сопровождается увеличением скорости процесса растворения металлической фазы. Наблюдающийся максимум плотности тока  $j$  свидетельствует о наступлении пассивации поверхности сплава. Максимум  $j$  возрастает с увеличением  $C_{\text{Cl}^-}$ . Таким образом проявляется активирующее действие ионов хлора.

В пассивной области скорость растворения сплава практически не зависит от потенциала (рис. 1, кривые 1–4), что связано с увеличением количества пассивных соединений на его поверхности. Потенциал пассивации  $E_{\text{п}}$ , при котором начинается переход металла из активного состояния в пассивное, лежит в интервале 0,8–0,9 В (рис. 1, кривые 3–5). Для кривых 1, 2 пассивация наступает при более высоких значениях анодного потенциала. Наступление пассивации при меньших  $E_{\text{п}}$  с ростом концентрации ионов хлора можно объяснить облегчением осаждения  $\text{CuCl}$  из приэлектродного слоя, чему способствует параллельно протекающее химическое растворение меди. Однако интервал пассивации в области высоких  $C_{\text{Cl}^-}$  короткий (рис. 1, кривая 5), пассивное состояние металла или сплава частично либо полностью нарушается введением в раствор анионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  [15]. Новый подъем  $j$  с ростом потенциала наблюдается в 2,0М растворе хлорида натрия. Процесс нарушения пассивности вблизи потенциала полной пассивации  $E_{\text{пп}}$  авторы [16] связывают с возникновением в дефектных местах пассивного слоя очагов быстрого растворения, которые затем превращаются в питтинги. Решающее значение при возникновении питтингов имеет конкуренция между пассивным действием воды и активирующим действием анионов хлора.

На форму  $j$ ,  $E$ -кривых оказывает влияние ряд факторов, одним из которых является рН среды [16]. Известно, что в области низких рН, где концентрация ионов  $\text{OH}^-$  мала и доля занятой ими поверхности металла незначительна, анионы  $\text{Cl}^-$  могут адсорбироваться на свободной поверхности. В этих условиях скорость растворения возрастает при увеличении общей концентрации анионов [17]. Для выявления влияния кислотности раствора на электрохимическое растворение сплава получены анодные поляризационные кривые для латуни Л-62 в растворах  $\text{HCl}$  различной концентрации. Для кривых 1–5 (рис. 2) наблюдается большой угол наклона участка активного растворения сплава и увеличение максимумов  $j$  по сравнению с растворами  $\text{NaCl}$ , что

можно связать не только с влиянием ионов хлора на электрохимическое растворение сплава, но и ионов  $\text{H}^+$ . В кислой среде облегчается химическое растворение цинковой составляющей сплава.

На кривых 1–3 (рис. 2) зарегистрированы два экстремума  $j$ . В работе [18] показано, что появление двух пиков на поляризационных кривых меди связано с изменением структуры пассивного слоя  $\text{CuCl}$  от рыхлого до плотноупакованного по мере роста анодного потенциала.

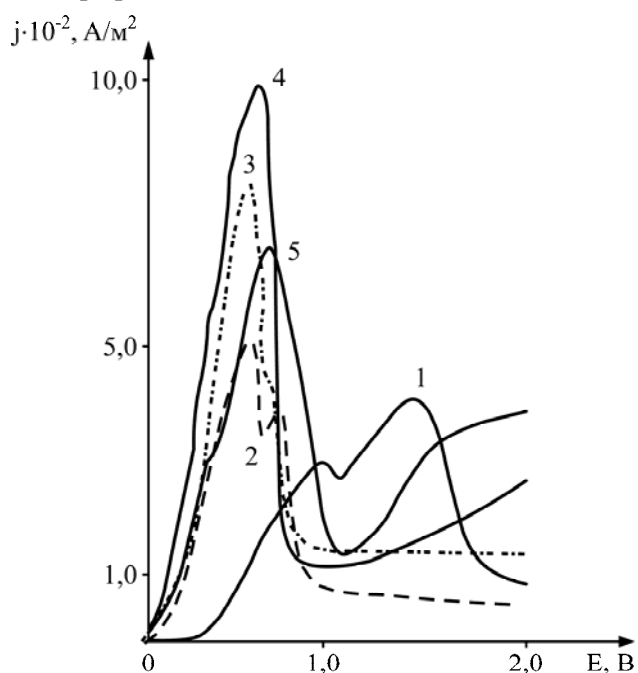


Рис. 2. Анодные поляризационные кривые для сплава Л-62 в растворах  $\text{HCl}$  концентрации, моль/л: 1 – 0,1; 2 – 0,25; 3 – 0,5; 4 – 1,0; 5 – 2,0 при  $V = 2 \cdot 10^{-2}$  В/с и  $\omega = 0$  об/с.

При высоких концентрациях ионов хлора второй пик анодного растворения меди исчезал, что связано с формированием рыхлой поверхностной фазы  $\text{CuCl}$ . По мере увеличения концентрации растворов  $\text{HCl}$  второй максимум тока при растворении латуни выражен в меньшей степени и на кривой 3 проявляется в виде изгиба кривой. Это объясняется тем, что в области потенциалов  $E \geq E_{\text{п}}$  может происходить как пассивация сплава Л-62, так и нарушение пассивности ионами  $\text{Cl}^-$ . Причем с увеличением концентрации растворов  $\text{HCl}$  преобладает второй процесс.

Пассивация латуни может наступить не только за счет анодной поляризации, но и при введении в раствор окислителя. В работе [15] показано, что интенсивность питтинговой коррозии металлов повышается в присутствии растворенного кислорода и ионов  $\text{Fe}^{3+}$ . Введение ионов железа (III) в раствор хлоридов приводило к смещению потенциала металла до критического значения и образованию питтингов [15]. Активность окислителя определяется природой металла, величиной рН, природой и концентрацией

коррозионно-активного аниона, температурой и скоростью перемешивания раствора.

Для исследования влияния ионов окислителя на форму  $j$ ,  $E$ -кривой получены анодные поляризационные кривые на сплаве Л-62 в растворах хлорида железа (III) различной концентрации (рис. 3). Для 0,1М раствора  $\text{FeCl}_3$  анодная поляризационная кривая характеризуется областью активного растворения сплава (рис. 3, кривая 1) и сохранением пассивации латунного электрода.

Экстремум  $j$  наблюдается при  $E_n = +1,1$  В. По мере увеличения  $E$  пассивная область переходит в область перепассивации. С ростом концентрации  $\text{FeCl}_3$  наклон активационной ветви увеличивается (рис. 3, кривые 2, 3). На  $j$ ,  $E$ -кривых также наблюдается второй максимум  $j$ , исчезающий с ростом концентрации растворов (рис. 3, кривая 4).

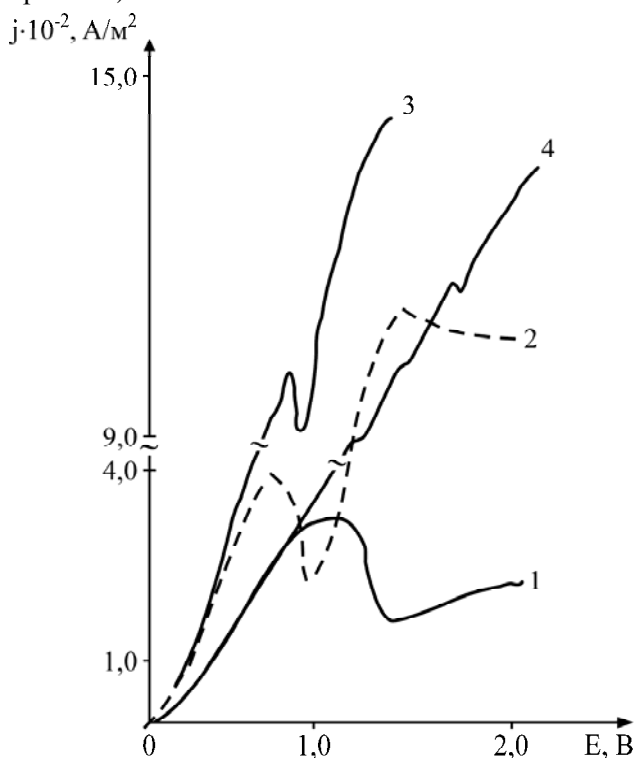


Рис. 3. Анодные поляризационные кривые для сплава Л-62 в растворах  $\text{FeCl}_3$  концентрации, моль/л: 1 – 0,1; 2 – 0,25; 3 – 0,5; 4 – 2,0 при  $V = 2 \cdot 10^{-2}$  В/с и  $\omega = 0$  об/с.

Анодные  $j$ ,  $E$ -кривые для сплава Л-62 в растворах хлорида железа (III) подобны таковым для меди. В работе [18] показано, что области минимума тока соответствует образование на поверхности меди малорастворимого соединения  $\text{CuCl}$ , в области высоких анодных поляризаций образуется  $\text{CuO}$ .

При дальнейшем увеличении потенциала наблюдается новый подъем тока, соответствующий растворению сформировавшегося слоя и образованию ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{CuCl}^+$  и соединения  $\text{CuCl}_2$ . Растворение меди продолжается до наступления новой пассивации соединениями меди (II).

### Селективность электрохимического растворения компонентов сплава Л-62

Селективность растворения компонентов сплава Л-62 (элементный состав, масс. %:  $\text{Cu} - 61,3$ ,  $\text{Zn} - 37$ ,  $\text{Al} - 0,24$ ,  $\text{Si} - 0,19$ ) оценивали по величине коэффициентов селективности растворения  $Z$ . Результаты представлены в табл. 1. Например,  $Z_{\text{Zn}}$  рассчитывали по формуле

$$Z_{\text{Zn}} = \frac{(\text{Zn/Cu})_{\text{раствор}}}{(\text{Zn/Cu})_{\text{сплав}}},$$

где концентрации  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  в растворе определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии, а  $(\text{Zn/Cu})_{\text{сплав}}$  – это отношение содержания компонентов в сплаве.

В растворе 0,5 М  $\text{NaCl}$  выражено селективное растворение медной компоненты сплава,  $Z_{\text{Cu}}$  превышает  $Z_{\text{Zn}}$  в 11,7 раза. В растворах  $\text{HCl}$   $Z_{\text{Zn}}$  превышает  $Z_{\text{Cu}}$  в 6,8 раза. Этот факт можно объяснить тем, что для цинка основным фактором растворения является кислотность раствора (табл. 1).

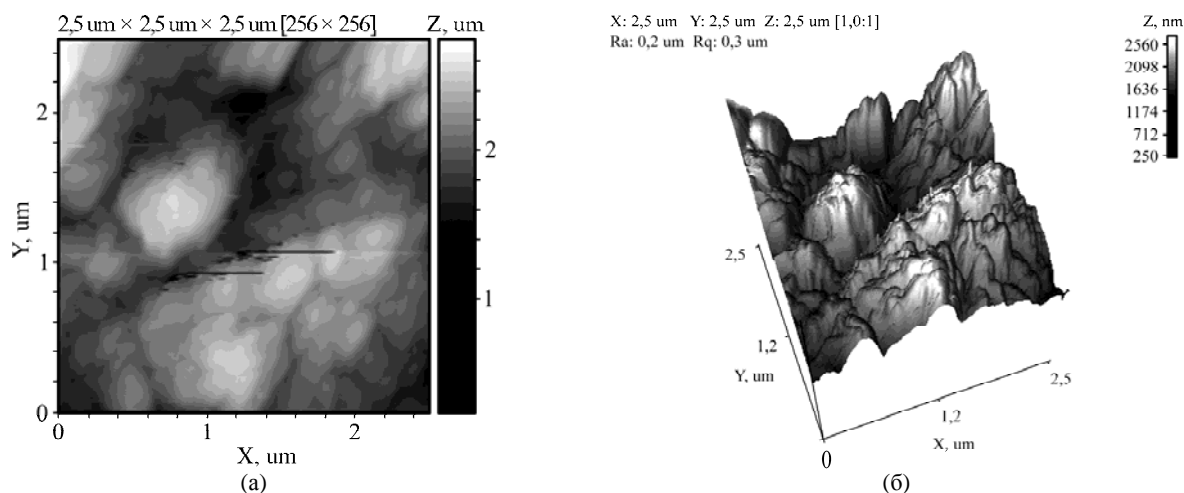
Таблица 1. Количественные показатели селективности ионизации сплава Л-62 при электрохимическом растворении в потенциостатическом режиме в течение 120 мин в хлоридных электролитах различного состава

Концентрация раствора, моль/л	$E$ , В	Концентрации ионов, моль/л		Коэффициенты селективности	
		$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$Z_{\text{Cu}}$	$Z_{\text{Zn}}$
0,5 HCl	1,1	$4 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	0,39	2,66
0,5 NaCl	0,9	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$0,27 \cdot 10^{-3}$	3,5	0,3
0,1 $\text{FeCl}_3$	1,2	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	0,73	1,4

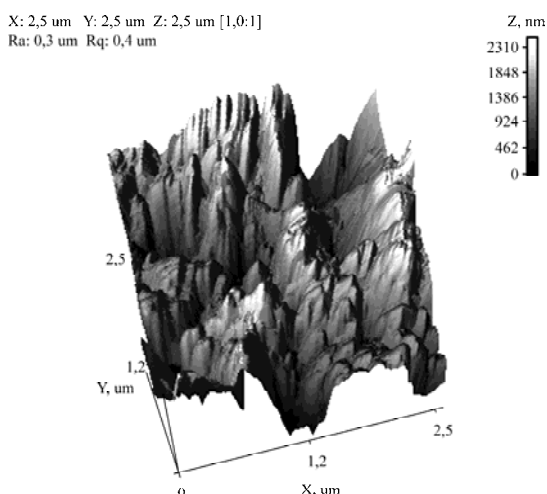
Данные табл. 1 подтверждаются результатами электронно-зондового микроанализа поверхности латунного электрода после травления в хлоридных растворах (табл. 2). После травления в поверхностном слое латуни изменилось соотношение компонентов сплава  $\text{Cu/Zn}$  по сравнению с их соотношением в первоначальном сплаве:  $61,63/37,94 = 1,62$ . Обогащение медью поверхности свидетельствует о селективном растворении цинка, что более выражено после травления в кислых растворах  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{HCl}$ .

Таблица 2. Массовые доли и соотношение меди и цинка в поверхностном слое сплава Л-62

Электролит, моль/л	Массовая доля компонента в поверхностном слое сплава, %		Соотношение компонентов $\text{Cu:Zn}$ в поверхностном слое сплава
	$\text{Cu}$	$\text{Zn}$	
0,5 NaCl	18,21	44,44	0,5
0,5 HCl	54,86	29,14	1,88
0,1 $\text{FeCl}_3$	63,25	21,4	2,95



**Рис. 4.** Карты поверхности образца сплава Л-62 после электрохимического травления в 0,5 М NaCl в течение 120 мин: (а) – 2D-; (б) – 3D-карта.

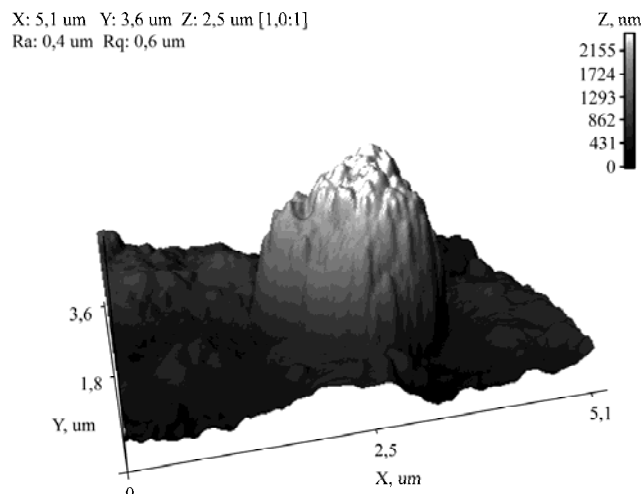


**Рис. 5.** 3D-карта поверхности образца сплава Л-62 после электрохимического травления в 0,1М FeCl<sub>3</sub>.

В растворах хлорида железа (III) наблюдается превышение  $Z_{Zn}$  над  $Z_{Cu}$  только в 1,9 раза (табл. 1), то есть в растворах хлорида железа (III) процесс растворения сплава становится более равномерным. Из этого можно заключить, что равномерности электрохимического растворения  $\alpha$ -латуни способствуют присутствие ионов хлора, окислителя и кислая среда раствора.

Морфология поверхности сплава Л-62 после электрохимического травления в хлоридных растворах изучена при электрохимическом травлении растворов NaCl, FeCl<sub>3</sub> и HCl в потенциостатическом режиме в течение 120 мин. Выбор концентраций растворов обусловлен наименьшим значением  $j_{II}$  по анодным поляризационным кривым, полученным в потенциодинамическом режиме (рис. 1–3).

Исследования наноструктуры поверхности электродов осуществляли на полях  $2,5 \times 2,5$  мкм. Соответствующие 2D- и 3D-карты поверхности протравленного латунного электрода приведены на рис. 4–6. Топография поверхности сплава Л-62, подвергнутого анодной поляризации при потенциале  $E_{II} = +0,9$  В в 0,5М NaCl, приведена на рис. 4.



**Рис. 6.** 3D-карта поверхности образца сплава Л-62 после электрохимического травления в 0,5М HCl.

Анализируя топографию образца латунного электрода, можно отметить достаточную равномерность основной поверхности. Глубина протравливания колеблется в пределах 1,86–2,1 нм.

На поверхности формируются эллиптические структуры кристаллитов размером 100–200 нм. Из данных кристаллитов образованы более крупные структуры произвольной формы, повторяющие микрорельеф подложки.

Особенности топографии поверхности сплава Л-62, подвергнутого анодной поляризации при потенциале  $E_{II} = +1,2$  В в 0,1М FeCl<sub>3</sub>, представлены на рис. 5.

Основная часть поверхности образца характеризуется высотой 1200–1600 нм, интервал более узкий, чем при травлении в растворе NaCl. Характерны размеры поверхностных кристаллитов – 80–180 нм. Кристаллиты образуют плотную пленку на поверхности электрода, которая повторяет микрорельеф подложки. На образце наблюдается наличие глубоких проколов, что, очевидно, связано с условием формирования пленки. Представляет интерес топография поверхности латунного образца после травления в 0,5М HCl (рис. 6). Отличительной чертой по-

верхности латуни является присутствие крупных зерен в виде пиков, характеризующихся более тонкой субструктурой. Подобные агломераты расположены на поверхности образца в произвольном порядке. Их присутствие – это результат обесцинкования сплава Л-62 в кислой среде.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, обоснована зависимость механизма электрохимического растворения сплава Л-62 от состава электролита: концентрации аниона, кислотности и присутствия окислителя. Показано, что ионы хлора в области высоких концентраций оказывают активирующее действие на процесс электрохимического растворения сплава Л-62 и нарушают пассивацию его поверхности.

Активация растворения латуни в кислой среде связана с облегчением растворения цинка, что подтверждается сравнением количественных показателей селективности ионизации компонентов сплава Л-62 в хлоридных растворах различного состава. Введение в хлоридный раствор ионов окислителя  $Fe^{3+}$  интенсифицирует активное растворение латуни при сохранении пассивации.

Методом атомно-силовой микроскопии оценены качество обработки поверхности и равномерность растворения сплава Л-62 в зависимости от экспериментальных условий. Обоснованы условия равномерного электрохимического травления сплава Л-62: кислая среда и присутствие ионов хлора и  $Fe(III)$ , что характерно для растворов  $FeCl_3$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасов С. Средства производства современных печатных плат. Оборудование и линии травления фирмы RESCO. *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2005, (6), 66–69.
2. Флеров В.Н. *Химическая технология в производстве радиоэлектронных деталей*. М.: Радио и связь, 1988. 104 с.
3. Евженко В. Рынок печатных плат стран Восточной Европы. *Технологии в электронной промышленности*. 2008, (4), 4–8.
4. Ситников А.Д., Пчельников А.П., Маршаков И.К., Лосев В.В. Обесцинкование  $\alpha$ -латуни при коррозии в хлоридных растворах. *ДАН СССР*. 1978, **240**(5), 1164–1167.
5. Кондрашин В.Ю., Боков Г.А., Маршаков И.К. Начальное селективное растворение  $\alpha$ - и  $\beta$ -латуни и их склонность к обесцинкованию. *Защита металлов*. 1994, **30**(3), 229–233.
6. Лосев В.В., Пчельников А.П., Маршаков А.И. Особенности электрохимического поведения селективно-растворяющихся сплавов. *Электрохимия*. 1979, **15**(6), 837–842.
7. Чан Фыонг Зунг, Тутукина Н.М., Маршаков И.К. Склонность латуни к обесцинкованию в хлоридных средах. *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2009, **11**(4), 349–353.
8. Маршаков И.К., Куксина О.Ю., Кондрашин В.Ю. Характер растворения и парциальные электродные процессы при переменноточковой инфранизкочастотной поляризации латуни в хлоридных средах. I.  $\alpha$ -латунь  $Cu_{20}Zn$ . *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2007, **43**(2), 128–134.
9. Маршаков И.К. Электрохимия интерметаллических фаз. *Конденсированные среды и межфазные границы*. 1999, **1**(1), 5–9.
10. Vvedenskii A.V. Reorganization of the Surface of the Alloy after Selective Anodic Dissolution / A.V. Vvedenskii, I.K. Marshakov. *Electrochim Acta*. 1991, **36**(5/6), 905–910.
11. Введенский А.В., Маршаков И.К. Анодное растворение гомогенных сплавов при ограниченной мощности вакансионных стоков. *Электрохимия*. 1994, **30**(4), 459–472.
12. Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.А. *Рентгеноструктурный анализ*. Т. 1. М.: Изд-во МГУ, 1964. 264 с.
13. *JCPDS PDF-1 File. International Committee for Diffraction Data, release*. 1994. PA, USA.
14. Rodriguez-Carvajal J., Roisnel T. FullProf. 98 and WinPLOTR: New Windows 95/NT Applications for Diffraction. Commission for Powder Diffraction, International Union of Crystallography. *Newsletters*. 1998, No. 20, (May–August).
15. Колотыркин Я.М. Влияние анионов на кинетику растворения металлов. *Успехи химии*. 1962, **31**(3), 322.
16. Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыксин И.Е. *Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите*. Л.: Химия, 1972. 239 с.
17. Антропов Л.И. *Теоретическая электрохимия*. М.: Высшая школа, 1984. 519 с.
18. Ларин В.И., Хоботова Э.Б., Даценко В.В., Егорова Л.М., Добриян М.А. *Электрохимическое растворение меди и ее сплавов в растворах различного состава и создание технологических процессов регенерации отработанных травильных растворов*. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. 204 с.

Поступила 26.11.12

После доработки 02.06.13

### Summary

The mechanism of electrochemical ionization and passivation of brass Cu 62 Zn in chloride solutions has been studied. The electrochemical dissolution of Cu 62 Zn alloy in concentrated chloride solutions is shown to be controlled by ionization of the copper component in the alloy. The dissolution selectivity of brass Cu 62 Zn components and surface modification of the alloy during electrochemical etching have been studied. A possibility has been described of the smooth electrochemical dissolution of  $\alpha$ -brass in an acid medium, in the presence of chlorine ions and oxidizer  $Fe^{3+}$ .

**Keywords:** brass, ionization, etching solution, dissolution selectivity.