

## АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВОВ СВИНЦА С АЛЮМИНИЕМ В СРЕДЕ NaCl

© 2013 М.А. Умаров<sup>1</sup>, И.Н. Ганиев<sup>1</sup>, Х.А. Махмадуллоев<sup>2</sup><sup>1</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе<sup>2</sup>Министерство энергетики и промышленности Республики Таджикистан, г. Душанбе

Поступила в редакцию 15.01.2013

Потенциодинамическим методом исследовано коррозионно-электрохимическое поведение сплава свинца, легированного алюминием в среде электролита NaCl. Показано, что добавки алюминия уменьшают скорость коррозии свинца в 2 раза в электролите NaCl.

Ключевые слова: свинец, алюминий, потенциодинамика, электрохимическое поведение, коррозионная стойкость, электролит NaCl, питтингоустойчивость.

По мере расширения сферы и ужесточения условий использования металлов становится все более очевидным, что с помощью одних только эмпирических методов, даже существенно усовершенствованных, можно решить весьма ограниченный круг задач, и что основой дальнейшего прогресса в этой области должны стать фундаментальные исследования процессов коррозии.

Свинец встречается в природе в виде минерала галенита PbS. В электрохимическом ряду напряжений металлов стоит перед водородом. Свинец и его сплавы используют для изготовления защитных оболочек электрических кабелей, оборудования для использования серной кислоты, изготовления подшипников, аккумуляторов, применяют как основу для изготовления типографического материала.

Система Al–Pb характеризуется широкой областью несмешиваемости в жидком состоянии и отсутствием соединений между алюминием и свинцом. В системе имеют место монотектическое и эвтектическое превращения. Температура монотектического превращения близка к температуре плавления алюминия (ниже всего лишь на 1,5 °С). Температура эвтектического превращения близка к температуре плавления свинца (ниже на 0,5 °С). Большая часть исследований посвящена определению положения кривой несмешиваемости двух жидкостей Ж1 и Ж2 при различных температурах [1].

Для приготовления сплавов были использованы: свинец марки С2 (ГОСТ 3778-98), алюми-

ний марки А995 (ГОСТ 11069-2001). Содержание алюминия в сплавах составляло, мас. %: 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5.

Коррозионно – электрохимические исследования проводили потенциостатическим методом на потенциостате ПИ-50-1 с программатором ПР-8 в среде раствора NaCl со скоростью развертки потенциала  $2\text{мВ} \cdot \text{с}^{-1}$  по методикам, описанным в работе [2]. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный, а вспомогательным – платиновый. Все значения потенциалов приведены относительно этого электрода. Результаты исследования представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2.

В табл. 1 и на рис.1 приведена зависимость потенциала свободной коррозии во времени для свинцового – алюминиевого сплава в средах 0,03%, 0,3% и 3% - ного NaCl. Видно, что как для исходного сплава, так и для всех сплавов независимо от времени характерно смещение потенциала свободной коррозии в положительную область в начальном этапе.

При этом, если у чистого свинца стабилизация потенциала свободной коррозии наблюдается в течение 30 -40 мин, то у сплавов свинца с алюминием это происходит в течение 15 – 20 мин, что свидетельствует об относительно высокой их пассивации под воздействием добавок алюминия.

С целью выяснения механизма процесса коррозии и оценки коррозионной стойкости сплавов в растворе NaCl проведены электрохимические исследования. Как следует из табл. 2, с увеличением содержания алюминия в свинце, потенциал свободной коррозии образцов смещается в положительную область. Наиболее положительное значение потенциала (-0,425В) в среде 0,03% NaCl имеет сплав, легированный 0,5 мас.% алюминием. Добавка алюминия независимо от его количество увеличивает потенциал свободной коррозии свинца.

*Умаров Мирали Ашуралиевич, ассистент кафедры «Технология машиностроения металлорежущие станки и инструменты». E-mail: tu2012@mail.ru*

*Ганиев Изатулло Наврузович, академик АН Республики Таджикистан, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология электрохимических производств». E-mail: ganiev48@mail.ru*

*Махмадуллоев Хайрулло Амонудлоевич, заместитель министра. E-mail: sanoat\_65@mail.ru*

**Таблица 1.** Временная зависимость потенциала свободной коррозии (-E<sub>В</sub>) свинцово-алюминиевого сплава в 0,03% - ном (числитель) и 3%-ном (знаменатель) растворе NaCl

| t, минут | Содержание алюминия, мас.% |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | -                          | 0,005 | 0,01  | 0,05  | 0,1   | 0,5   |
| 0        | 0.670                      | 0.760 | 0.743 | 0.704 | 0.684 | 0.670 |
|          | 0.693                      | 0.580 | 0.578 | 0.569 | 0.554 | 0.550 |
| 1/8      | 0.650                      | 0.730 | 0.710 | 0.680 | 0.662 | 0.650 |
|          | 0.670                      | 0.570 | 0.573 | 0.562 | 0.548 | 0.545 |
| 1/4      | 0.640                      | 0.712 | 0.688 | 0.658 | 0.646 | 0.638 |
|          | 0.648                      | 0.560 | 0.565 | 0.550 | 0.542 | 0.538 |
| 1/2      | 0.635                      | 0.690 | 0.665 | 0.635 | 0.624 | 0.620 |
|          | 0.632                      | 0.556 | 0.550 | 0.543 | 0.538 | 0.530 |
| 1        | 0.626                      | 0.670 | 0.640 | 0.618 | 0.606 | 0.590 |
|          | 0.618                      | 0.545 | 0.545 | 0.537 | 0.532 | 0.525 |
| 2        | 0.614                      | 0.648 | 0.632 | 0.600 | 0.584 | 0.573 |
|          | 0.600                      | 0.541 | 0.540 | 0.535 | 0.528 | 0.522 |
| 3        | 0.595                      | 0.622 | 0.610 | 0.575 | 0.563 | 0.550 |
|          | 0.584                      | 0.538 | 0.538 | 0.534 | 0.526 | 0.521 |
| 4        | 0.570                      | 0.608 | 0.584 | 0.557 | 0.546 | 0.533 |
|          | 0.575                      | 0.537 | 0.534 | 0.533 | 0.522 | 0.519 |
| 5        | 0.550                      | 0.580 | 0.552 | 0.528 | 0.512 | 0.507 |
|          | 0.570                      | 0.535 | 0.532 | 0.530 | 0.518 | 0.518 |
| 10       | 0.545                      | 0.560 | 0.525 | 0.506 | 0.490 | 0.483 |
|          | 0.568                      | 0.533 | 0.528 | 0.529 | 0.515 | 0.505 |
| 15       | 0.533                      | 0.550 | 0.505 | 0.486 | 0.472 | 0.463 |
|          | 0.566                      | 0.532 | 0.525 | 0.527 | 0.513 | 0.504 |
| 20       | 0.528                      | 0.532 | 0.490 | 0.466 | 0.458 | 0.440 |
|          | 0.562                      | 0.532 | 0.524 | 0.523 | 0.512 | 0.503 |
| 30       | 0.524                      | 0.510 | 0.480 | 0.462 | 0.443 | 0.432 |
|          | 0.562                      | 0.532 | 0.524 | 0.520 | 0.510 | 0.500 |
| 40       | 0.524                      | 0.505 | 0.474 | 0.455 | 0.430 | 0.428 |
|          | 0.562                      | 0.532 | 0.524 | 0.519 | 0.510 | 0.500 |
| 50       | 0.524                      | 0.500 | 0.468 | 0.450 | 0.428 | 0.425 |
|          | 0.562                      | 0.532 | 0.524 | 0.519 | 0.510 | 0.500 |
| 60       | 0.524                      | 0.500 | 0.464 | 0.450 | 0.428 | 0.425 |
|          | 0.562                      | 0.532 | 0.524 | 0.519 | 0.510 | 0.500 |

Что касается электрохимических характеристик исследованных сплавов в выше указанных условиях, то можно проследить следующую закономерность: в целом потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации при легировании свинца алюминием смещаются в более положительную область (табл. 2).

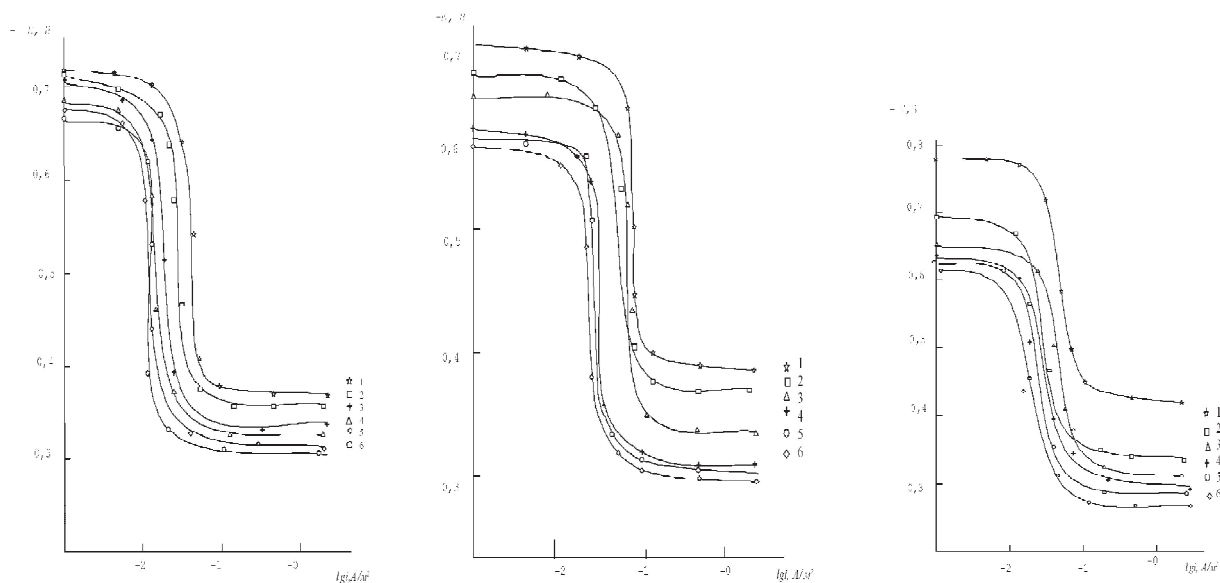
Зависимость скорости коррозии свинцового сплава от концентрации алюминия показывает,

что с увеличением концентрации последнего стойкость сплавов к электрохимической коррозии растет. С ростом концентрации хлор – ионов в электролите все потенциалы ( $E_{кор}$ ,  $E_{п.о}$ ,  $E_{реп.}$ ) смещаются в отрицательную область значений, что в целом способствует росту скорости коррозии сплавов (табл. 2).

На рис. 2 представлены анодные ветви потенциодинамических кривых свинцово-алюминие-

**Таблица 2.** Коррозионно-электрохимические характеристики свинцово-алюминиевого сплава в среде электролита NaCl

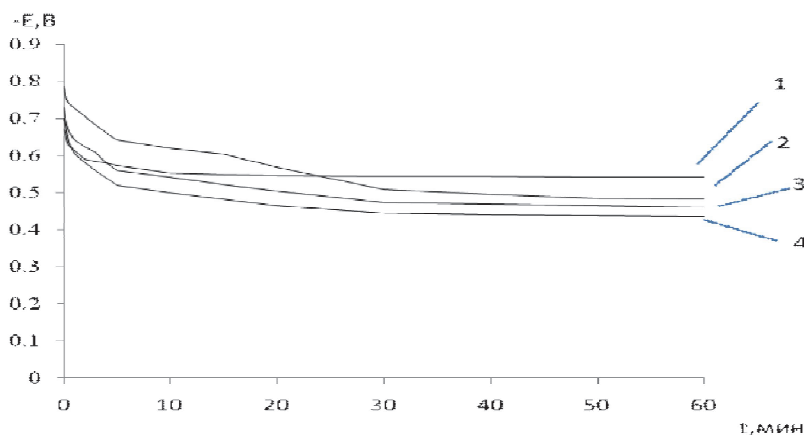
| Среда      | Содержание алюминия, мас. %. | Электрохимические свойства |            |            |           | Скорость коррозии                          |                                             |
|------------|------------------------------|----------------------------|------------|------------|-----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
|            |                              | $-E_{св.кор}$              | $-E_{кор}$ | $-E_{п.о}$ | $-E_{pp}$ | $i_{кор} \cdot 10^{-2}$ , А/м <sup>2</sup> | $K \cdot 10^{-3}$ , г/ м <sup>2</sup> . час |
|            |                              | В                          |            |            |           |                                            |                                             |
| 0.03% NaCl | -                            | 0,524                      | 0,712      | 0,380      | 0,450     | 0,80                                       | 15,44                                       |
|            | 0,005                        | 0,500                      | 0,680      | 0,360      | 0,420     | 0,68                                       | 13,12                                       |
|            | 0,01                         | 0,464                      | 0,648      | 0,312      | 0,406     | 0,55                                       | 10,61                                       |
|            | 0,05                         | 0,450                      | 0,635      | 0,300      | 0,400     | 0,48                                       | 9,26                                        |
|            | 0,1                          | 0,428                      | 0,628      | 0,285      | 0,380     | 0,44                                       | 8,49                                        |
|            | 0,5                          | 0,425                      | 0,620      | 0,268      | 0,374     | 0,40                                       | 7,72                                        |
| 0.3% NaCl  | -                            | 0,543                      | 0,720      | 0,420      | 0,510     | 0,85                                       | 16,40                                       |
|            | 0,005                        | 0,514                      | 0,704      | 0,380      | 0,430     | 0,72                                       | 13,89                                       |
|            | 0,01                         | 0,482                      | 0,677      | 0,340      | 0,420     | 0,63                                       | 12,59                                       |
|            | 0,05                         | 0,474                      | 0,660      | 0,320      | 0,410     | 0,54                                       | 9,82                                        |
|            | 0,1                          | 0,460                      | 0,642      | 0,314      | 0,410     | 0,50                                       | 9,75                                        |
|            | 0,5                          | 0,436                      | 0,634      | 0,314      | 0,400     | 0,42                                       | 8,11                                        |
| 3% NaCl    | -                            | 0,562                      | 0,780      | 0,450      | 0,548     | 0,98                                       | 18,9                                        |
|            | 0,005                        | 0,530                      | 0,750      | 0,400      | 0,480     | 0,75                                       | 14,5                                        |
|            | 0,01                         | 0,524                      | 0,746      | 0,388      | 0,464     | 0,68                                       | 13,1                                        |
|            | 0,05                         | 0,519                      | 0,690      | 0,350      | 0,452     | 0,55                                       | 10,6                                        |
|            | 0,1                          | 0,510                      | 0,680      | 0,350      | 0,450     | 0,51                                       | 9,80                                        |
|            | 0,5                          | 0,500                      | 0,680      | 0,345      | 0,450     | 0,44                                       | 8,50                                        |



**Рис. 1.** Временная зависимость потенциала свободной коррозии сплавов системы Pb – Al, содержащих алюминия, мас. % : 0 (1), 0,01(2), 0,1(3), 0,5(4) в среде 0,3% - ного NaCl

вых сплавов, полученные после предварительной катодной обработки. Из рисунка видно, что легирование сплава алюминием изменяет ход анодных кривых в сторону меньших значений токов и в более положительную область значений потенциалов.

Таким образом, добавки алюминия к свинцу эффективно уменьшают величину плотности тока, коррозии, что связано с образующейся более плотной защитной пленкой на поверхности сплавов.



**Рис. 2.** Потенциодинамические анодные поляризационные кривые (2мВ/с) сплава свинца, содержащего алюминия, мас.%; 0(1), 0,005(2), 0,01(3), 0,05(4), 0,1(5), 0,5(6), в среде 3% (а), 0,3% (б) и 0,03% (в) - ного NaCl

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мандольфо Л.Ф.* Структура и свойства алюминиевых сплавов. М.: Металлургия. 1979. 640 с.
2. *Умарова Т.М., Ганиев И.Н.* Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. Душанбе: Дониш, 2007. 258 с.

#### ANODE BEHAVIOR OF LEAD ALLOY WITH ALUMINUM AMONG NaCl

© 2013 M.A. Umarov<sup>1</sup>, I.N. Ganiev<sup>1</sup>, H.A. Mahmaddulloev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Dushanbe

<sup>2</sup>Ministry of Energy and Industry of the Republic of Tajikistan, Dushanbe

Potentiodynamic method investigated corrosion - electrochemical behavior of lead alloy doped with aluminum in the medium electrolyte NaCl. Shown that the addition of aluminum to reduce the corrosion rate of lead in 2 times in the electrolyte NaCl.

Keywords: lead, aluminum, potentsiodinamika, electrochemical behavior, corrosion resistance, electrolyte NaCl, pittingoustoychivost.

*Mirali Umarov, Assistant Lecturer at the Mechanical Engineering Machine Tools and Instruments Department.*

*E-mail: mu2012@mail.ru*

*Ganiev Izatullo, Academician of Academy of Sciences of the Republic Tajikistan, Doctor of Chemistry, Professor, Head at the Technology of Electrochemical Industry Department.*

*E-mail: ganiev48@mail.ru*

*Hairullo Mahmaddulloev, Deputy Minister.*

*E-mail: sanoat\_65@mail.ru*