

А.Б. БАЕШОВ, Д.А. АБИЖАНОВА, М.Ж. ЖУРИНОВ

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ИНДИЯ В СОЛЯНОКИСЛОЙ СРЕДЕ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ

Впервые исследовано электрохимическое поведение индия в солянокислой среде при поляризации промышленным переменным током. Показано влияние различных параметров на выход по току растворения индия: концентрации соляной кислоты, плотности тока на индивом и титановом электродах, продолжительности электролиза, температуры раствора, частоты тока. Установлено, что индий при поляризации переменным током в солянокислом растворе растворяется с высоким выходом по току.

Индий – элемент III группы периодической системы, и относится к рассеянным элементам, очень мягок и пластичен, устойчив на воздухе,

но выше 800 °С горит фиолетово-синим пламенем с образованием In_2O_3 . В воде в присутствии воздуха постепенно корродирует, медленно реа-

гирует с минеральными и органическими кислотами [1].

Индий применяют для защиты от коррозии свинцовых покрытий подшипников, в качестве стабилизирующего элемента в цветной металлургии, для изготовления электрических контактов и рефлекторов, в ювелирном деле, для изготовления флуоресцирующего стекла. Легкоплавкие сплавы индия используют в зубоврачебном деле и пожарной технике. Некоторые соединения индия применяются в качестве красящих веществ в керамической промышленности [2].

Для создания эффективных электрохимических методов переработки металлических отходов, прежде всего, целесообразно исследовать электродные процессы с участием данного металла. В этой связи определенный интерес представляет изучение процесса растворения индия при поляризации промышленным переменным током частотой 50 Гц в водных растворах.

Применение переменного тока в процессах электролиза является новым перспективным направлением в современной прикладной электрохимии. В работах [3-5] изучено поведение ряда металлов при поляризации промышленным переменным током частотой 50 Гц. Показано, что при поляризации металлов переменным током возможен их переход в раствор с образованием различных соединений.

Целью данной работы явилось исследование поведения индия при поляризации переменным током в растворе соляной кислоты.

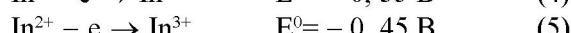
Изучено влияние концентрации соляной кислоты, плотности тока на индииевом и на вспомогательном титановом электродах, продолжительности электролиза, температуры раствора на выход по току растворения индия. Выход по току растворения индия при поляризации переменным током рассчитывали на анодный полупериод переменного тока. Для сравнения исследовано также анодное растворение индия при поляризации постоянным током. Эксперименты проводились в электролизере объемом 80 мл без разделения электродных пространств. Скорость растворения определяли по убыли веса электродов, на анодный полупериод переменного тока.

Как показали предварительные опыты, при поляризации двух индииевых электродов промышленным переменным током частотой 50 Гц, растворение металла практически не происходит.

При замене одного индииевого электрода на титановый, проволочный электрод наблюдается интенсивное растворение индия. Исследование влияния плотности тока на титановом электроде в диапазоне 10000 - 50000 А/м², показало, что максимальный выход по току растворения индия наблюдается при плотности, равной 30000 А/м²(рис.1). Растворение индия при поляризации промышленным переменным током частотой 50 Гц, в случае использования в качестве второго электрода – титана, объясняется следующим образом: когда титановый электрод находится в анодном полупериоде переменного тока вначале, на его поверхности образуется оксидная пленка (Ti_xO_y), обладающая вентильными свойствами. В связи с этим дальнейшее протекание тока в электрохимической цепи прекращается. В этот момент индииевый электрод находится в катодном полупериоде, и как следствие, на нем практически никакие катодные реакции не протекают. При изменении направления тока на титане восстанавливаются ионы водорода:



а индий анодно может растворяться согласно следующим реакциям:



Как показывают результаты исследований, при поляризации переменным током индий растворяется в основном с образованием трехвалентных ионов. Влияние плотности тока на титановом электроде на выход по току растворения

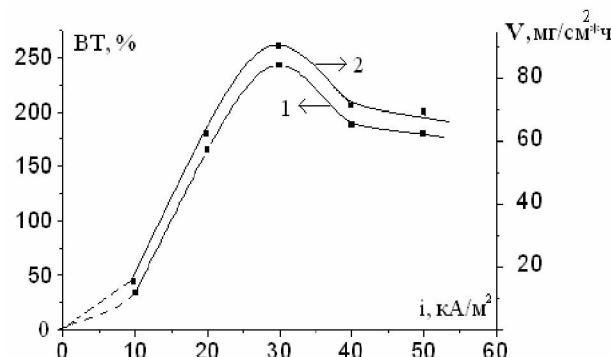


Рис.1. Влияние плотности тока на титановом электроде на выход по току растворения индия (1) и скорость его растворения (2) при поляризации переменным током в растворе 1н соляной кислоты (плотность тока на индииевом электроде – 500 А/м², $\tau = 10$ мин)

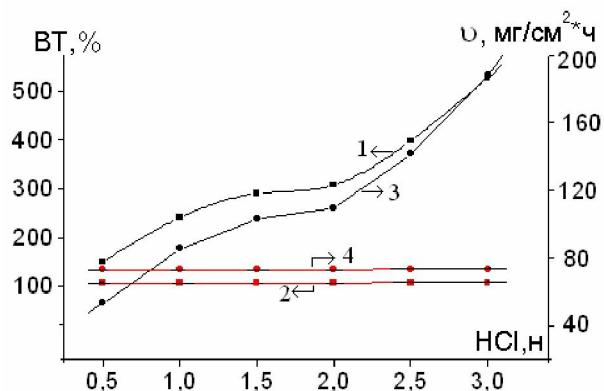


Рис. 2. Влияние концентрации соляной кислоты на выход по току (1,2) и скорость растворения (3,4) индия при поляризации: 1,3 – переменным током, 2,4 – постоянным током (плотность тока на индиевом электроде – 500 А/м², а на титановом электроде при поляризации переменным током – 30 кА/м², $\tau = 10$ мин)

индия объясняется тем, что при разных плотностях тока на поверхности титана образуются оксидные пленки различного состава имеющие разные полупроводниковые свойства, что позволяет при разных плотностях тока на титановом электроде варьировать величину катодного полупериода. Очевидно, что его оптимальная величина достигается при плотности тока 30000 А/м². Таким образом, в данном случае титан одновременно играет роль вспомогательного электрода и роль выпрямителя переменного тока.

С повышением концентрации соляной кислоты, повышается выход по току растворения индия (рис.2). Для сравнения исследовали растворение индия при поляризации постоянным током, т.е. при анодной поляризации.

При этом независимо от концентрации соляной кислоты выход по току растворение индия составляет 100 %. Полученные результаты показывают, что при поляризации переменным током кажущийся выход по току растворения индия превышает 500 %, т.е. выше более, чем в 5 раз показателей, полученных при действии постоянного тока. Высокий кажущийся выход по току растворения металла позволяет констатировать, что при поляризации переменным током наряду с электрохимическим растворением резко повышается скорость химического растворения индия, как электроотрицательного металла. Таким образом, нами впервые обнаружено новое явление – резкое ускорение скорости химического растворения индия в солянокислом растворе при поляризации нестационарным током. Следует отметить,

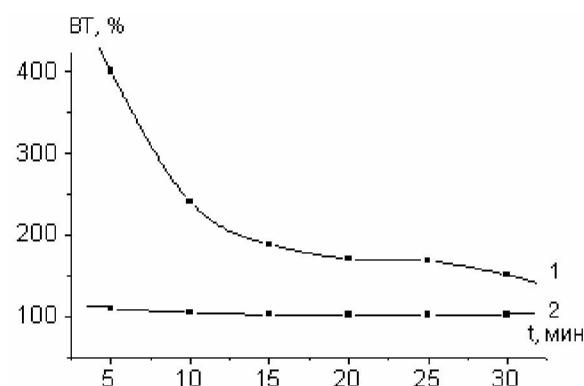
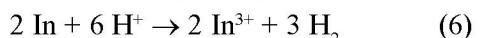


Рис. 3. Влияние продолжительности электролиза на выход по току растворения индия при поляризации: 1 – переменным током, 2 – постоянным током (плотность тока на индиевом электроде – 500 А/м², плотность тока на титановом электроде при поляризации переменным током – 30 кА/м²)

что при отсутствии поляризации индий растворяется с очень низкой скоростью – 0,2 мг/см²·час, и изменение концентрации соляной кислоты в пределах 0,5– 3,0 н практически не влияет на процесс.

Химическое растворение индия объясняется тем, что он как отрицательный металл, вытесняет водород из кислых растворов:



Как показывают результаты исследований, при поляризации переменным током, с увеличением продолжительности электролиза выход по току растворения индия снижается (рис. 3), а с повышением температуры раствора, выход по току и скорость растворения индия увеличивается (рис.4, кривые 1,3).

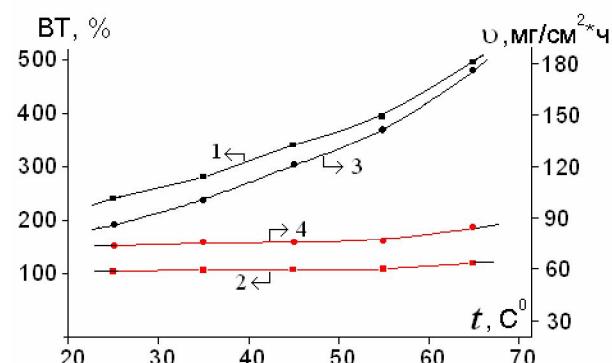


Рис.4. Влияние температуры на выход по току (1, 2) и скорость растворения (3, 4) индия в растворе 1н соляной кислоты при поляризации: 1, 3 – переменным током, 2, 4 – постоянным током (плотность тока на индиевом электроде – 500 А/м², а на титановом электроде при поляризации переменным током – 30 кА/м², $\tau = 5$ мин)

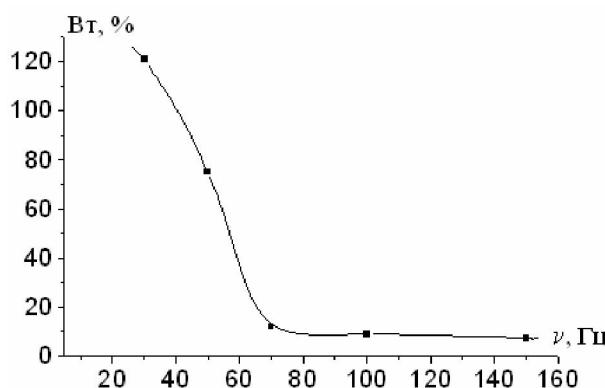


Рис. 5. Влияние частоты переменного тока на выход по току растворения индия 1н соляной кислоте ($\tau=10$ мин, $i_{in}=500$ А/м², $i_{ti}=15$ кА/м²)

Эксперименты, проведенные при различных частотах переменного тока, показали, что максимальный выход по току растворения индия наблюдается в диапазоне частот 30 – 50 Гц, а выше 70 Гц растворение металла практически прекращается (рис.5).

Опыты, проведенные в отсутствии поляризации, показали, что с увеличением температуры раствора, скорость химического растворения металла практически не изменяется (таблица).

Таблица. Скорость растворения индия при различных температурах раствора в отсутствии поляризации электрода (HCl-1н, $\tau=10$ мин)

| t, °C | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| V, мг/см ² · час | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |

Таким образом, нами впервые исследовано электрохимическое поведение индия в солянокислой среде при поляризации промышленным переменным током частотой 50 Гц. Показано, что в паре электродов индий – индий металл практически не растворяется, а при замене одного элек-

трода на проволочный титановый электрод, металл индий растворяется с высокими кажущимися выходами по току. Установлено, что при одинаковых условиях при поляризации переменным током выход по току растворения индия более чем в 5 раз выше, чем при поляризации постоянным током.

ЛИТЕРАТУРА

- Краткая химическая энциклопедия. Ред. кол. И.Л. Куняянц (отв.ред.) и др. Т.2. М.: Советская энциклопедия, 1963. С. 244-246.
- Бусев И.А. Аналитическая химия индия. Изд. академии наук СССР. Москва, 1958. С. 20-21.
- Баешов А. Электрохимические методы извлечения меди, халькогенов и синтеза их соединений. Алма-Ата: Наука, 1990. 107 с.
- Баешов А., Баешова А.К., Букетов Г.К., Рустембеков К.В. // Электрохимическое поведение титана при поляризации переменным током // Термодинамика и кинетика технологических процессов. Караганда, 1992. С.66.
- Баешов А., Тулеева Э., Баешова А.К. // Влияние различных параметров на поведение серебра в солянокислом растворе при поляризации промышленным переменным током. Вестник КазНУ им. аль-Фараби, серия химическая 2005. № 4. С.154-158.

Резюме

Өндірістік айнымалы токпен поляризацияланған индийдің тұз қышқылы ерітіндісіндегі еру жағдайлары алғаш рет зерттелді. Зерттеу жұмыстары барысында тұз қышқылы ерітінділеріндегі индийдің еруінің ток бойынша шығымына және еру жылдамдығына: айнымалы және түрлөк токтың шығызының, тұз қышқылы концентрациясының, электролиз ұзақтығының, электролит температурасының, ток жиілігінің әсерлері қарастырылды. Айнымалы токпен поляризацияланған индий электродының тұз қышқылы ерітіндісінде жоғары ток бойынша шығымымен еритіндігі алғаш рет анықталды.

Институт органического катализа
и электрохимии им. Д.В. Сокольского МОНРК,
г. Алматы

Поступила 17.10.2007 г.