

УДК 620.193

М.Т.Норова, Н.Ш.Вазиров*, Н.Ф.Иброхимов,

академик АН Республики Таджикистан И.Н.Ганиев

**КОРРОЗИЯ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ
НЕКОТОРЫМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ***Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан,***Таджикский технический университет им. М.С.Осими*

В работе приведены результаты потенциостатического исследования сплавов $AMg0.2$, $AMg2$ и $AMg6$, легированных редкоземельными металлами (РЗМ) скандием, иттрием, лантаном, церием, празеодимом и неодимом, в среде электролита $NaCl$ различной концентрации. Показано, что легирование алюминиево-магниевого сплава РЗМ уменьшает скорость коррозии исходных сплавов в 1.5-2 раза.

Ключевые слова: сплавы $AMg0.2$, $AMg2$, $AMg6$, скандий, иттрий, лантан, церий, празеодим, неодим, потенциостатический метод, электролит $NaCl$, потенциал свободной коррозии, скорость коррозии.

С целью улучшения свойств сплавов системы $Al-Mg$ в частности $AMg0.2$, $AMg2$ и $AMg6$, нами исследовано влияние скандия, иттрия, лантана, церия, празеодима и неодима как легирующих компонентов на электрохимические характеристики указанных сплавов.

В качестве исходного материала использовали магний – металлический гранулированный марки ХЧ, алюминий А995, промышленную лигатуру на основе алюминия, содержащую 2.5 мас% скандия, 7 мас% иттрия, полученную с использованием металла, лантан – Ла-ЭО, церий – Це-ЭО, празеодим – ПрМ-1, неодим – НМ-2. Алюминиевые лигатуры с последними металлами содержали 10 мас% РЗМ. Лигатуры алюминия с РЗМ были получены в вакуумной печи сопротивления типа СНВЭ-1.3.1/16 ИЗ в атмосфере гелия под избыточным давлением 0.5 мПа. Далее лигатуры вводились в алюминий в шахтных печах типа СШОЛ. Взвешивание шихты проводили на аналитических весах АРВ-200 с точностью $0.1 \cdot 10^{-4}$ кг. Химический состав сплавов оценивали методом атомно-эмиссионного спектрального анализа на установке дифракционного спектрографа ДФС-452 и многоканальной оптической регистрирующей системе МОРС-9.

Из каждой плавки отливали в графитовую изложницу стержни диаметром 8 мм и длиной 140 мм, нижняя часть которых покрывалась смесью 50% канифоли и 50% парафина, что позволило во всех образцах исследовать одинаковую, подготовленную площадь поверхности сплава. Для электрохимических исследований большое значение имеет подготовка поверхности электрода. Поэтому перед началом исследования торцевую часть зачищали наждачной бумагой, полировали и промывали в 10%-ном растворе $NaOH$, затем погружали в раствор $NaCl$. Температура раствора в

Адрес для корреспонденции: Норова Муаттар Турдиевна. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: muattar_1975@mail.ru

ячейке поддерживалась постоянной (20°C) с помощью термостата МЛШ-8. Электродом сравнения служил хлорсеребряный, вспомогательным - платиновый.

Электрохимические исследования алюминиево-магниевого сплава с РЗМ проводились в нейтральной среде 0.03% и 3%-ного раствора NaCl на потенциостате ПИ-50-1 в потенциодинамическом режиме со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с по методикам, описанным в работах [1-11].

Химический состав и результаты исследования коррозионно-электрохимических свойств алюминиево-магниевого сплава, легированного РЗМ, в нейтральной среде NaCl представлены в табл. 1,2.

Данные табл.1 для сплава АМг0.2 свидетельствуют о том, что независимо от химического состава для всех исследованных сплавов отмечено смещение потенциала во времени в положительную область. Закономерность изменения потенциала свободной коррозии сплавов АМг2 и АМг6 в среде 3%-ного раствора NaCl аналогична показателям для предыдущего сплава. Отличие заключается в том, что здесь наблюдается ещё больший сдвиг в область положительных потенциалов, а также тем, что наибольший сдвиг относится к сплаву, содержащему 0.05 мас% неодима. Это подтверждается исследованиями скорости коррозии сплавов с различным содержанием РЗМ в растворах NaCl (табл.2).

Таблица 1

Зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св.кorr.}}$, В) сплавов системы Al-Mg, легированных РЗМ, в среде электролита 3%-ного NaCl

Легирующий элемент	Содержание РЗМ, мас%				
	Сплав АМг0.2	0.01	0.05	0.10	0.50
скандий	0.940	0.745	0.712	0.714	0.732
иттрий	0.940	0.715	0.712	0.702	0.690
лантан	0.940	0.710	0.707	0.728	0.730
празеодим	0.940	0.825	0.705	0.710	0.730
неодим	0.940	0.860	0.765	0.854	0.865
Сплав АМг2		0.1	0.2	0.5	-
скандий	0.915	0.810	0.803	0.829	-
иттрий	0.915	0.875	0.890	0.920	-
церий	0.915	0.780	0.795	0.816	-
празеодим	0.915	0.758	0.765	0.800	-
неодим	0.915	0.730	0.744	0.795	-
Сплав АМг6		0.01	0.05	0.10	0.50
церий	0.780	0.730	0.688	0.744	0.745
празеодим	0.780	0.722	0.660	0.720	0.700
неодим	0.780	0.710	0.622	0.674	0.694

Приведённые в табл.2 данные показывают, что с увеличением концентрации РЗМ до 0.05 мас% наблюдается плавное снижение скорости коррозии, а дальнейшее повышение концентрации легирующего компонента несколько увеличивает скорость коррозии исходного сплава АМг0.2. Как видно, по характеру влияния на скорость коррозии сплава АМг0.2 РЗМ располагаются следующим образом: Sc, Y, La, Pr, Nd, то есть по мере увеличения заряда ядра уменьшается скорость коррозии исходного сплава.

Таблица 2

Зависимость скорости коррозии ($K \cdot 10^{-3}$ г/м²·ч) сплавов системы Al-Mg от содержания редкоземельных металлов в среде электролита NaCl

Легирующий элемент	3%NaCl					0.03% NaCl				
	Сплав AMg0.2	0.01	0.05	0.10	0.50	Сплав AMg0.2	0.01	0.05	0.10	0.50
скандий	5.36	5.03	3.68	4.91	5.79	4.40	4.12	3.20	3.80	4.86
иттрий		4.69	3.60	7.37	9.04		3.54	3.12	4.60	5.60
лантан		4.36	3.35	5.69	7.37		3.20	3.08	3.10	4.62
празео-дим		5.25	3.02	4.69	7.03		3.30	2.86	3.04	4.15
неодим		5.02	3.00	4.36	6.36		3.06	2.74	3.00	4.35
Сплав AMg2	0.1	0.2	0.5	-	Сплав AMg2	0.1	0.2	0.5	-	
скандий	6.03	5.36	5.03	5.70	-	5.40	4.36	4.69	5.69	-
иттрий		5.70	6.03	6.70	-		4.69	5.69	6.37	-
церий		5.03	4.69	5.36	-		4.02	4.36	5.03	-
празео-дим		4.36	4.02	4.69	-		3.35	3.69	4.36	-
неодим		3.69	3.35	4.02	-		2.68	3.02	3.35	-
Сплав AMg6	0.01	0.05	0.10	0.50	Сплав AMg6	0.01	0.05	0.10	0.50	
церий	12.7	12.06	9.71	10.38	12.06	5.69	5.36	4.36	6.70	7.04
празео-дим		10.72	9.38	10.05	11.01		4.69	4.02	5.19	5.34
неодим		10.05	8.38	9.045	10.39		5.36	3.69	4.36	4.69

Повышение коррозионной стойкости сплавов, содержащих до 0.05 мас.% РЗМ, объясняется, на наш взгляд, их растворимостью в сплаве и образованием защитной плёнки на поверхности образцов, отличающихся отсутствием дефектов и устойчивостью к хлорид-ионам.

Обсуждая результаты коррозионно-электрохимических исследований сплава AMg2, содержащего скандий, иттрий, церий, празеодим и неодим, можно отметить, что скорость коррозии сплавов имеет минимальное значение при добавке неодима 0.05 мас% (почти в 2 раза уменьшается по сравнению с исходным сплавом), и дальнейшее увеличение содержания неодима способствует некоторому росту скорости коррозии исходного сплава.

Таким образом, можно заключить, что легирование сплава AMg2 скандием, иттрием и элементами подгруппы церия позволяет рекомендовать указанные РЗМ в качестве легирующих добавок с целью повышения коррозионной стойкости сплавов (скорость коррозии которых в 1.5-2 раза ниже, чем у исходного сплава). Оптимальное содержание РЗМ составляет 0.1÷ 0.2 мас%.

В табл.2 приведена зависимость скорости коррозии сплава AMg6 от содержания РЗМ. Добавки РЗМ до 0.05% во всех исследованных средах повышают коррозионную стойкость сплавов, дальнейшее увеличение концентрации легирующего компонента до 0.5% несколько увеличивает скорость коррозии исходного сплава, но по абсолютной величине она меньше (3.69 г/м²час в среде 0.03% NaCl), чем для исходного сплава (5.40 г/м²час в среде 0.03% NaCl).

С увеличением концентрации хлорид-иона наблюдается увеличение скорости коррозии, как исходного сплава, так и легированных РЗМ сплавов.

Положительное действие легирующих элементов на анодную устойчивость сплава AMg6 объясняется, с одной стороны, увеличением истинной поверхности анода или уплотнением защитного

фазового слоя оксидов малорастворимыми продуктами окисления, с другой - изменением или модифицированием структуры сплавов при легировании их РЗМ, то есть от величины кристаллов сплава.

Таким образом, можно заключить, что присадки церия, празеодима и неодима к сплаву АМгб являются эффективными и позволяют при соответствующей концентрации повысить его коррозионную стойкость до необходимого уровня.

Поступило 07.02.2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Норова М.Т., Ганиев И.Н., Назаров Х.М. Повышение коррозионной стойкости алюминиево-литиевых сплавов микролегированием кальцием. – Журнал прикладной химии, 2002, т.76, вып.4, с.567-569.
2. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Ганиева Н.И., Igene С. Влияние лантана на анодное поведение сплава Al+6%Li. - Обработка сплошных и слоистых материалов, 2016, № 1(44), с. 49-53.
3. Норова М.Т., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И. Коррозия алюминиево-литиевых сплавов с щелочноземельными металлами. – Германия: Изд. дом LAPLAMBERT Academic Publishing, 2012, 93 с.
4. Махсудова М.С., Норова М.Т., Ганиев И.Н. Потенциодинамическое исследование сплава Al+0.05%Sr, легированного магнием, в среде электролита NaCl. – ДАН РТ, 2007, т.50, № 6, с.621-626.
5. Вазиров Н.Ш., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Махсудова М.С. Коррозионно-электрохимическое поведение сплава АМгб, легированного церием. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн.н., 2013, № 3(152), с. 91-97.
6. Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Сангов М.М., Хакимов А.Х. Анодное поведение сплава АЖ5К10, модифицированного стронцием, в среде электролита NaCl. – Вестник СибГИУ, 2017, №4 (22), с. 57-62.
7. Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Джураева М.Ш. Сравнительное исследование анодного поведения сплава АЖ2,18, модифицированного литием, бериллием и магнием, в среде электролита NaCl. – Вестник МГТУ им. Г.И.Носова, 2017, т.15, №3, с.45-53.
8. Одинаев Ф.Р., Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Якубов У.Ш. Стационарные потенциалы и анодное поведение сплава АЖ 4.5, легированного висмутом. – Изв. СПбГТИ(ТУ), 2017, №38, с. 8-12.
9. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И. Влияние празеодима на анодное поведение сплава Al+6%Li, в нейтральной среде. – Изв. СПбГТИ(ТУ), 2017, №38, с. 3-7.
10. Одинаев Ф.Р., Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Якубов У.Ш. Потенциодинамическое исследование сплава АЖ 4.5, легированного свинцом, в среде электролита NaCl. – Обработка сплошных и слоистых материалов, 2016, №2 (45), с. 64-68.
11. Ганиев И.Н., Джайлоев Дж. Х., Амонов И.Т., Эсанов Н.Р. Влияние щелочноземельных металлов на анодное поведение сплава Al+2.18%Fe в нейтральной среде. – Вестник СибГИУ, 2017, № , с. 40-44.

М.Т.Норова, Н.Ш.Вазиров*, Н.Ф.Иброхимов, И.Н.Ганиев

КОРРОЗИЯИ ХҶЛАҲОИ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ, КИ БО ЯК ҚАТОР МЕТАЛЛҲОИ НОДИРЗАМИН ЧАВҲАРОНИДА ШУДААНД

Институти химияи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,

**Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи М.С.Осимӣ*

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти потенциостатикӣ хӯлаҳои АМг0.2, АМг2 ва АМг6, ки бо металлҳои нодирзамин аз ҷумла скандий, иттрий, лантан, серий, празеодим ва неодим чавҳаронида шудаанд, дар муҳити электролити NaCl бо консентратсияҳои гуногун оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки чавҳаронидани хӯлаҳои алюминий-магний бо металлҳои нодирзामी суръати коррозияи хӯлаи авваларо 1.5-2 маротиба паст менамоянд.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаҳои АМг0.2, АМг2, АМг6, скандий, иттрий, лантан, серий, празеодим, неодим, усули потенциостатикӣ, электролит NaCl, потенциали озоди коррозсионӣ, суръати коррозия.

M.T.Norova, N.Sh.Vazirov*, N.F.Ibrohimov, I.N.Ganiev

CORROSION OF ALUMINUM AND MAGNEZIUM ALLOYS, DOPED BY SOME RARE EARTH METALS

V.I.Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

M.S.Osimi Tajik Technical University

The work contains the results of the potentiostatic method of research of the AMg0.2, AMg2 and AMg6 alloys, doped with the rare earth metals such as scandium, ittrium, lanthanum, cerium, praezodium and neodiuim, among the electrolyte NaCl of various concentration. It is shown that aluminum-magnesium alloyed with the rare earth metals reduces the corrosion speed of the primary alloys up to 1,5-2 times..

Key words: alloys AMg0.2, AMg2, AMg6, scandium, ittrium, lanthanum, cerium, praezodium, neodiuim, potentiostatic method, electrolyte NaCl, free corrosion potential, corrosion speed.