

УДК 669.715:620.193

П.Р.ПУЛОТОВ, Б.Б.ЭШОВ, И.Н.ГАНИЕВ, М.Т.НОРОВА

**ОКИСЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО СПЛАВА АМГЗ С ДОБАВКАМИ
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Центр исследований инновационных технологий при АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 12.11.2017 г.

Методом гравиметрии исследована окисляемость сплава АМгЗ, легированного скандием, лантаном, празеодимом и неодимом, в твердом состоянии. Установлена зависимость окисления сплавов от их состава и температуры. Определены составы продуктов окисления сплавов.

Ключевые слова: сплав АМгЗ, редкоземельные металлы, окисление сплавов, энергия активации, скорость окисления, температура и состав сплавов.

Проблема коррозии металлов была и остается актуальной. Удовлетворение всё возрастающей потребности современного производства в алюминиевых сплавах, обладающих высокими антикоррозионными свойствами, – является одной из основных задач химиков, металлургов, машиностроителей и ученых многих других специальностей. Экологические и экономические потери от коррозии не поддаются точной оценке [1-3].

Вопросы окисления алюминиевых сплавов подробно рассмотрены в работах [4-7]. Однако сведений о влиянии редкоземельных металлов (РЗМ) на окисляемость сплава АМгЗ недостаточно.

Синтез алюминиевых сплавов при видимой легкости требует особого внимания. При использовании того или иного метода синтеза надо учитывать природу добавок, их растворимость в алюминии, образование различных соединений или растворов, атомные радиусы компонентов сплава, режим кристаллизации, температуру литья, метод введения легирующих добавок, температуру плавления чистых компонентов и многое другое.

В работе для приготовления сплавов использованы алюминий марки А7, магний марки Мг90 (ГОСТ 804-93), РЗМ - чистотой более 99.8%, титан чистотой 97.7% (ГОСТ

Адрес для корреспонденции: Эшов Бахтиёр Бадалович. 764063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/3, Центр исследований инновационных технологий при АН РТ. E-mail: ishov1967@mail.ru

19807-91). Редкоземельные металлы - скандий, лантан, празеодим и неодим, а также титан, использованы в виде лигатур с содержанием от 2 до 10% редкоземельного металла и титана.

Для получения сплавов проведен расчет шихтовых материалов, так как от правильного выполнения данной операции зависит количественное соответствие полученного и заданного составов сплавов. При приготовлении сплавов учитывались имеющиеся в алюминий примеси и содержание алюминия в лигатурах. В результате был получен сплав (табл. 1), состав которого соответствует среднему составу промышленного сплава АМгЗ согласно ГОСТ 4784-97.

Таблица 1

Химический состав сплава АМгЗ (мас.%)

Mg	Mn	Si	Ti	Fe	Zn	Cu	Al
3.2	0.3	0.6	0.1	0.2	0.15	0.01	Ост.

Полученный сплав легирован редкоземельными металлами, в частности скандием, лантаном, празеодимом и неодимом в количестве 0.05, 0.1, 0.3, и 0.5 мас.%. Сплавы были приготовлены в вакуумной печи сопротивления типа СНВЭ-1.3.1/16ИЗ в атмосфере гелия. Лигатуры вводили в сплав в шахтной печи. Состав сплавов определяли атомно-эмиссионным анализом и сканирующим электронным микроскопом.

Изучение кинетики процесса окисления металлов и сплавов в твердом состоянии проводилось методом термогравиметрии с использованием печи Таммана. Изменение веса фиксировали по растяжению пружины с помощью катетометра КМ-8. Опыты проводили в корундовых тиглях, прокаленных при температуре 1273 К до достижения постоянного веса. Состав сплавов, подвергнутых окислению, аналогичен составу сплавов для изучения электрохимической коррозии. Изучение продуктов окисления сплавов проведено методом ИК-спектроскопии.

Результаты обработки кривых окисления сплавов системы Al-Mg-Sc (табл. 2) свидетельствуют, что при добавке скандия в количестве до 0.05 мас.% наблюдается незначительное снижение скорости окисления исходного сплава. Дальнейшее повышение концентрации скандия в пределах исследованных составов также снижает скорости окисления. Если легированный 0.05 мас.% скандием сплав при температуре 773 К имеет скорость окисления $4.6 \cdot 10^{-4}$ кг/м²·сек, то при этой же температуре и увеличении концентрации легирующей добавки в 2, 6 и 10 раз также отмечается снижение скорости окисления (табл. 2).

Приведенные в табл. 3 параметры окисления алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, легированного лантаном, указывают на уменьшение скорости газовой коррозии основного сплава, что, по-видимому, связано с ролью лантана в формировании оксидной пленки с защитной способностью. Алюминий с РЗМ образует ряд интерметаллических соединений с высокой температурой плавления, хотя в структуре исследованных сплавов их доля незначительна, но они играют определенную роль.

Таблица 2

Параметры процесса окисления алюминиево-магниевого сплава АМг3, легированного скандием в твердом состоянии

Содержание скандия в сплаве АМг3, мас. %	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, $K \cdot 10^{-4}$ кг/м ² · сек.	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0.0	723	4.75	85.2
	773	4.96	
	823	5.11	
0.05	723	4.31	96.3
	773	4.59	
	823	4.87	
0.1	723	3.88	109.7
	773	4.12	
	823	4.63	
0.3	723	3.41	118.9
	773	3.81	
	823	4.29	
0.5	723	3.35	127.4
	773	3.67	
	823	4.08	

Таблица 3

Параметры процесса окисления алюминиево-магниевого сплава АМг3, легированного лантаном

Содержание лантана в сплаве АМг3, мас. %	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, $K \cdot 10^{-4}$ кг/м ² · сек.	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0.0	723	4.75	85.2
	773	4.96	
	823	5.11	
0.05	723	4.38	88.2
	773	4.61	
	823	4.78	
0.1	723	4.19	97.1
	773	4.37	
	823	4.59	
0.3	723	3.83	112.6
	773	4.09	
	823	4.33	
0.5	723	3.38	126.1
	773	3.54	
	823	3.64	

Приведенная в качестве примера на рис. 1 зависимость $\lg K$ от $1/T$ для сплавов системы Al-Mg-Pr характеризуется прямыми линиями. Наибольший угол наклона, по которому рассчитана энергия активации окисления, приходится на сплав, содержащий 0.5 мас.% легирующего компонента, а наименьший - на сплав AMg3.

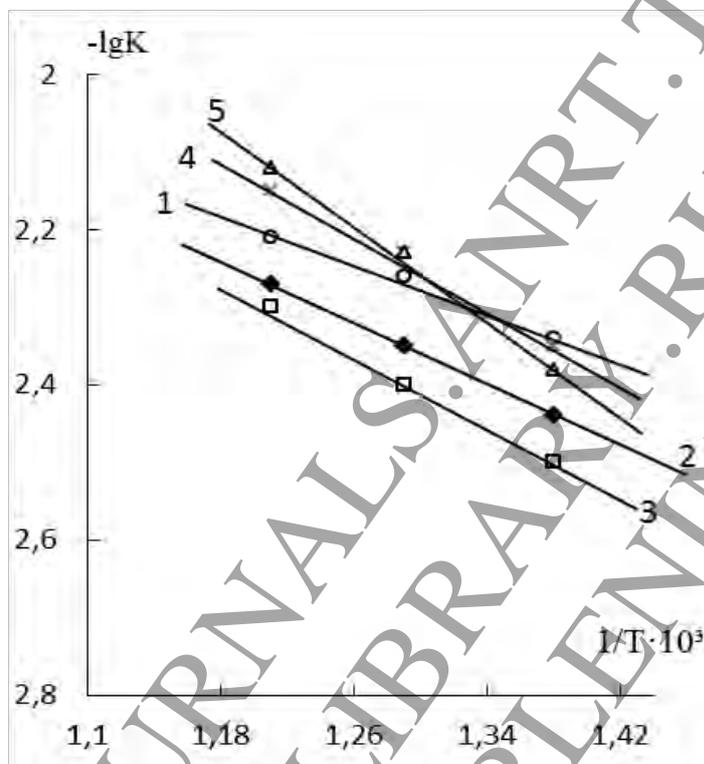


Рис.1. Зависимость $\lg K$ от $1/T$ для сплава AMg3 (1), содержащего празеодима: 0.05(2), 0.1(3), 0.3(4) и 0.5(5) мас.%.

Из данных табл. 4 следует, что введение небольшого количества неодима (до 0.5 мас.%) к алюминиевым сплавам повышает их устойчивость к газовой коррозии.

Таблица 4

Параметры процесса окисления твердого алюминий-магний сплава AMg3, легированного неодимом

Содержание Nd в сплаве AMg3, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, $K \cdot 10^{-4}$ кг/м ² ·сек.	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0.0	723	4.75	85.2
	773	4.96	
	823	5.11	
0.05	723	3.79	95.32
	773	4.8	
	823	6.1	

0.1	723	3.2	103.9
	773	4.2	
	823	5.34	
0.3	723	2.9	116.6
	773	3.5	
	823	5.2	
0.5	723	1.9	136.7
	773	3.3	
	823	4.7	

Полученные результаты позволили выявить некоторые общие закономерности в процессе окисления сплавов (табл.5), заключающиеся в повышении скорости окисления с ростом температуры, в увеличении значения кажущейся энергии активации при переходе от лантана к неодиму, что соответствует изменению свойств РЗМ по порядковому номеру. При этом следует отметить, что суммарная скорость окисления сплавов зависит от индивидуальных свойств легирующих компонентов (кристаллическая решетка, теплота образования оксидов, сродство к кислороду, потенциал ионизации и др.).

Таблица 5

Зависимость кажущейся энергии активации сплава АМg3 с РЗМ от состава

Система	Концентрация РЗМ, мас.%				
	0.0	0.05	0.1	0.3	0.5
АМg3+Sc	85.2	96.3	109.7	118.9	127.4
АМg3+La	85.2	88.2	97.1	112.6	126.1
АМg3+Pr	85.2	91.4	104.6	108.7	129.9
АМg3+Nd	85.2	95.32	103.9	116.6	136.7

Качественную оценку влияния легирующих компонентов на окисляемость сплавов дает исследование продуктов окисления. Полосы поглощения в областях 470, 670, 680, 750, 760 см⁻¹ относятся к валентным колебаниям связи Al-O. Частоты в областях 600, 700-900 см⁻¹ свидетельствуют о наличии MgO. Также обнаружено образование шпинельной фазы в области частот 1150-1300 см⁻¹ с участием редкоземельных металлов. Широкие полосы поглощения в областях 2850-3000 см⁻¹, по-видимому, относятся к группе OH⁻.

Проведенные исследования подтверждают перспективность применения изученных выше РЗМ в плане защиты алюминиевых сплавов от газовой коррозии. Этому свидетельствует целый ряд полученных составов сплавов, которые обладают повышенной устойчивостью к газовой коррозии. Это вдвойне эффективно, так как РЗМ также улучшают механические свойства алюминиевых сплавов, что является главным их недостатком при высоких температурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии. Под ред. И.В.Семенов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002, 336 с.
2. Фридляндер И.Н. - Машиностроение и инженерное образование, 2004, №1, с. 33-37.

3. Алиева С.Г. Промышленные алюминиевые сплавы: Справ. изд. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1984, 528 с.
4. Войтович Р.Ф. Высокотемпературное окисление металлов и сплавов -Наукова думка, 1980, 285 с.
5. Лепинский Б.М., Киташев А.А., Белоусов, А.А. Окисление жидких металлов и сплавов. - М.: Наука, 1979, 116 с.
6. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н. - Известия Самарского научного центра РАН, 2014, т. 16, №4, с.256-259.
7. Иброхимов С.Ж., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б. - ДАН РТ, 2013, т. 56, № 6, с.472-474.

П.Р.ПУЛОТОВ, Б.Б.ЭШОВ, И.Н.ГАНИЕВ, М.Т.НОРОВА
**ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ САНОАТИИ АМГЗ БО ИЛОВАҶОИ
 МЕТАЛЛҶОИ НОДИРЗАМИНИ**

*Маркази таҳқиқоти технологияҳои инновациони назди Академияи илмҳои
 Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Бо усули термогравиметри оксидшавии хӯлаи АМгЗ, ки бо скандий, лантан, празеодим ва неодим ҷавҳаронида шудааст дар ҳолати саҳт омӯхта шудааст. Вобастагии оксидшавии хӯлаҳо аз ҳарорат ва таркиб муайян карда шудааст. Таркиби маҳсули оксидшавӣ низ муайян карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаи АМгЗ, металлҳои нодирзаминӣ, оксидшавии хӯлаҳо, энергияи ғаёлноқӣ, суръати оксидшавӣ, ҳарорат ва таркиби хӯлаҳо.

P.R.PULATOV, B.B.ESHOV, I.N.GANIEV, M.T.NOROVA
**OXIDATION OF INDUSTRIAL AMG3 ALLOY WITH ADDITIVES OF RARE
 EARTH METALS**

*Center for research of innovative technologies at the
 Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

By gravimetric method oxidation of the alloy AMg3, alloyed with scandium, lanthanum, praseodymium and neodymium in the solid state has been investigated. The dependence of the oxidation of alloys on the composition and temperature is established. Compositions of the oxidation products of alloys are determined.

Key words: AMg3 alloy, rare earth metals, oxidation of alloys, activation energy, oxidation rate, temperature and composition of alloys.