

УДК 620.197:669.017

ПУЛОТОВ Парведзжон Рузибоевич

**ВЛИЯНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА КОРРОЗИОННЫЕ
СВОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННОГО СПЛАВА АМгЗ**

**05.17.03 – технология электрохимических процессов
и защита от коррозии**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой
степени кандидата химических наук

Душанбе - 2018

Работа выполнена в лаборатории «Коррозионностойкие материалы» Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан

Научный руководитель: **Эшов Бахтиёр Бадалович**
доктор технических наук, доцент, директор центра исследования инновационных технологий при Академии наук Республики Таджикистан

Официальные оппоненты: **Сафаров Ахрор Мирзоевич**- доктор технических наук, доцент кафедры технология машиностроения и металлорежущие станки Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими

Асрори Муродиён- кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории переработки местного глинозем- и углеродсодержащего сырья ГУ НИИ «Металлургия» ГУП «ТАЛКО»

Ведущая организация: Физико-технический институт им. С.У. Умарова АН Республики Таджикистан

Защита состоится 12 сентября 2018 года в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6ДКОА-007 при Институте химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан по адресу: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни 299/2, Email: z.r.obidov@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан www.chemistry.tj

Автореферат разослан « 25 » июля 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор химических наук, доцент



Обидов З.Р.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Вопрос коррозии металлов был и остается одним из главных проблем в современном мире. Этому есть веские причины. Во первых год из года растет потребность человечество при его неукоснительном развитии в количественном отношении. Удовлетворить усиливающую потребность возможно только организацией различных производств. Организации различных производства требует в свою очередь и материальные ресурсы, что не являются нескончаемыми во первых и не вечными по сроку эксплуатации во вторых. Организация современного производства без использования металлических материалов не мыслима. Металлические материалы при всех их преимуществах имеют определенный срок использования и это при правильном соблюдении технологических, экологических и других норм. Металлические материалы, воплощенные в виде различной техники и оборудования при влиянии различных факторов подвергаются коррозии. Экологический ущерб и экономические потери от коррозии не поддается точной оценке.

Однако, следует отметить, что разрабатывались и разрабатываются множество методов защиты от коррозии, в частности легирование металлов, снижение коррозионной активности среды, нанесение защитных покрытий, катодная и анодная защита и др. Указанные методы не могут полностью предотвратить коррозии, но способны значительно снизить скорость коррозии металлов и сплавов.

Наиболее эффективным является метод легирования основного металла другими элементами, способными повысить сопротивляемость к коррозии. Следует отметить, что этим методом одновременно решается и другие - технологические, механические, эксплуатационные вопросы.

К наиболее распространённым металлам относящейся к конструкционным, наряду с железом, можно отнести алюминий, медь, магний, бериллий, титан и других металлов. Им присуще особы свойства в отличие от черных металлов. Их широко применяют в машиностроение, электронике, строительной отрасли, летательных аппаратов разного уровня, и др. Естественно кроме них существует целый класс неметаллических конструкционных материалов. Каждый из них в силу свой специфических свойств имеют определенные преимущества и недостатки.

Часто стоимость конструкции является важным фактором. Здесь также преимущества на сторону алюминиевых сплавов, так как стоимость изготовления стальных конструкций очень высоки.

Вместе с тем недостаточная изученность влияния таких перспективных элементов как редкоземельные на свойства сплавов на основе алюминия не позволяет, судит об общих закономерностях их влияния на свойства алюминиевых сплавов, а также расширит сферы их использования. Тем более, что улучшение эксплуатационных свойств сплавов, также как

усовершенствование методов и средств их повышение обеспечат снижению экономических потерь и дальнейшего технического прогресса.

Цель работы состояла в изучение взаимодействие алюминиевого сплава АМгЗ, легированного редкоземельными металлами с коррозионной средой, установление механизма и закономерности их взаимодействия и разработка оптимального состава коррозионностойких сплавов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить **следующие задачи:**

- приготовит сплав АМгЗ промышленного состава, легированного редкоземельными металлами (РЗМ), в частности Sc, Y, La, Pr, Nd и провести анализ химического состава на соответствие;
- исследовать коррозионно-электрохимические свойства сплавов в среде жидкого электролита хлорида натрия различной концентрации;
- исследовать кинетики газовой коррозии сплава АМгЗ, содержащего РЗМ при высокой температуре в твердом состоянии;
- исследовать температурной и концентрационной зависимости изменения теплоемкости сплава АМгЗ, содержащего РЗМ;
- определение закономерности и механизма процесса коррозии сплавов.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- изучено влияние скандия, иттрия, лантана, церия, празеодима и неодима на электрохимическую коррозию алюминиево-магниевого сплава АМгЗ. Установлено закономерности изменения скорости электрохимической коррозии сплавов от концентрации электролита и состава сплавов. Разработаны составы сплавов устойчивых к электрохимической коррозии;

-установлено механизм и кинетика параметров окисления алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, легированного РЗМ в твердом состоянии. Выявлены закономерности изменения скорости газовой коррозии от температуры и состава сплавов. Определены оптимальные концентрации легирующих добавок способствующих повышению жаростойкости сплава АМгЗ;

-выявлено, что образование оксидных соединений как продукт окисления сплавов зависит от температуры окисления и концентрации компонентов в сплаве;

-исследовано температурная зависимость изменения теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава АМгЗ, легированного редкоземельными металлами. Выявлено закономерности этих изменения заключающейся в том, что рост температуры приводит к увеличению теплоемкости сплавов, а повышение концентрации редкоземельных металлов в сплаве приводит к незначительному снижению теплоемкости.

Практическая значимость работы заключается в разработке состава сплавов с наименьшей скоростью окисления и устойчивостью к электрохимической коррозии, а также оптимизации состава алюминиево-магниевого сплава, легированного РЗМ позволяющая регламентировать технологию получения сплавов и экономит дорогостоящих металлов. Результаты

исследования использовались при изготовлении изделий ответственного назначения, о чем имеются соответствующие подтверждающие документы.

Работа выполнялась в рамках государственной программы «Программы инновационного развития Республики Таджикистан на 2011-2020годы» и «Программа внедрения научно-технических достижений в промышленное производство Республики Таджикистан на период 2010-2015г.г.».

Основные положения, выносимые на защиту:

-результаты исследования состава и структуры сплава AMg_3 , с добавками редкоземельных металлов;

-результаты исследования влияния редкоземельных металлов на электрохимическую коррозию алюминиево-магниевого сплава AMg_3 ;

-механизм и кинетика окисления алюминиево-магниевого сплава, легированного РЗМ в атмосфере воздуха;

-температурная и концентрационная зависимости теплофизических свойств алюминиево-магниевого сплава (AMg_3), легированного РЗМ;

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современных приборов для исследования (вакуумная печь сопротивления СНВЭ-1.3.1/16ИЗ, печь СШОЛ, дифракционный спектрограф ДФС-452, сканирующий электронный микроскоп AIS 2100, печь Тамман, потенциостат ПИ-501.1, UR-20, установка для измерения теплоемкости металлов и сплавов) апробированных методик, публикацией результатов в рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и международных научных журналах.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на: респ. научно-техн. конф, посвящ. 50-летию механико-технологического факультета, (Душанбе, 2011); респ. конф. «Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды и технических материалов», (Душанбе, 2013); респ. научно-практ. конф. «Проблемы горно-металлургической промышленности и энергетики Республики Таджикистан», (Чкаловск, 2014); XIII Нумоновские чтения «Достижения химической науки за 25 лет государственной независимости Республики Таджикистан», (Душанбе, 2016); XIV Нумановские чтения «Вклад молодых ученых в развитие химической науки», (Душанбе, 2017); Рес. науч-практ. конф. «Перспективы развития естественных наук», (Душанбе, 2018); VIII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов устойчивых к коррозии в промышленности Республики Таджикистан», посв. 70-летию академика АН Республики Таджикистан Ганиева И.Н.», (Душанбе, 2018).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и международных научных журналах и 9 материалов в республиканских и международных конференциях.

Личный вклад автора состоит в анализе литературы по теме, определение задачи на основе цели работы и их выполнения, проведение экспериментов, обработка и публикация результатов исследования.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, списка литературы. Работа изложена на 142 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 56 таблицами и 52 рисунками. Список использованной литературы включает 129 библиографических ссылок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении дано обоснование** актуальность темы исследований, определены цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость, сформулированы основные защищаемые положения.

В первой главе диссертации приведен литературный обзор о взаимодействии алюминия и магния с элементами периодической системы и их коррозионные свойства. Следует отметить изученность влияния третьих компонентов на механические свойства алюминиево-магниевых сплавов, чего нельзя сказать о химических свойствах. В целом подчеркивается перспективность комплексного использования малых добавок РЗМ для улучшения различных свойств алюминиево-магниевых сплавов. На основе анализа состояния проблемы выбран объект - сплав АМгЗ, и сформулированы задачи исследования.

Во второй главе приведены результаты исследования о влиянии скандия, иттрия, лантана, церия, празеодима и неодима на электрохимическую коррозию сплава АМгЗ в среде жидкого электролита NaCl различной концентрации.

Третья глава посвящена исследованию процесса газовой коррозии сплава АМгЗ, легированного скандием, лантаном, празеодимом и неодимом. Представлены результаты зависимости изменения скорости газовой коррозии сплава АМгЗ, легированного Sc, La, Pr и Nd от температуры и состава сплавов.

В четвертой главе представлены результаты исследования изменения теплоемкости сплава АМгЗ, содержащего скандия, иттрия и лантана от температуры.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ ПРОМЫШЛЕННОГО СПЛАВА АМгЗ С ДОБАВКАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

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

В работе для приготовления сплавов использовано алюминий марки А7 (табл.1), магний – марки Мг90 (ГОСТ 804-93), РЗМ- чистотой более 99,8 %, титан чистотой -97,7 % (ГОСТ 19807-91). Редкоземельные металлы – скандий, иттрий, церий, лантан, празеодим и неодим, а также титан использованы в виде

лигатур с содержанием от 2 до 10 % редкоземельного металла и титана. Также получены двойные сплавы алюминия с Ce, Pr и Nd до 0.5 мас. %.

Таблица 1- Химический состав алюминия марки А7 (мас.%)

Al	Fe	Si	Cu	Zn	Ti	Примеси
99.7	0.16	0.15	0.01	0.04	0.01	0.3

Для получения сплавов проведено расчет шихтовых материалов, так как от правильного выполнения данной операции зависит количественное соответствие полученного и заданного состава сплавов. При приготовлении сплавов учитывалось имеющиеся в алюминий примеси и содержание алюминия в лигатурах. В результате, был получен сплав (табл.2), состав которого соответствует среднему составу промышленного сплава АМгЗ согласно ГОСТ 4784-97.

Таблица 2- 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, иттрием, лантаном, церием, 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 были определены атомно-эмиссионным анализом и сканирующим электронным микроскопом. В качестве примера на рисунке 1 приведены дифракционные линии и химический состав компонентов сплава алюминия, содержащего 0.2 мас.% неодима, а на рисунке 2 аналитические линия для магния и железа которые показывают наличие алюминия и его примесей, магния и легирующих компонентов. Количество и интенсивность спектральных линий зависит от концентрации определяемого компонента в сплаве. В зависимости от структуры атома элемента, количества энергетических слоев и их энергии, количества валентных электронов длина волны спектральных линии у разных элементов отличается.

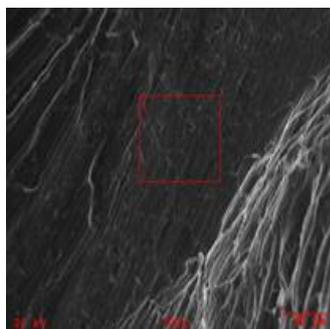
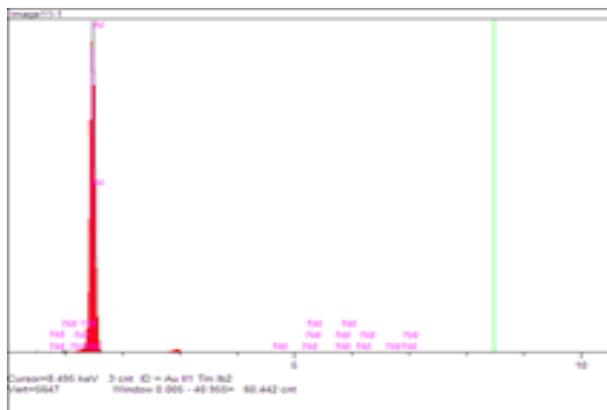


Рисунок 1- Дифракционные линии и химический состав компонентов сплава алюминия, содержащего 0.2% неодима.

	Units	Conc	Error sig ⁻²	Intensit (c/s)	Line	Elt
	%wt	99.789	47.345	5.604.55	Ka	Al

	%wt	0.211	0.741	1.37	La	Nd
Total	%wt	100.000				

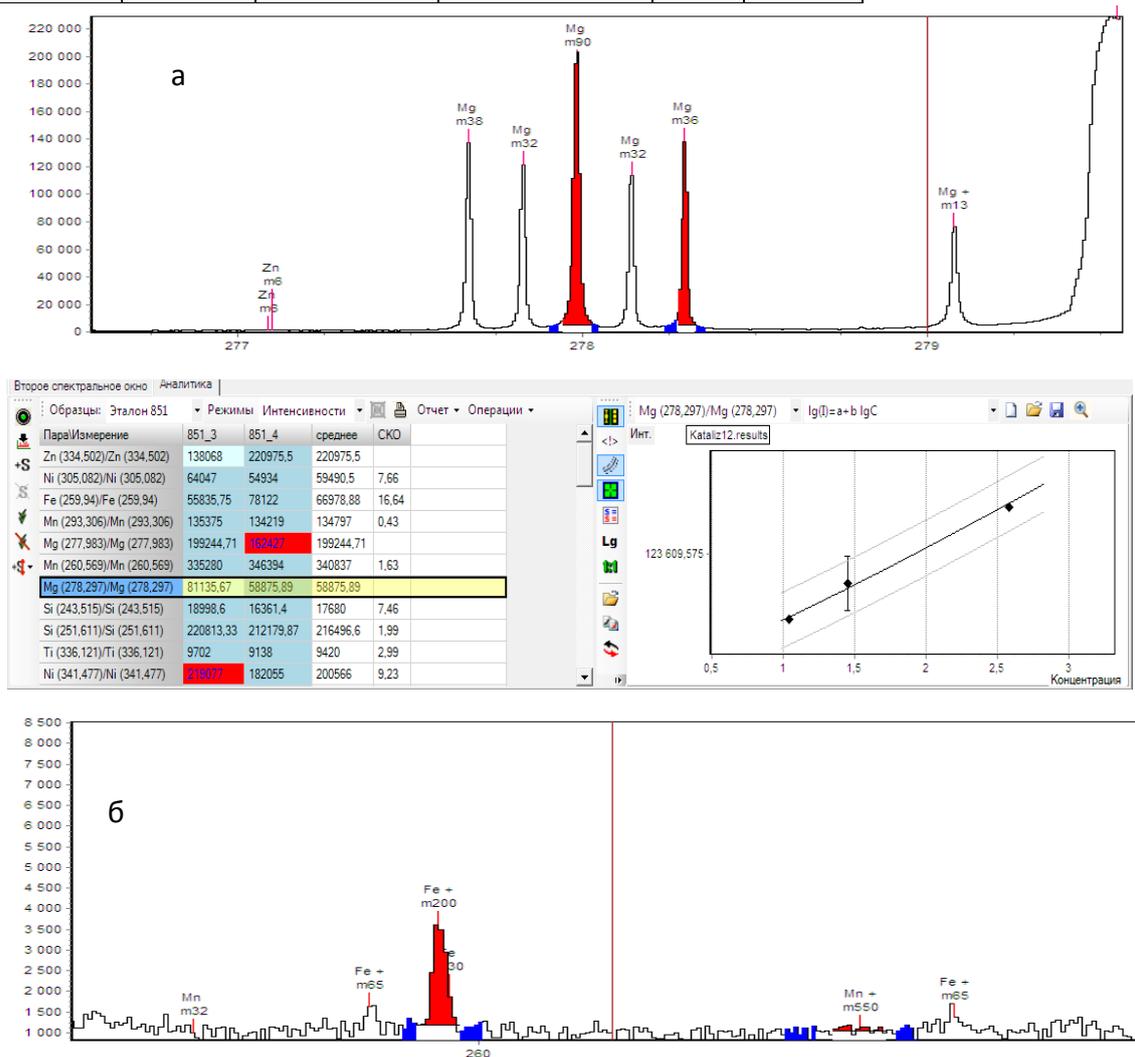


Рисунок 2- Спектральные линии магния (а) и железа (б) в сплаве АМгЗ

Изучение электрохимической коррозии как исходного, так и легированного сплава проводили на потенциостате ПИ-50-1.1. соединенное к самописцу ЛКД-4-002 при скорости развертки потенциала 2мВ/с. Термостатом (МЛШ-8) поддерживали постоянную температуру раствора в ячейке. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный, а вспомогательного – платиновый. Коррозионной средой служил раствор хлорида натрия различной концентрации.

Образцов подвергали поляризацию в положительном направлении от значение потенциала свободной коррозии до такого уровня при котором значение плотности тока коррозии достигла значение 2 A/m^2 . Затем поляризация проводилась в обратном направлении до достижения потенциала равное 0.80 В. Потенциал начала пассивации зафиксировалась при переходе к анодной поляризации путем повторной поляризации в положительную сторону. По полным поляризационным кривым установили потенциалы коррозии ($E_{\text{корр}}$), репассивации ($E_{\text{реп}}$), питтингообразования ($E_{\text{по}}$), коррозии ($E_{\text{корр}}$), начала ($E_{\text{нп}}$) и полной ($E_{\text{пп}}$) пассивации а также плотность коррозионного тока ($i_{\text{корр}}$).

Путём обработки экспериментально полученных кривых определяли ширину пассивной области ($\Delta E_{\text{пас}}$) по уравнению $\Delta E_{\text{пас}} = (E_{\text{пп}} - E_{\text{по}}^1)$, питтингостойкость образцов ($\Delta E_{\text{по}}$) по уравнению $\Delta E_{\text{по}} = (E_{\text{по}} - E_{\text{св.к}}^1)$, а также скорость коррозии (К).

Расчет плотности тока коррозии проводили по катодным кривым с учетом тафеловской константы (0,12В). Общую скорость процесса (К) рассчитывали по уравнению

$$K = i_{\text{кор.}} \cdot k,$$

где: $k = 0,335 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ для алюминия

На рисунке 3 приведены изменение потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{\text{св.корр.}}$, В) сплава АМгЗ, легированного скандием во времени, в среде 3%-ного электролита NaCl. Наблюдается отклонение потенциала свободной коррозии в положительную область, как во времени, так и от концентрации скандия. Такая зависимость наблюдается и в 0.3 и 0.03% -ном растворе NaCl. Резкое смещение потенциала наблюдается в начале погружения образца в раствор. После 10 минут ход реакции заметно замедляется. К 40-45 минутам приобретают почти постоянные значения.

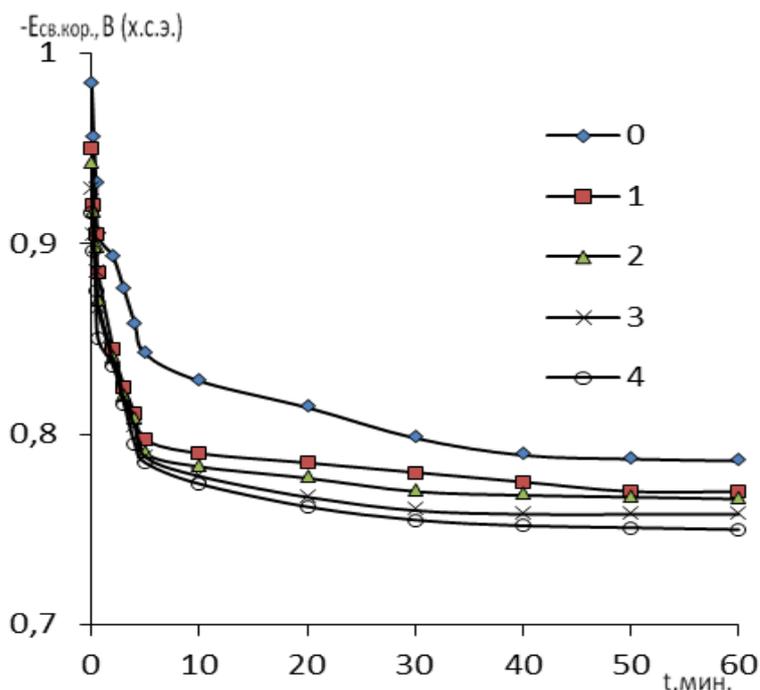


Рисунок 3- Временная зависимость потенциала свободной коррозии сплава АМгЗ(1), содержащего скандий, мас. %: 0.05 (2), 0.1(3), 0.3(4) и 0.5(5) в среде 3.0%-ном растворе NaCl

Результаты исследования влияние скандия на коррозионные характеристики сплава АМгЗ представлены в таблице 3, согласно которому добавки скандия до 0,5мас.% к исходному сплаву АМгЗ сдвигают потенциалы коррозии, репассивации и питтингообразования в положительную область значений и одновременно с этим повышается коррозионная стойкость исходного сплава.

Таблица 3-Влияние скандия на электрохимическую коррозию сплава АМгЗ, в среде электролита NaCl

Среда, раст-р NaCl	Содержание Sc, мас.%	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
		-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{п.о.}	-E _{рп.}	i _{кор.} А/м ²	K·10 ⁻³ , г/м ² ·ч
0.03%	-	0.564	0.980	0.560	0.660	0.036	12.06
	0.05	0.556	0.950	0.548	0.654	0.035	11.72
	0.1	0.548	0.940	0.540	0.644	0.032	10.72
	0.3	0.540	0.932	0.528	0.636	0.030	10.05
	0.5	0.532	0.920	0.520	0.630	0.027	9.045
0.3%	-	0.670	1.010	0.654	0.724	0.056	18.76
	0.05	0.666	0.976	0.575	0.720	0.053	17.75
	0.1	0.654	0.962	0.566	0.712	0.050	16.75
	0.3	0.646	0.954	0.552	0.700	0.047	15.74
	0.5	0.640	0.944	0.540	0.686	0.044	14.74
3%	-	0.786	1.020	0.700	0.770	0.072	24.12
	0.05	0.770	0.980	0.612	0.760	0.070	23.45
	0.1	0.766	0.976	0.600	0.748	0.067	22.44
	0.3	0.758	0.970	0.592	0.740	0.063	21.10
	0.5	0.750	0.964	0.584	0.740	0.060	20.10

Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АМгЗ с добавками лантана представлены в таблице 4.

Таблица 4-Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АМгЗ, легированного лантаном в среде электролита NaCl

Среда, раст-р NaCl	Содержание La в сплаве, %, по массе	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
		-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{п.о.}	-E _{рп.}	i _{кор.} А/м ²	K·10 ⁻³ г/м ² ·ч
0.03%	-	0.564	0.980	0.560	0.660	0.036	12.06
	0.05	0.500	0.970	0.510	0.600	0.033	11.05
	0.1	0.494	0.966	0.500	0.568	0.031	10.38
	0.3	0.490	0.960	0.492	0.562	0.028	9.380
	0.5	0.480	0.950	0.484	0.556	0.025	8.375
0.3%	-	0.670	1.010	0.654	0.724	0.056	18.76
	0.05	0.594	0.974	0.624	0.690	0.055	18.42
	0.1	0.590	0.972	0.618	0.678	0.052	17.42
	0.3	0.580	0.963	0.610	0.670	0.049	16.41
	0.5	0.574	0.956	0.606	0.666	0.046	15.41
3%	-	0.786	1.020	0.700	0.770	0.072	24.12
	0.05	0.695	0.976	0.614	0.736	0.071	23.78
	0.1	0.688	0.970	0.600	0.730	0.069	23.11
	0.3	0.680	0.968	0.590	0.724	0.066	22.11

	0.5	0.676	0.960	0.578	0.724	0.062	20.77
--	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Что касается влияния лантана то видно что, добавки лантана в пределах исследованных составов независимо от концентрации электролита уменьшает коррозию исходного сплава. Основные электрохимические потенциалы сдвигаются в область положительных значений. Такое влияние лантана, как и других РЗМ на анодные свойства сплава АМгЗ не может объясняться только уплотнением защитного фазового слоя окислов малорастворимыми продуктами коррозии. Стойкость сплавов против коррозии также зависит от изменения и модифицирования его структуры при легировании, т.е. от величины кристаллов сплавов.

Анодно-потенциодинамические кривые сплава АМгЗ, содержащего различное количество церия и празеодима в среде электролита 0.03%-ного NaCl приведены на рисунке 4.

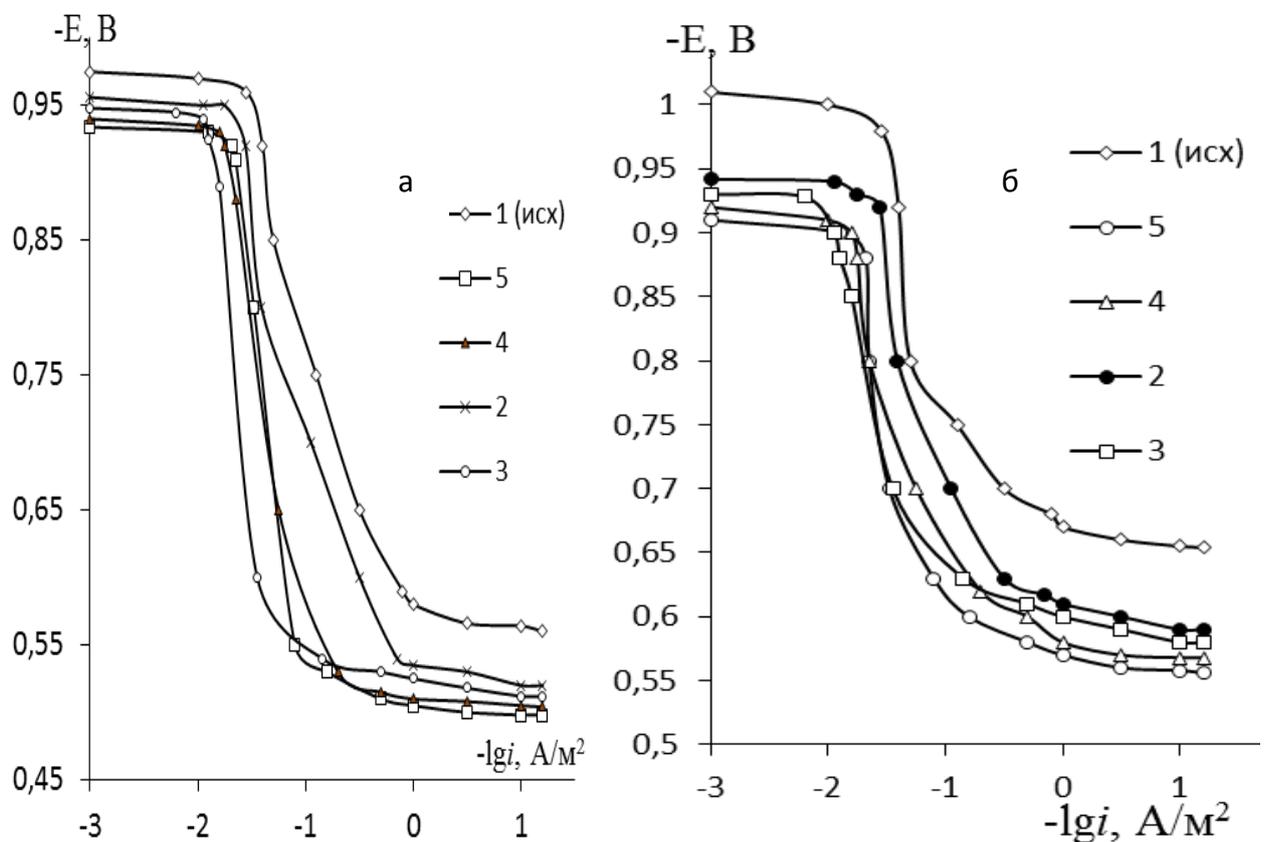


Рисунок 4- Анодно- поляризационные кривые (2мВ/с) сплава АМгЗ(1), содержащего церия (а) и празеодима (б), мас. %: 0.05(2), 0.1(3), 0.3(4), 0.5(5) в среде электролита 0,03%-ного NaCl.

Кривые характеризуются тем, что при легирования основного сплава область активно –пассивного состояния сужаются. Плотность тока растет и потенциал питтингообразования смещается в область положительных значений.

Из данных приведенных в таблице 5 относящейся к сплавам системы Al-Mg-Pr можно проследит тех же закономерности изменения скорости коррозии, что и для предыдущих сплавов.

Таблица 5-Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АМгЗ, легированного празеодимом в среде электролита NaCl

Среда, раст-р NaCl	Содержание Pr в сплаве, %, по массе	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
		-E _{св.кор}	-E _{кор}	-E _{п.о}	-E _{рп}	i _{корр.} А/М ²	K·10 ⁻³ г/М ² .ч
0.03%	-	0.564	0.980	0.560	0.660	0.036	12.06
	0.05	0.495	0.934	0.550	0.650	0.032	10.72
	0.1	0.490	0.926	0.542	0.642	0.028	9.38
	0.3	0.482	0.916	0.530	0.640	0.025	8.37
	0.5	0.476	0.906	0.520	0.635	0.022	7.37
0.3%	-	0.670	1.010	0.654	0.724	0.056	18.76
	0.05	0.612	0.942	0.590	0.715	0.052	17.42
	0.1	0.605	0.930	0.580	0.710	0.049	16.41
	0.3	0.598	0.922	0.568	0.705	0.046	15.41
	0.5	0.590	0.910	0.556	0.705	0.042	14.07
3%	-	0.786	1.020	0.700	0.770	0.072	24.12
	0.05	0.718	0.968	0.682	0.765	0.067	22.44
	0.1	0.712	0.960	0.670	0.760	0.064	21.44
	0.3	0.700	0.950	0.658	0.754	0.060	20.10
	0.5	0.692	0.940	0.644	0.750	0.058	19.43

Обобщающую картину о влиянии редкоземельных металлов на коррозионные характеристики сплава АМгЗ можно рассмотреть в приведенные на рисунках 5 и 6 зависимости скорости коррозии сплава АМгЗ от содержания РЗМ в сплаве и от порядкового номера РЗМ, соответственно.

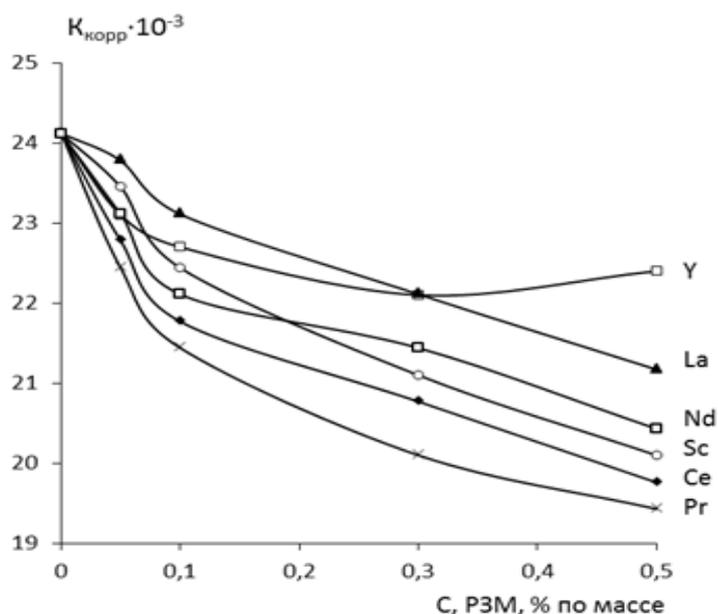


Рисунок 5- Зависимость скорости коррозии сплава АМгЗ от содержания РЗМ в сплаве в среде электролита 3%-ного NaCl.

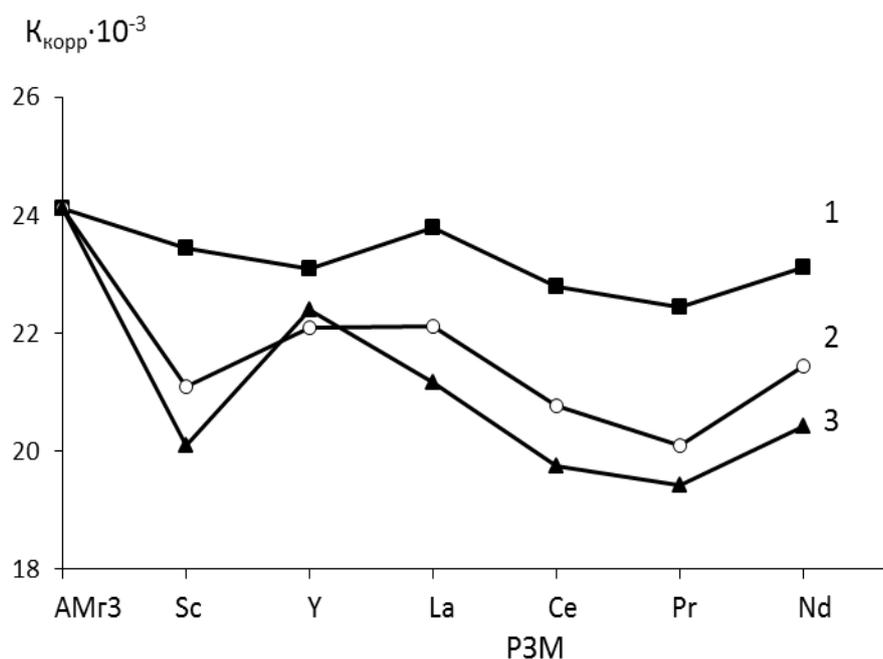


Рисунок 6- Зависимость изменения скорости коррозии сплава АМг3 с добавками редкоземельных металлов 1-0.05, 2-0.3 и 3-0.5 мас.% от порядкового номера РЗМ

Для всех сплавов характерно снижение скорости коррозии от концентрации РЗМ в сплаве. Следует отметить, что с учетом всех погрешностей добавки редкоземельных металлов до ~ 1.0 мас.% заметно повышают коррозионную устойчивость сплава основы. На устойчивость сплава к коррозии влияют также неизбежные примеси алюминия и другие малые добавки. Они оказывают влияния на формировании структуры сплава, которая и определяет комплекс его физико-химических, механических, коррозионностойких и технологических свойств.

ОКИСЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СПЛАВА АМг3 С ДОБАВКАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

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 прокаленные при температуре 1273К до достижения постоянного веса. Состав сплавов подвергнутых окислению аналогично составу сплавов для изучения электрохимической коррозии. Изучения продуктов окисления сплавов проведены методом ИК-спектроскопии.

На рисунке 7 представлены кривые окисления сплава АМг3 в твердом состоянии при температурах 723,773 и 823К.

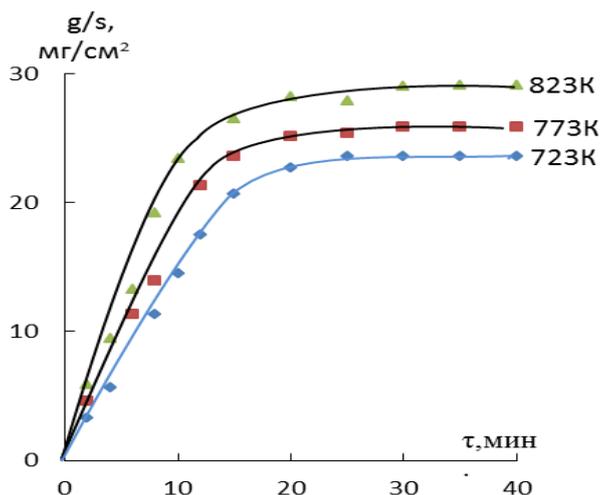


Рисунок 7- Кривые окисления сплава АМгЗ в атмосфере воздуха в твердом состоянии

Кривые характеризуются резким увеличением удельной массы в начале процесса с последующим замедлением. Оба основных компонента сплава относятся к активным металлам. Основное их отличие в рамках рассматриваемого вопроса состоит в том, что при окислении алюминия образуется тонкая, но прочная оксидная пленка, защищающая поверхность реагирования от дальнейшего окисления, чего нельзя сказать о магнии. Это положение приводит к выводу, что добавки магния в целом увеличивают скорость окисления алюминия.

Результаты обработки кривых окисления сплавов системы Al-Mg-Sc представлены в таблице 6, свидетельствуют о том, что при добавке скандия

Таблица 6- Параметры процесса окисления алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, легированного скандием в твердом состоянии

Содержание скандия в сплаве АМгЗ, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, $K \cdot 10^{-4}$ $кг/м^2 \cdot сек.$	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	

в количестве до 0.5 мас. % наблюдается незначительное снижение скорости окисления исходного сплава. Если, при легировании сплава 0.05 мас. % скандием при температуре 773К скорость окисления составляет $4.6 \cdot 10^{-4}$ кг/м²·сек, то при этой же температуре и увеличении концентрации легирующей добавки в два раза также наблюдается снижение скорость окисления (табл. 6).

Приведенные в таблице 7 кинетические и энергетические параметры окисления алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, легированного лантаном, указывают на уменьшение скорости газовой коррозии основного сплава, что, по-видимому, связано с роли 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 незначительно, но они играют определенную роль.

Таблица 7- Параметры процесса окисления алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, легированного лантаном

Содержание лантана в сплаве АМгЗ, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, К·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 рисунке 8 зависимость $\lg K$ от $1/T$ для сплавов системы Al-Mg-Pr характеризуется прямыми линиями. Наибольший угол наклона, по которым рассчитана энергия активации окисления, приходится на сплав, содержащий 0,5мас.% легирующего компонента, а наименьший - на сплав АМгЗ.

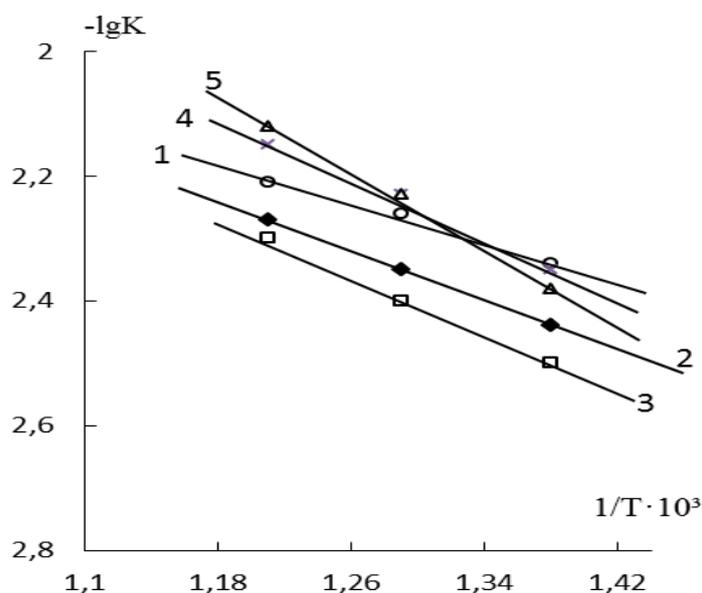


Рисунок 8- Зависимость $\lg K$ от $1/T$ для сплава АМгЗ (1), содержащего празеодима 0.05(2), 0.1(3), 0.3(4) и 0.5(5) мас.%.

Из данных таблицы 8 следует, что введение небольшого количества неодима (до 0,5мас.%) к алюминиевым сплавам повышают их устойчивость к газовой коррозии.

Таблица 8- Параметры процесса окисления твердого алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, легированного неодимом

Содержание Nd в сплаве АМгЗ, 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.9), заключающейся в повышении скорости окисления с ростом температуры, увеличение значения кажущейся энергии активации при переходе от лантана к неодиму, что соответствует изменению свойств РЗМ по порядковому номеру. При этом следует отметить, что на суммарную скорость окисления сплавов влияют также и индивидуальные свойства, как сплав основы, так и легирующего компонента (теплота образования оксидов, сродство к кислороду, потенциал ионизации и др.).

Таблица 9- Зависимость кажущейся энергии активации окисления сплава АМгЗ с РЗМ от состава

Система	Концентрация РЗМ, мас.%				
	0.0	0.05	0.1	0.3	0.5
АМгЗ+Sc	85.2	96.3	109.7	118.9	127.4
АМгЗ+La	85.2	88.2	97,1	112.6	126.1
АМгЗ+Pr	85.2	91.4	104,6	108.7	129.9
АМгЗ+Nd	85.2	95.32	103.9	116.6	136.7

При сравнение сплавов систем АМг0.2 и АМгЗ, легированных Pr иNd обнаружено высокая устойчивость последнего, что, по-видимому, связано с образованием тугоплавких фаз.

Качественную оценку влияния легирующих компонентов на окисляемость сплавов дает исследование продуктов окисления, результаты которых в качестве примера приведены на рисунке 9.

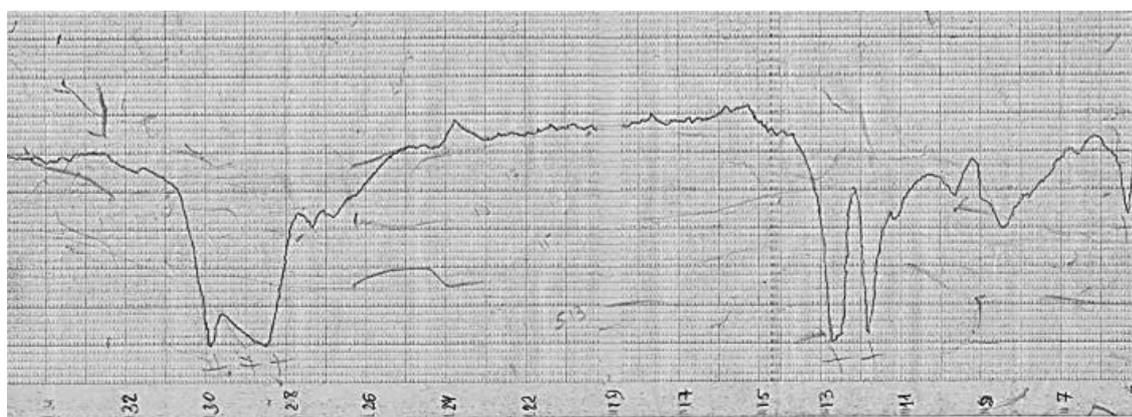


Рисунок 9- ИК –спектры продуктов окисления сплава АМгЗ, легированного скандием.

Полосы поглощения в областях $470, 670, 680, 750, 760 \text{ см}^{-1}$ относится к валентным колебаниям связи Al-O. Полосы в областях $600, 700-900 \text{ см}^{-1}$ свидетельствуют о наличие MgO. Также обнаружено образование шпинели в области частот $1100-1250 \text{ см}^{-1}$ с участием редкоземельных металлов, которые замедляют скорость диффузии.

Проведенные исследования свидетельствуют о перспективности применения использованных 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.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ СПЛАВА АМГЗ, ЛЕГИРОВАННОГО СКАНДИЕМ, ИТТРИЕМ И ЛАНТАНОМ

Теплофизические свойства металлов и сплавов изменяются при нагреве и охлаждении. Поэтому важно знать не только абсолютные значения каждого из свойств, характеризующие изучаемые материалы при комнатной температуре, но и закономерности их изменения при нагреве и охлаждении.

Зависимость изменения теплоемкости металлов и сплавов от температуры исследована «методом охлаждения» описывающий закон охлаждения Ньютона-Рихмана в интервале температур 300-800К. Образцы для исследования представляли собой стержни диаметром 16 мм, длиной 30 мм. В качестве эталона использовали медь, результаты которого хорошо коррелируется с литературными данными. Для обработки результатов эксперимента использована программа MS Excel и Sigma Plot. Среднее значение коэффициента регрессии составлял 0,998.

Зависимость температуры от времени охлаждения образцов подчиняется следующей формуле:

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau} \quad (1)$$

где a, b, p, k – константы, τ – время охлаждения.

Дифференцируя (1) по времени получаем уравнение для вычисления скорости охлаждения во времени:

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau} \quad (2)$$

Принимая во внимание одинаковую поверхность и размеры эталона и исследуемого образца (при этом коэффициент теплоотдачи $\alpha_1 = \alpha_2$), а также определяя массы эталона (m_1) и исследуемого образца (m_2), удельную теплоемкость (C_1) и скорости охлаждения $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)$ образцов, теплоемкость исследуемого образца вычисляли по уравнению:

$$C_{p2}^0 = \frac{C_p^0 m_1 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2} \quad (3)$$

Вычисленные значение коэффициентов в уравнения (2), по которому определены зависимость скорости охлаждения сплавов от температуры, представлены в таблице 10.

Зависимость скорости охлаждения сплава АМгЗ, легированного скандием от температуры и зависимость изменения температуры образцов от времени охлаждения для сплава АМгЗ, легированного иттрием представлены на рисунках 10 и 11, соответственно. Кривые, относящиеся к легированному сплаву, более растянуты по сравнению со сплавом основы (рис.10). В экспериментально полученные зависимости температуры образцов сплава АМгЗ с иттрием от времени (рис. 11) выявлено закономерность, заключающейся в резком снижении температуры до 500-550К у легированных сплавов. Далее у сплавов, содержащих до 0,1 мас.% легирующего компонента падение температуры во времени ослабевает, чего у более концентрированных сплавов не наблюдается.

Таблица 10- Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнение (2) для сплава АМгЗ со скандием

Содержание Sc в АМгЗ, мас. %	a , К	b , $10^{-3} \cdot c^{-1}$	p , К	$k, 10^{-n} \cdot c^{-1}$	ab , $K \cdot c^{-1}$	pk , $K \cdot c^{-1}$
0,0	523.02	3.83	397.57	$2.08 \cdot 10^{-4}$	2.00	0.08
0,05	513.65	3.86	406.28	$2.75 \cdot 10^{-4}$	1.98	0.11
0,1	376.15	5.83	571.19	$5.75 \cdot 10^{-4}$	2.19	0.32
0,3	523.75	3.51	388.78	$1.91 \cdot 10^{-4}$	1.83	0.07
0,5	471.17	3.87	401.15	$2.03 \cdot 10^{-4}$	1.82	0.08

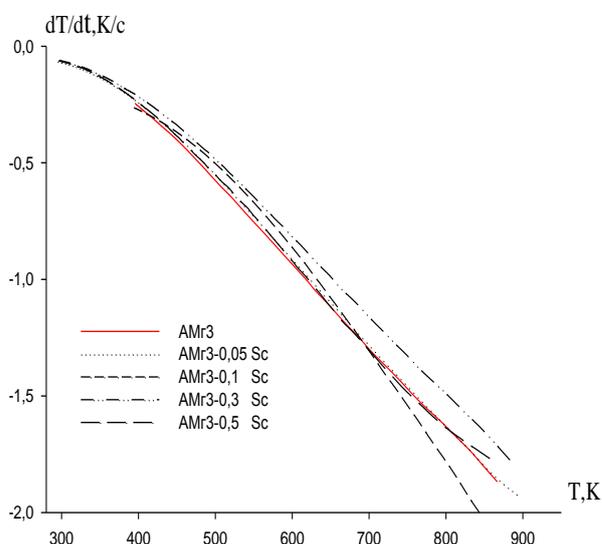


Рисунок 10 - Зависимость скорости охлаждения сплава АМгЗ, легированного Sc от температуры

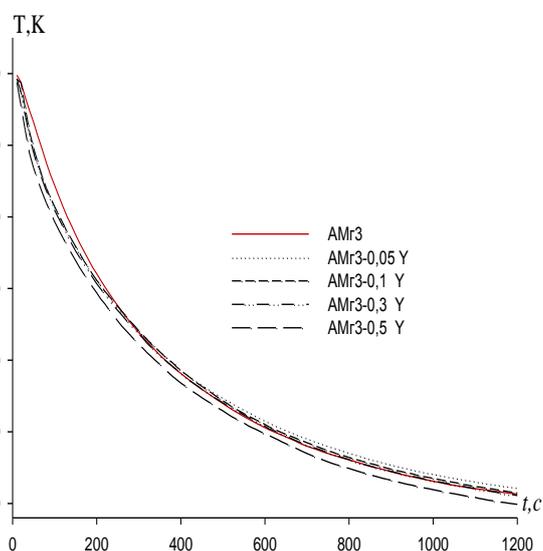


Рисунок 11- Зависимость температуры образцов от времени охлаждения для сплава АМгЗ, легированного Y

Зависимость удельной теплоёмкости сплава АМгЗ со скандием от температуры и состава представленные в таблице 11 показывают общую

динамику роста теплоемкости от температуры независимо от состава. Добавки скандия приводит к незначительному снижению теплоемкости сплава АМгЗ.

Таблица 11- Температурная зависимость удельной теплоёмкости (Дж/кг·К) сплава АМгЗ со скандием

Т,К	Содержание скандия в сплаве АМгЗ, мас.%				
	0.0	0.05	0.1	0.3	0.5
300	900.70	900.53	900.36	899.71	899.04
350	922.27	922.10	921.92	921.25	920.55
400	942.96	942.78	942.59	941.90	941.17
450	963.20	963.01	962.82	962.10	961.34
500	983.41	983.22	983.02	982.28	981.49
550	1004.05	1003.84	1003.64	1002.87	1002.05
600	1025.53	1025.32	1025.10	1024.31	1023.46
650	1048.29	1048.07	1047.85	1047.03	1046.15
700	1072.77	1072.54	1072.31	1071.47	1070.55
750	1099.40	1099.16	1098.92	1098.04	1097.09
800	1128.62	1128.37	1128.12	1127.20	1126.20

Используя экспериментально полученные результаты скорости охлаждения и рассчитанные значение теплоемкости, определяли зависимость коэффициента теплоотдачи сплавов от температуры, графический вид, которого представлена на рисунке 12. Коэффициент теплоотдачи легированных сплавов при высоких температурах (>550К) незначительно больше чем у сплава АМгЗ.

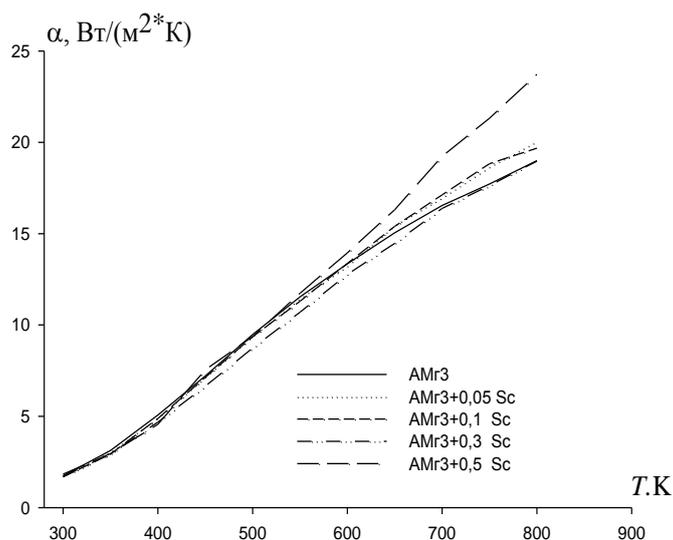


Рисунок 12- Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи сплава АМгЗ, легированного скандием

Вычисленные значения C_p для сплава АМгЗ с лантаном через 50 К представленные в таблице 12 показывают, что добавки лантана в рамках исследованных составов незначительно уменьшают удельную теплоёмкость основного сплава.

Таблица 12- Температурная зависимость удельной теплоёмкости (Дж/кг·К) сплава АМг3 с лантаном

Т,К	Содержание лантана в сплаве АМг3, мас.%				
	0.0	0.05	0.1	0.3	0.5
300	900.70	900.38	900.10	898.88	897.68
350	922.27	921.95	921.66	920.39	919.16
400	942.96	942.62	942.33	941.03	939.77
450	963.20	962.85	962.55	961.21	959.92
500	983.41	983.06	982.75	981.38	980.05
550	1004.05	1003.68	1003.37	1001.96	1000.60
600	1025.53	1025.15	1024.84	1023.39	1022.00
650	1048.29	1047.90	1047.58	1046.10	1044.67
700	1072.77	1072.37	1072.04	1070.51	1069.04
750	1099.40	1098.99	1098.65	1097.07	1095.56
800	1128.62	1128.19	1127.84	1126.21	1124.64

В целом, из данных таблицы 11 и 12 следует, что теплоёмкость сплавов независимо от состава с повышением температуры значительно увеличивается. В зависимости от состава сплавов эта величина у легированных сплавов незначительно ниже, чем у сплава АМг3, т.е. легирование приведет к снижению удельной теплоёмкости основного сплава.

ВЫВОДЫ

1. Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение сплава АМг3, промышленного состава легированного редкоземельными металлами, в среде электролита NaCl и показано, что добавки Sc, Y, La, Ce, Pr и Nd в интервале 0,1- 0,5 мас.% увеличивают коррозионную стойкость сплава АМг3. Смещение потенциалов коррозии и питтингообразования в положительную область значений свидетельствует о росте питтингоустойчивости сплавов. Среды исследованных редкоземельных металлов наиболее эффективным является скандий, церий и празеодим. Изменения скорости электрохимической коррозии сплавов от концентрации электролита характеризуются тем, что в наибольше концентрированном электролите скорость коррозии сплавов увеличивается почти в 2 раза.

2. Методом термогравиметрии исследована кинетика окисления сплава АМг3, легированного Sc, La, Pr и Nd в твердом состоянии в атмосфере воздуха. Окисления описывается параболическому закону с порядком реакции $10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$. Редкоземельные металлы в пределах до 0,5 мас.% снижают окисления алюминиево-магниевого сплава. Если при добавке магния силы связи в объеме твердого раствора ослабляются, то редкоземельные металлы, по-видимому, оказывают упрочняющее воздействие. Здесь также влияет образование интерметаллических соединений. Температурный фактор для всех сплавов

одинаковы, т.е. с ростом температуры скорость окисления повышается. В целом наиболее оптимальной концентрацией редкоземельных металлов можно считать до 0,5мас. %.

3. ИК-спектроскопическим методом установлено, что доминантной фазой в продуктах окисления сплавов являются γ - Al_2O_3 и MgO . Роль этих оксидов характеризуется тем, что магний, находясь на границе зерен, первым начинает окисляться. Оксидная пленка магния достаточно пористая, что способствует дальнейшему росту окисления. Тем временем прочный оксид алюминия замедляет процесс. В продуктах окисления сплавов с участием редкоземельных металлов обнаружено присутствие оксидов типа шпинели, которые замедляют скорость диффузии.

4. Проведенные исследования подтверждают перспективность использования редкоземельных металлов в качестве легирующей добавки к алюминиево-магниевым сплавам, что достаточно хорошо согласуется с данными других авторов о положительном влиянии редкоземельных металлов на свойства алюминиево-магниевых сплавов.

5. Исследованием температурной зависимости изменения теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава AlMg_3 , легированного редкоземельными металлами выявлено закономерности этих изменения заключающейся в том, что повышение температуры приведет к значительному росту теплоемкости, а влиянии РЗМ характеризуются незначительным её снижением.

6. Результаты исследования нашли применения в изготовлении изделий ответственного назначения, о чем составлены соответствующие акты внедрения и использования.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в научных журналах, определенных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

1. Пулотов, П.Р. Исследование влияние скандия и лантана на электрохимическую коррозию сплава AlMg_3 / П.Р. Пулотов, М.Т. Норова, Б.Б. Эшов, И.Н. Ганиев // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2018. т.61, №3. -С. 265-271.
2. Пулотов, П.Р. Окисления промышленного сплава AlMg_3 с добавками редкоземельных металлов /П.Р. Пулотов, Б.Б. Эшов //Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ-мат., хим., геол. и техн. наук-2017. №4. (169), -С. 81-89.
3. Джаборов Т., Электрохимическое поведение промышленного сплава AlMg_3 , легированного иттрием / Т. Джаборов, Б.Б. Эшов, П.Р. Пулотов //Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2015. Т. 34. № 3. -С. 46-49.
4. Razazi, M. Structure and Properties of Aluminum Alloys with Cerium, Praseodymium and Neodymium /M. Razazi, B.B. Eshov, P.R. Pulotov, A. Badalov // Oriental Journal of chemistry, 2012, Vol. 28, No. (4). -P. 1625-1629.

Статьи, опубликованные в материалах конференций:

5. **Пулотов, П.Р.** Влияние церия, празеодима и неодима на коррозию сплава АМг3 / П.Р. Пулотов, Б.Б. Эшов, М.Т. Норова // Сб. мат. VIII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов устойчивых к коррозии в промышленности Республики Таджикистан», посв. 70-летию академика АН Республики Таджикистан Ганиева И.Н.- Душанбе, 2018.-С. 69-73.
6. **Пулотов, П. Р.** Влияния церия на потенциал свободной коррозии промышленного сплава АМг3/ П.Р. Пулотов, Б.Б. Эшов, И.Н. Ганиев // Проблемы аналитического контроля объектов окружающей среды и технических материалов. ТНУ, Душанбе, 2013, -С. 35-37.
7. **Пулотов, П.Р.** Влияние скандия и иттрия на теплоемкость сплава АМг3 /П.Р. Пулотов, Б.Б. Эшов, М.Т. Норова // Сб. мат. VIII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы использования материалов устойчивых к коррозии в промышленности Республики Таджикистан», посв. 70-летию академика АН Республики Таджикистан Ганиева И.Н. -Душанбе, 2018. -С. 66-69.
8. Норова, М.Т. Исследование влияние скандия на электрохимическую коррозию сплава АМг3 / М.Т. Норова, **П.Р. Пулотов**, Б.Б. Эшов //Материалы рес. науч-практ. конф. «Перспективы развития естественных наук», Душанбе, 2018.-С. 50-53.
9. Норова, М.Т. Влияние индия на потенциал свободной коррозии сплава АМг2 / М.Т. Норова, **П.Р. Пулотов**, И.Н. Ганиев // Сборник материалов XIV Нумановские чтения «Вклад молодых ученых в развитие химической науки». -Душанбе, 2017, -С. 145 -148.
- 10.Норова, М.Т. Влияние празеодима и неодима на кинетику окисления сплава АМг0,2 / М.Т. Норова, Б.Ш. Нарзиев, И.Н. Ганиев **П.Р. Пулотов**, //Сб. мат. XIII Нумановские чтения Достижения химической науки за 25 лет государственной независимости Республики Таджикистан,-Душанбе, 2016, -С. 139-141.
- 11.Иброхимов С.Ж Теплофизическая свойства сплава АМг4 легированного празеодимом и неодимом / С.Ж Иброхимов, **П.Р. Пулотов**, Б.Б Эшов. И.Н. Ганиев //Сборник научных статей: Междун. научно-практ. конф. «Инновация- основа развития сельского хозяйства», -Душанбе, 2015. -С. 94-96.
- 12.**Пулотов, П.Р.** Теплоемкость сплава АМг3 легированного скандием / П.Р. Пулатов, Б.Б. Эшов, И.Н. Ганиев, Н.Ф. Иброхимов //Проблемы горно-металлургической промышленности и энергетики Республики Таджикистан. –Чкаловск, 2014. –С. 63-65.
- 13.Разози, М.Б. Структура алюминиевых сплавов с некоторыми редкоземельными металлами / М.Б. Разози, Б.Б. Эшов, **П.Р. Пулотов** // Матер. респуб. научно-технич. конф, посвящ. 50-летию механико-технол. фак-та ТТУ- Душанбе, 2011. -С. 77-80.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба рисолаи Пулотов Парвиз Рузибоевич «Таъсири металҳои нодир ба хосиятҳои коррозияи хӯлаи саноатии АМгЗ» барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзоди илмҳои химия аз рӯи таҳассуси 05.17.03 – технологияи равандҳои электрохимиявӣ ва муҳофизат аз коррозия

Мақсади рисола – дар омӯзиши мубодилаи хӯлаи алюминии АМгЗ, ки бо металҳои нодирзамин (МНЗ) ҷавҳаронида шудааст бо муҳити коррозиянӣ ва муайян намудани механизм ва қонуниятҳои онҳо.

Навгониҳои натиҷаҳои ба даст омада:

- таъсири скандий, иттрий, серий, празеодим ва неодим ба коррозияи электрохимиявӣ хӯлаи алюминий-магний (АМгЗ) омӯхта шуданд. Қонуниятҳои тағирёбии суръати коррозияи хӯлаҳо аз консентратсияи электролит ва таркиби хӯлаҳо муайян карда шуданд;

- механизм ва кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминий-магний (АМгЗ), ки бо металҳои нодирзамин ҷавҳаронида шудааст дар ҳолати сахтӣ муайян карда шуданд. Қонуниятҳои тағирёбии суръати коррозияи газӣ аз ҳарорат ва таркиби хӯлаҳо нишон дода шудааст;

- муайян карда шуд, ки ҳосилшавии пайвастагиҳои оксиди ҳамчун маҳсули оксидшавии хӯлаҳо аз ҳарорати оксидшавӣ ва консентратсияи моддаҳо дар хӯла вобастагӣ дорад;

- вобастагии ҳароратии тағирёбии гармиғунҷоиш ва коэффисиенти гармидиҳии хӯлаи АМгЗ, ки бо металҳои нодир ҷавҳаронида шудааст омӯхта шуданд. Қонуниятҳои ин тағирёбиҳо аз он иборат аст, ки бо баландшавии ҳарорат қимати гармиғунҷоиш баланд шуда, бо боло рафтани консентратсия МНЗ дар хӯла ин нишондод кам мешавад.

Рисолаи номзадӣ аз муқаддима, чор боб, хулосаҳо ва номгӯи адабиётҳои истифода шуда иборат буда, дар 142 саҳифаи компюторӣ хуруфчинӣ шудааст, ки 56 ҷадвал, 52 расм ва 129 номгӯи адабиётҳоро дар бар мегирад, баён карда шудааст.

Интишорот. Аз рӯи натиҷаҳои мавзӯи рисолаи диссертатсионӣ 13 корҳои илмӣ нашр шудаанд, ки аз онҳо 4 мақола дар маҷаллаҳои, ки ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия додааст ва 9 маводҳои конферонсҳои сатҳи байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ мебошанд.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаи АМгЗ, магний, скандий, иттрий, лантан, серий, празеодим, неодим, коррозияи металҳо ва хӯлаҳо, суръати коррозия, гармиғунҷоиш, коэффисиенти гармидиҳӣ, кинетикаи оксидшавӣ, энергияи фаъолнокӣ.

АННОТАЦИЯ

на диссертационную работу Пулотова Парвезджона Рузибоевича «Влияние редкоземельных металлов на коррозионные свойства промышленного сплава АМгЗ», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Цель работы - состояла в изучение взаимодействие алюминиевого сплава АМгЗ, легированного редкоземельными металлами (РЗМ) с коррозионной средой, установление механизма и закономерности их взаимодействия.

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

- изучено влияние скандия, иттрия, лантана, церия, празеодима и неодима на электрохимическую коррозию алюминиево-магниевого сплава АМгЗ. Установлено закономерности изменения скорости электрохимической коррозии сплавов от концентрации электролита и состава сплавов. Разработаны составы сплавов устойчивых к электрохимической коррозии;

- установлено механизм и кинетика параметров окисления алюминиево-магниевого сплава АМгЗ, легированного РЗМ в твердом состоянии. Выявлены закономерности изменения скорости газовой коррозии от температуры и состава сплавов. Определены оптимальные концентрации легирующих добавок способствующих повышению жаростойкости сплава АМгЗ;

- выявлено, что образование оксидных соединений как продукт окисления сплавов зависит от температуры окисления и концентрации компонентов в сплаве;

- исследовано температурная зависимость изменения теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава АМгЗ, легированного редкоземельными металлами. Выявлено закономерности этих изменения заключающейся в том, что рост температуры приводит к увеличению теплоемкости сплавов, а повышение концентрации редкоземельных металлов в сплаве приводит к незначительному снижению теплоемкости.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы. Работа изложена на 142 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 56 таблицами и 57 рисунками. Список использованной литературы включает 129 библиографических ссылок.

Публикации: По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 4 в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 9 работ в материалах международных и республиканских конференций.

Ключевые слова: сплав АМгЗ, магний, скандий, иттрий, лантан, церий, празеодим, неодим, коррозия металлов и сплавов, скорость коррозии, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, кинетика окисления, энергия активации.

ABSTRACT

on the thesis of Pulotov Parvisgon Ruziboevich "Influence of rare earth metals on the corrosion properties of the industrial alloy AMg3" presented on competition of a scientific degree of candidate of chemical Sciences, specialty 05.17.03 – technology of electrochemical processes and corrosion protection

The aim of the work was to study the interaction of aluminum alloy AMg3 doped with rare earth metals corrosive environment, the establishment of the mechanism and laws of their interaction.

The novelty of the results is as follows:

-the influence of scandium, yttrium, lanthanum, cerium, praseodymium and neodymium on electrochemical corrosion of aluminum-magnesium alloy AMg3 was studied. The regularities of changes in the rate of galvanic corrosion of the alloys on the concentration of the electrolyte and alloy composition;

-set the mechanism and kinetics parameters of oxidation of aluminum–magnesium alloy AMg3, alloyed rare earth metals in the solid state. Regularities of changes in the rate of gas corrosion from the temperature and composition of alloys are revealed;

- it was revealed that the formation of oxide compounds as a product of oxidation of alloys depends on the oxidation temperature and the concentration of components in the alloy;

- the dependence of the change in the heat capacity and heat transfer coefficient of the alloy AMg3 doped with rare earth metals on the temperature and composition of the alloys. The regularity of these changes is that with the increase in temperature in all alloys specific heat increases, and with the increase in the concentration of rare earth metals the heat capacity decreases.

Thesis consists of introduction, four chapters, conclusions, references. The work is presented on 142 pages of a computer set, illustrated with 56 tables, 52 figures. The list of the used literature includes 129 references.

Publications: 13 papers were published on the topic of the dissertation, including 4 articles in journals recommended by the WAC under the President of the Republic of Tajikistan, 9 papers in international and national conferences.

Keywords: alloy AMg3, magnesium, scandium, yttrium, lanthanum, cerium, praseodymium, neodymium, corrosion of metals and alloys, the corrosion rate, dependence of heat capacity on temperature, heat capacity, heat transfer coefficient, kinetics of oxidation, activation energy.