

УДК 544.723

СОЧЕТАНИЕ ТЕРМОДЕСОРБЦИИ И ИНИЦИИРОВАННОЙ МАТРИЦЕЙ/ПОВЕРХНОСТЬЮ ЛАЗЕРНОЙ ДЕСОРБЦИИ/ИОНИЗАЦИИ ПРИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.К. Буряк*, И.С. Пыцкий, Т.М. Сердюк, А.В. Ульянов

Учреждение Российской академии наук Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
Ленинский проспект 31, Москва 119991, Россия

Показана возможность совместного применения методов ТДМС и МАЛДИ/ПАЛДИ для исследования поверхности конструкционных материалов на примере сплава АМг-6. Идентифицированы органические и неорганические примеси на поверхности. Оценена глубина проникновения органических и неорганических соединений в приповерхностные слои материалов. Определены энергии активации процессов десорбции и хемосорбции, построены трехмерные диаграммы распределения соединений-маркеров по поверхности сплава АМг-6.

ВВЕДЕНИЕ

Различные варианты масс-спектрометрического метода используются в исследовании поверхности материалов [1, 2]. Термодесорбционный масс-спектрометрический метод (ТДМС) позволяет определять органические и неорганические соединения на поверхности и в объеме материала, энергетические характеристики процессов десорбции и хемосорбции [3, 4].

Относительно новым методом является масс-спектрометрия с инициированной (активированной) матрицей лазерной десорбцией/ионизацией (МАЛДИ), разработанная в 80-х годах прошлого века. Метод позволяет анализировать лабильные, в частности, металлоорганические и неорганические, а также высокомолекулярные соединения, в том числе олигомеры и полимеры на поверхностях разного типа. Вариант масс-спектрометрии с активированной поверхностью лазерной десорбцией/ионизацией (ПАЛДИ) позволяет анализировать вещества без матрицы, что важно для исследования процессов *in situ*. Возможен анализ реальной поверхности материала и построение трехмерных диаграмм распределения вещества на поверхности. Несмотря на широкие возможности рассмотренных методов, сложность химии поверхности требует для ее изучения их комплексного применения.

* контактный автор AKBuryak@mail.ru

В табл. 1 обобщены результаты сравнения двух масс-спектрометрических методов, рассматриваемых в настоящей работе, применительно к исследованию поверхностей конструкционных материалов. Сравнение проведено относительно следующих критериев: диапазон масс химических соединений, молекулы, которые могут быть проанализированы, критерии идентификации и сложность пробоподготовки.

Табл. 1. Сравнение различных методов

Характеристики	ТДМС	МАЛДИ/ПАЛДИ
диапазон масс, Да	1–1000	1–500000
химические свойства молекул	нет ограничений	любые, но необходимы матрицы или специальная поверхность
параметры идентификации	энергия активации десорбции, характеристический ион, изотопный состав	характеристический ион, изотопный состав
пробоподготовка	простая	сложная
анализ основывается на масс-спектрах:	анализируемых молекул, продуктов деструкции	анализируемых молекул

Как следует из таблицы, методы МАЛДИ и ПАЛДИ охватывают более широкую область масс исследуемых веществ. Три критерия идентификации используются в ТДМС: характеристический ион, изотопный состав,

энергия активации иона или объема удерживания. Наиболее простая пробоподготовка проводится при использовании метода ТДМС. На первый взгляд, этот метод не имеет никаких ограничений со стороны химических свойств молекул, но в методе ТДМС анализ и идентификация часто основаны только на продуктах деструкции, и поэтому сложно установить исходную структуру молекулы, если она неизвестна. Очевидно, что на основе комплексного применения нескольких методов получают более надежные результаты, чем на основе одного из них.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В настоящей работе использовали масс-спектрометры JMS-D300 и VARIAN MAT 311A. Термодесорбционные исследования проводили с помощью прямого ввода в интервале температур от 30 до 400°C либо с помощью высокотемпературной приставки в интервале 30–1000°C, скорость нагрева образца варьировали от 2 до 50°C в минуту. Время записи спектров в диапазоне массовых чисел от 10 до 300 m/z либо от 40 до 450 m/z варьировалось от 2 до 10 с. Образец помещали в кварцевый капилляр (пиролизер), присоединяемый непосредственно к ионному источнику масс-спектрометра.

Полученные в результате эксперимента термограммы представлены в виде кривых полного ионного тока (ПИТ) и масс-хроматограмм по отдельным ионам, характерным для исследуемых молекул.

Для проведения термодесорбционного анализа модельные образцы готовили в виде порошков с размером зерна 0,125–0,150 мм для увеличения их поверхности и удобства помещения в пиролизер. Исследуемые образцы тщательно промывали органическими растворителями согласно [5]. Нанесение адсорбатов проводили из растворов. После выдержки в течение 24 ч образцы отфильтровывали и высушивали в токе гелия.

При исследовании состава органических веществ на поверхности сплава АМг-6 использовали порошок, соскобленный с поверхности металлоконструкций. Толщину соскабливаемого слоя определяли микрометром. Отбирали серию образцов с толщиной слоя 8–10 мкм до глубины 50–60 мкм.

Количественный анализ осуществляли хроматографическим методом, определяя

остаточную концентрацию раствора, в котором выдерживали образцы, либо с помощью внутреннего стандарта, наносимого прямо на порошок, уже помещенный в пиролизер. В качестве внутреннего стандарта использовали дейтерированные или хлорсодержащие ароматические углеводороды в легколетучем растворителе. Навеска обычно составляла 1–4 мг.

ПАЛДИ масс-спектры исследуемых веществ регистрировались в режиме RP Per Mix на приборе Ultraflex фирмы Bruker, оборудованном азотным лазером с длиной волны 337 нм и энергией 110 мкДж. Масс-анализатор – времяпролетный. Запись спектров производили в режиме регистрации положительных и отрицательных ионов. Масс-спектры регистрировали при энергии лазера 80–95% от максимальной.

При построении трехмерных диаграмм распределения вещества-маркера на поверхности исследуемого образца регистрировали масс-спектры ПАЛДИ в режиме регистрации положительных ионов. Оценка количества вещества-маркера (бромид серебра) на поверхности производилась по пику с $m/z = 482,55$ Да, соответствующему наиболее интенсивному пику одного из кластерных ионов. Шаг сканирования – 1,1 мм.

Для исследования морфологии поверхности на образцы сплава АМг-6 было нанесено вещество-маркер (бромид серебра), а затем при сканировании поверхности с помощью метода ПАЛДИ получены масс-спектры бромида серебра, на основании которых были построены трехмерные диаграммы распределения маркера на поверхности исследуемого сплава. Для исследования использовали 10^{-1} – 10^{-9} моль/л растворы хлорида никеля.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТДМС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АДСОРБЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА АМГ-6

Первый пример комплексного применения рассматриваемых методов касается исследования состояния поверхности сплава АМг-6.

Аммонийная соль *мета*-нитробензойной кислоты является ингибитором коррозии (Г2-А), а также компонентом моющего раствора, удаляющего с поверхности конструкционных материалов несимметричный диметилгидразин и продукты его трансформации [6]. Представляет интерес установление с помощью метода ТДМС закономерности процесса адсорбции

этого ингибитора на поверхности сплава АМг-6 и расчет на основании полученных данных энергетических параметров происходящих процессов. Для этого на поверхность сплава АМг-6 были нанесены 0,1 и 0,15% растворы Г2-А. На рис. 1 приведены термодесорбционные кривые Г2-А с поверхности сплава АМг-6 молекулярного иона Г2-А ($m/z = 167$) и фрагментного иона с $m/z = 137$. При концентрации 0,1% количество этих ионов одинаковое. Это объясняется тем, что десорбции подвергаются хемосорбированные молекулы. С ростом концентрации до 0,15% (рис. 1) на термодесорбционной кривой появляется второй пик, связанный с переходом в газовую фазу молекулярных ионов. В этом случае соотношение интенсивностей ионов 167/137 начинает приближаться к их соотношению в масс-спектре чистой *мета*-нитробензойной кислоты, т.е. в газовую фазу выделяются и физически адсорбированные молекулы Г2-А, а не только продукты деструкции хемосорбированных молекул.

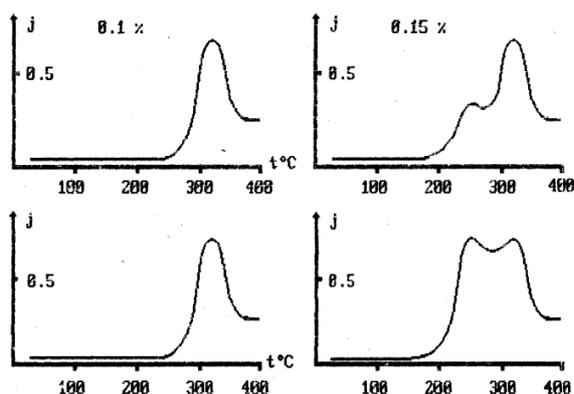


Рис. 1. Масс-термограммы характеристических ионов (верхние $m/z = 137$, нижние $m/z = 167$ Да) термодесорбции *мета*-нитробензойной кислоты с поверхности сплава АМг-6 при малых концентрациях раствора

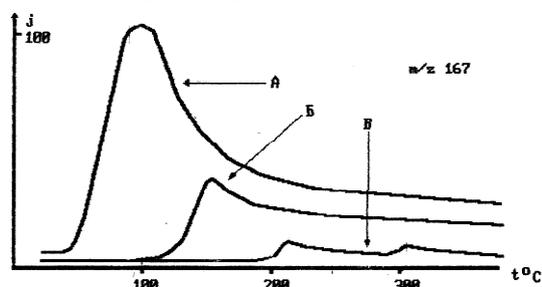


Рис. 2. Масс-термограммы молекулярного иона Г2-А для разных химических процессов: А – сублимация, Б – десорбция физически адсорбированных молекул, В – десорбция химически адсорбированных молекул

На рис. 2 представлены масс-термограммы молекулярного иона Г2-А для разных химических процессов.

На первом этапе (рис. 2, кривая А) происходит испарение (сублимация) чистого Г2-А, физически и химически не связанного с поверхностью сплава, и кривая термодесорбции, записанная по ПИТ или по иону с $m/z = 167$, соответствующему молекуле Г2-А, имеет вид гауссовой кривой с несколько затянутым задним фронтом. Избыток нанесенного вещества не позволяет выделить максимумы, соответствующие переходу в газовую фазу физически и химически адсорбированных молекул. Для выявления скрытых максимумов необходимо уменьшить количество адсорбированного вещества на поверхности, что достигается предварительным прогревом. Для удаления избытка Г2-А проводили предварительный прогрев образца в вакууме в течение 30 мин при 100–120°C, для удаления физически адсорбированного Г2-А температуру повышали до 150–180°C.

Максимум пика, соответствующего выделению физически адсорбированного вещества (рис. 2, кривая Б), смещен по сравнению с максимумом пика сублимации в высокотемпературную область. Это свидетельствует о большей энергии взаимодействия молекул с поверхностью, чем между собой. Переход в газовую фазу хемосорбированных молекул Г2-А происходит в более высокотемпературной области (рис. 2, кривая В). Появление двух размытых пиков в широкой области температур может быть связано с химической и энергетической неоднородностью поверхности сплава. На основании этих данных можно утверждать, что на поверхности сплава АМг-6 Г2-А хемосорбируется на адсорбционных центрах, по крайней мере, двух различных типов. Этот вывод подтверждается сравнением с термодесорбционным пиком, полученным при увеличении концентрации Г2-А на поверхности сплава (рис. 1).

На основании термодесорбционных кривых для сплава АМг-6 методом характеристических точек [7] были рассчитаны энергии активации (E_d) процессов сублимации, десорбции физически и химически адсорбированного Г2-А. Полученные данные представлены в табл. 2.

Табл. 2. Энергии активации (E_A) процессов термодесорбции Г2-А с поверхности сплава АМг-6, рассчитанные по иону с $m/z = 167$ при температурах, соответствующих максимумам кривых термодесорбции

Процесс	E_A , кДж/моль	t , °С
сублимация	85	100
десорбция физически адсорбированных молекул	100	150
десорбция хемосорбированных молекул	130	220
	150	310

Как видно из табл. 2, энергии активации процессов десорбции закономерно возрастают при переходе от физической адсорбции к хемосорбции. Во всех случаях наблюдаются различия в E_A для процессов, протекающих на поверхности АМг-6. Видно, что E_A для десорбции хемосорбированных молекул сопоставимы со значениями величин энергий химических связей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗИТЕЛЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА АМГ-6

ТДМС позволяет установить состав поверхностных соединений металлического материала и состав загрязняющих примесей, находящихся на разной глубине под его поверхностью. Методом ТДМС исследованы продукты десорбции с поверхностного и подповерхностного слоев баков хранения топлива, изготовленных из сплава АМг-6, и термодесорбционные кривые выделения продуктов представлены на рис. 3.

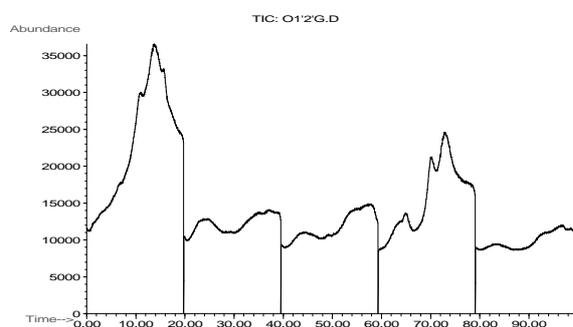


Рис. 3. Термодесорбционные кривые, записанные по полному ионному току для серии образцов поверхности сплава АМг-6, отобранных с разной глубины: 0 – 10, 10 – 20, 20 – 30, 30 – 40, 40 – 50 мкм (на рис. слева направо)

При детальном рассмотрении масс-спектров установлено, что основными загрязнителями являются фталаты, предельные и непредельные углеводороды, а также жирные кислоты. Концентрация этих соединений на поверхности составляет $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$ г/см², что соответствует 0,1–1 монослою. Из рис. 3 видно, что значительное количество загрязнений присутствует в подповерхностном слое сплава на глубине 30–40 мкм. Можно предполагать, что эти загрязнения проникли с поверхности по коррозионным дефектам, либо, что более вероятно, образование окисного слоя происходило после попадания органических загрязнителей на поверхность сплава АМг-6. Присутствие таких глубокозалегающих органических примесей может приводить к частичному отслаиванию защитного окисного слоя и является своеобразным индикатором глубины коррозионного поражения сплава АМг-6.

Исследован состав продуктов, выделяющихся с поверхности сплава АМг-6 после взаимодействия с тетраоксидом азота. Тетраоксид азота – легколетучее соединение, обладающее сильными окислительными свойствами [8], поэтому при обычных условиях на поверхности присутствуют только его хемосорбированные молекулы и продукты их взаимодействия с поверхностью сплава. При проведении модельных исследований металлический порошок с размером зерна 0,125–0,15 мм выдерживали в тетраоксиде азота в течение суток, затем высушивали в токе инертного газа. После этого проводили термодесорбционное масс-спектрометрическое исследование. Кривые выделения основных фрагментных ионов N_2O_4 (NO с $m/z = 30$ и NO_2 с $m/z = 46$) для сплава АМг-6 представлены на рис. 4.

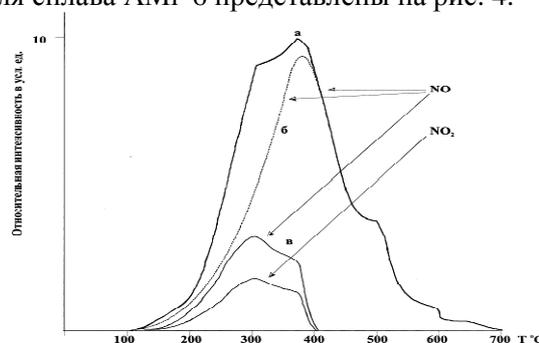


Рис. 4. Термодесорбционные кривые выделения основных фрагментных ионов N_2O_4 (NO и NO_2) из образца АМг-6; количество NO : а – наблюдаемое, б – реальное, в – получающееся при фрагментации NO_2

Молекула NO может образовываться из NO₂ как в результате разложения на поверхности, в поверхностном слое или в газовой фазе при нагревании в ионном источнике, так и в результате фрагментации под электронным ударом. Для исключения такого "фрагментного" NO, на основании масс-спектра чистого NO₂, было рассчитано количество NO, выделяющееся непосредственно из образца. Такая расчетная кривая представлена на рис. 4 пунктиром.

Из-за высокой химической активности N₂O₄ при взаимодействии с поверхностью сплава АМг-6 происходит образование различных поверхностных соединений. Можно предположить [9], что они представляют собой смешанные соли азотной и азотистой кислот Al и Mg, образующиеся в разных соотношениях. Поэтому кривые, соответствующие процессам десорбции физически и химически сорбированного NO и NO₂ и разложению поверхностных соединений, сильно перекрываются. Для определения энергии активации каждого процесса проведено разложение термодесорбционных кривых на отдельные пики. Пример такого разложения представлен на рис. 4. Из этих данных были рассчитаны энергии активации, отвечающие процессам выделения молекул NO и NO₂ (табл. 3).

Табл. 3. Энергии активации (E_A) процессов выделения NO и NO₂ при десорбции N₂O₄ и продуктов его трансформации с поверхности сплава АМг-6 при температурах, соответствующих максимумам кривых термодесорбции

$t_{max}, ^\circ C$	NO m/z = 30				NO ₂ m/z = 46		
	420	510	630	730	430	570	640
$E_A,$ кДж/моль	24	120	250	200	46	260	180

Сопоставляя полученные энергии и температуры максимумов пиков на термодесорбционных кривых с литературными данными о разложении нитратов и нитритов [8, 10] и с полученными нами результатами исследования разложения смешанных нитратов Al и Mg, можно сделать вывод, что часть NO₂ в процессе длительного контакта со сплавом проникает в его объем. Это количество NO₂ (около 10% от общего количества хемосорбированного на поверхности и образовавшего соли) выделяется при нагревании до высоких температур в виде NO (рис. 4 и табл. 3). Основная

часть (приблизительно 70%) NO₂ присутствует на поверхности в виде смешанных основных солей нитратов и нитритов Al и Mg, выделяясь в виде NO при термодесорбции. Около 20% NO₂ адсорбировано на поверхности (низкотемпературная область кривой термодесорбции) и десорбируется в виде NO и NO₂.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА АМГ-6

Помимо суммарных энергетических характеристик, представляет интерес оценка распределения исследуемого вещества по поверхности конструкционного материала. Метод ПАЛДИ позволяет установить присутствие органических соединений на поверхности сплава АМг-6, исследование состояния которой при длительном хранении в разных условиях – важная практическая задача [11]. На поверхности бака, изготовленного из сплава АМг-6 и находившегося в контакте с тетраоксидом азота, присутствуют органические загрязнители, попавшие туда при технологической обработке. Сопоставление результатов идентификации органических загрязнений, полученных методами ТДМС и ПАЛДИ, проведено в табл. 4.

Табл. 4. Состав органических загрязнений на поверхности сплава АМг-6, полученный разными методами

m/z, Да	Брутто- формула	Метод определения	
		ПАЛДИ	ТДМС
предполагаемое соединение			
30	NO	–	NO ₂ *
44	CO ₂	–	углекислый газ*
59	C ₂ H ₃ O ₂	уксусная кислота (анион)	–
60	C ₂ H ₄ O ₂	–	уксусная кислота
62	NO ₃	азотная кислота (анион)*	–
73	C ₃ H ₅ O ₂	пропионовая кислота (анион)	–
74	C ₃ H ₆ O ₂	–	пропионовая кислота
89	C ₂ HO ₄	щавелевая кислота (анион)	–
145	C ₆ H ₉ O ₄	бутил-оксалат (анион)*	–
201	C ₁₀ H ₁₇ O ₄	октил-оксалат (анион)*	–
256	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	–	пальмитиновая кислота
284	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	–	стеариновая кислота

*– продукт деструкции

Из таблицы видно, что результаты, полученные разными методами, дополняют друг друга и позволяют получить более полную картину загрязнений на поверхности сплава АМг-6.

Метод ПАЛДИ позволяет исследовать состав кластерных ионов, образующихся в процессе лазерной десорбции/ионизации на различных подложках. В качестве кластерообразователя был взят хлорид никеля. Масс-спектры ПАЛДИ хлорида никеля на инертной подложке и на сплаве АМг-6 представлены на рис. 5, состав кластерных ионов – в табл. 5.

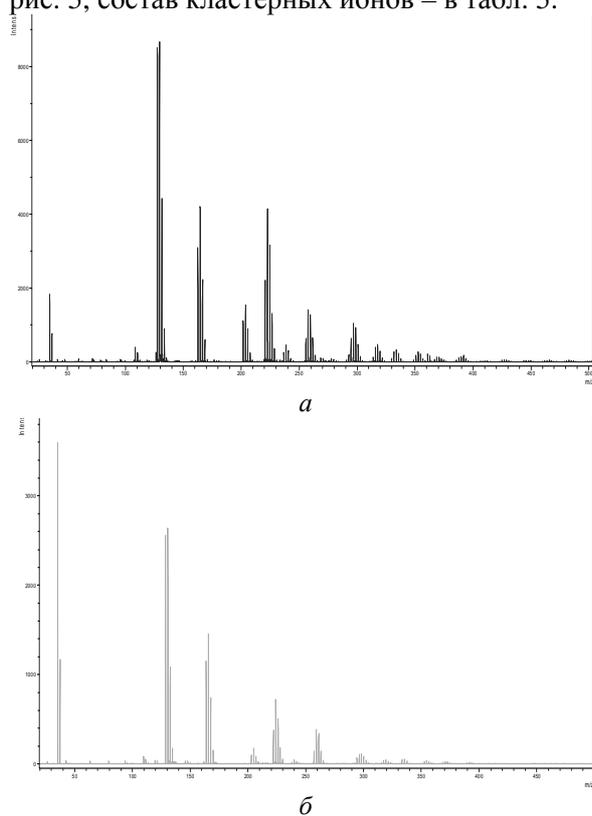


Рис. 5. Масс-спектры хлорида никеля на инертной подложке (а) и на сплаве АМг-6 (б) в режиме регистрации отрицательных ионов

Табл. 5. Состав кластерных ионов, регистрируемых в ПАЛДИ масс-спектре хлорида никеля

m/z, Да	Формула
34,97	Cl ⁻
127,87	[NiCl]Cl ⁻
162,84	[NiCl ₂]Cl ⁻
201,81	[NiCl]*[KCl]Cl ⁻
219,82	[[NiCl]*[KCl]*H ₂ O]Cl ⁻
257,76	[NiCl]*[NiCl ₂] Cl ⁻
292,73	[NiCl ₂]*[NiCl ₂] Cl ⁻

Качественное сравнение рис. 5а и 5б показывает, что масс-спектры хлорида никеля на различных подложках идентичны. Отличия прояв-

ляются при количественном сравнении интенсивности пиков регистрируемых кластерных ионов хлорида никеля. На сплаве АМг-6 (рис. 5б) максимальная интенсивность у пика иона Cl⁻, а на инертной подложке – у пика иона [NiCl]Cl⁻. На спектре, полученном на сплаве АМг-6, интенсивность пика иона [[NiCl] [KCl] *H₂O] Cl⁻ меньше, чем на инертной подложке. Такие различия указывают на то, что лазерная десорбция/ионизация на более развитой поверхности сплава АМг-6 происходит менее интенсивно из-за экранирования части вещества от лазерного излучения неровностями поверхности. Еще одной причиной может быть химическое взаимодействие хлорида никеля с поверхностными оксидами и гидроксидами алюминия и магния.

Полученные результаты указывают, что, используя методы МАЛДИ и ПАЛДИ и модельные неорганические соединения, возможно изучение состояния поверхности реальных образцов [12]. Исследованы образцы сплава АМг-6, находившиеся в контакте с тетраоксидом азота (рис. 6а) и в инертной атмосфере азота (рис. 6б).

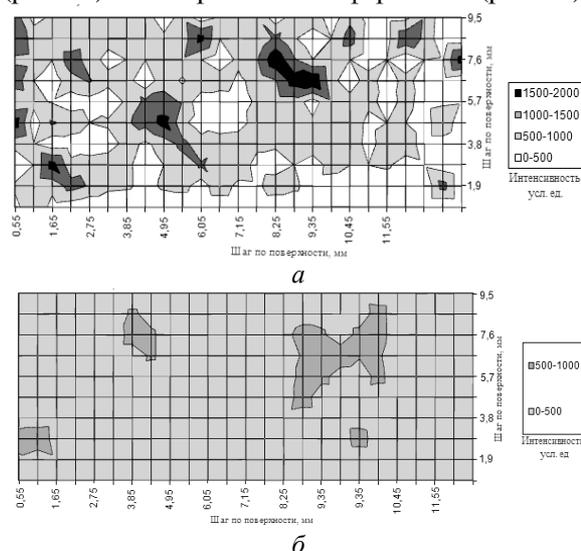


Рис. 6. Псевдотрехмерная диаграмма распределения бромид серебра по поверхности сплава АМг-6, контактировавшего с тетраоксидом азота (а) и с азотом (б)

Как видно из рис. 6а, бромид серебра по поверхности распределяется неравномерно. Области больших концентраций, скорее всего, соответствуют механическим повреждениям поверхности. По-видимому, появление таких участков связано с изменением морфологии и химии поверхности. В частности, при эксплуатации с поверхностью могут взаимодействовать компоненты топлива или другие реакционноспособные вещества-

загрязнители, что приводит к изменению химии поверхности, появлению на поверхности сплава активных адсорбционных центров, на которых избирательно сорбируется вещество-маркер.

При нанесении бромида серебра на поверхность сплава АМг-6, находившегося в атмосфере азота, вещество-маркер распределяется практически равномерно (рис. 6б). На поверхности присутствуют лишь небольшие участки, на которых концентрация бромида серебра немного больше (примерно 20% поверхности).

Следовательно, морфология исследуемых поверхностей не является однородной. Нанесение вещества-маркера позволяет выявить также неоднородности поверхности и оценить их форму и размеры.

Таким образом, комплексное использование результатов двух методов позволяет подтвердить протекание процессов хемосорбции, оценить их энергетические характеристики и визуализировать распределение вещества на поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Праттон М.* Введение в физику поверхности. – Москва-Ижевск: РХД, 2000. – 256 с.
2. *Покровский В.А.* Масс-спектрометрия наноструктурированных систем // *Поверхность*. – 2010. – Вып. 2(17). – С. 63–93.
3. *Буряк А.К., Сердюк Т.М., Ульянов А.В.* Физико-химические основы применения термодесорбционной масс-спектрометрии для исследования

ингибиторов и продуктов коррозии // *Коррозия: материалы, защита*. – 2008. – № 2. – С. 38–47.

4. *Буряк А.К., Сердюк Т.М.* Физико-химические основы применения масс-спектрометрии с иницированной матрицей/поверхностью лазерной десорбцией/ ионизацией для исследования ингибиторов // *Коррозия: материалы, защита*. – 2010. – № 9. – С. 38–47.
5. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – 272 с.
6. *Пат. № 2158321* РФ, С23G005/00 Состав для обезвреживания и защиты поверхности металлов, имевших контакт с несимметричным диметилгидразином / *Чирков А.М.* и др. – 99102734/02 Заявл. 09.02.1999; Опубли. 27.10.2000.
7. *Хмельницкий Р.А., Лукашенко И.М., Бродский Е.С.* Пиролитическая масс-спектрометрия высокомолекулярных соединений. – Москва: Химия, 1980. – 278 с.
8. *Некрасов Б.В.* Основы общей химии. – Москва: Химия, 1967. – Т. 2. – С. 204, 275.
9. *Турова Н.Я.* Неорганическая химия в таблицах. – Москва: ЧеРо, 2002. – 140с.
10. Краткая химическая энциклопедия. – Москва: Советская энциклопедия. – 1961. – Т. 1. – С. 153. – Т. 3. – С. 490.
11. *Жигач Л.Ф., Стасиневич Д.С.* Химия гидридов. – Ленинград: Химия, 1969. – С. 85.
12. *Пыцкий И.С., Буряк А.К.* Масс-спектрометрическое исследование химии поверхности сплавов АД-0 и АМГ-6 методом лазерной десорбции/ионизации // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. – 2011. – Т. 47, № 1. – С. 100–105.

Поступила 31.05.2011, принята 06.06.2011

Поєднання термодесорбції та ініційованої матрицею/поверхнею лазерної десорбції/іонізації при мас-спектрометричному дослідженні поверхні конструкційних матеріалів

А.К. Буряк, І.С. Пыцкий, Т.М. Сердюк, А.В. Ульянов

*Інститут фізичної хімії та електрохімії ім. О.Н. Фрумкіна Російської академії наук,
Ленінський проспект 31, Москва 119991, Росія, АКБuryak@mail.ru*

Показано можливість спільного застосування методів ТДМС і МАЛДІ/ПАЛДІ для дослідження поверхні конструкційних матеріалів на прикладі сплаву АМг-6. Ідентифіковано органічні й неорганічні домішки на поверхні. Оцінено глибину проникнення органічних і неорганічних сполук у приповерхневі шари матеріалів. Визначено енергії активації процесів десорбції і хемосорбції, побудовані тривимірні діаграми розподілу сполук-маркерів на поверхні сплаву АМг-6.

Combined Thermo-Desorption Mass Spectrometry and Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization for Mass Spectrometry Examination of Construction Materials Surface

А.К. Buryak, I.S. Pycki, T.M. Serdyuk, A.V. Uleanov

*Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, Russian Academy of Sciences
31 Leninskiy Prospect, Moscow 119991, Russia, АКBuryak@mail.ru*

Possibility of combined application of Thermo-Desorption Mass Spectrometry, Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization (MALDI), and Surface-Assisted Laser Desorption/Ionization (SALDI) methods to examination of construction materials surface has been demonstrated, AMg-6 alloy being taken as an example. Organic and inorganic impurities on the alloy surface are identified. The depth of penetration of organic and inorganic compounds into alloy undersurface layers is assessed. Activation energies of processes of desorption and chemisorptions have been determined. Three-dimensional distribution diagrams for compounds-markers over the AMg-6 alloy surface are presented.