

СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОВЕРХНОСТЯХ РАЗЛИЧНЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Ч.М. ДЖУВАРЛЫ, Б.З. АЛИЕВ, Г.М. КЕРИМОВ

Институт Физики АН Азербайджана

370143, г. Баку, пр. Г. Джавида, 33

Исследованы адсорбционные процессы на поверхностях различных твердых тел в условиях воздействия тлеющего разряда. Проведен анализ процессов, происходящих при взаимодействии "газ-твердое тело", и установлены скорости удаления газовых молекул и атомов из замкнутой системы. Изучены характеры газовых реакций, протекающих в объеме при воздействиях тлеющего разряда. Проанализирован состав остаточного газа при напуске в систему атмосферного воздуха, метана, водорода и кислорода.

Способность электрических полей и разрядов оказывать сильное влияние на различные технологические процессы, управлять свойствами материалов обусловила их широкое использование [1-3]. Одной из перспективных сфер применения электрических полей и разрядов является стимулирование адсорбционных процессов [4]. Высокие требования, предъявляемые к адсорбционным процессам, обуславливают изучение возможностей дальнейшей интенсификации адсорбционных процессов, создание средств управления ими в ходе проведения технологических операций. Воздействие электрическими полями и разрядами на протекание адсорбционного процесса является средством такого управления ими. Эффективность воздействия связана с возможностями управления, а также со следующими преимуществами по сравнению с другими методами воздействия: возможность прямого вмешательства в протекание сорбционного процесса, малая энергоемкость и связанная с этим экономичность, а также технологичность такого процесса.

В данной работе представлены результаты исследования по изучению конверсии, происходящей в замкнутом объеме и на поверхности твердых тел в условиях воздействия тлеющего разряда.

В качестве адсорбирующих тел использовались напыленный слой титана и накалинные титановые и вольфрамовые ленты.

Тлеющий разряд осуществлялся в реакторе, электродная система которого состоит из двух плоских катодов и расположенного между ними цилиндрического анода. К электродам, расположенным в аксиальном магнитном поле прикладывалось напряжение 2,5-3 кВ.

Путем выбора определенной геометрии электродов и применения магнитного поля, которое заставляет электроны двигаться по более длинным спиральным траекториям и увеличивает, тем самым, ионизацию газа, представлялась возможность поддерживать разряд в объеме при достаточно низких ($\sim 10^{-8}$ мм.рт.ст.) давлениях.

Состав газа в системе регистрировался при помощи времяпролетного масс-спектрометра марки МСХ-4.

В работе исследовалась конверсия кислорода в СО на поверхности вольфрамовой ленты в зависимости от ее температуры. Для этого вакуумная система откачивалась, основная ее часть прогревалась и затем охлаждалась. Всевозможные металлические части установки прогревались. После проведения необходимых подготовительных работ, устанавливался режим непрерывного натекания кислорода в систему. Процесс конверсии кислорода в СО детально исследовался на вольфрамовой ленте следую-

щих размеров: длиной $l = 6$ см, шириной $a = 0,3$ см и толщиной $d = 3 \cdot 10^{-3}$ см.

В систему вводился кислород и с помощью масс-спектрометра регистрировалась высота (интенсивность) пиков O_2 и СО. Затем вольфрамовая лента накаливалась и вновь регистрировалась интенсивность пиков O_2 и СО. Методом сравнения полученных результатов представлялась возможность фиксировать процесс конверсии кислорода в СО. В следующем этапе работы исследовалось изменение количества вышеуказанных масс в объеме с повышением температуры вольфрамовой ленты.

На рис. приведена зависимость интенсивности пиков СО и O_2 , а также отношение высоты пиков СО и O_2 в зависимости от температуры вольфрамовой ленты. Как видно из рисунка, процесс конверсии протекает с заметной скоростью при температуре выше $1.800^\circ K$.

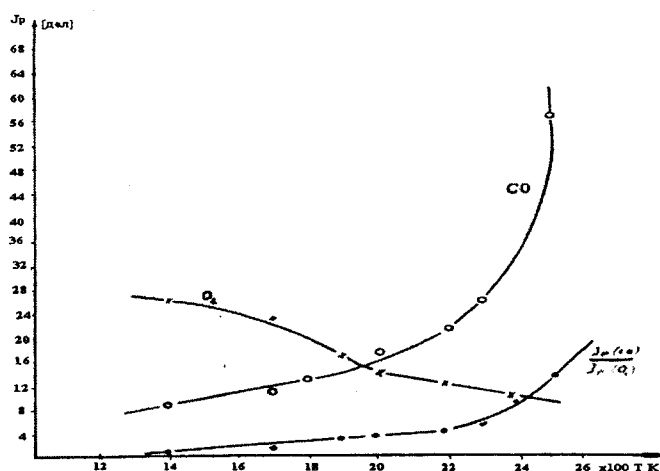


Рис. Конверсия, происходящая на поверхности вольфрамовой ленты при наличии в системе кислорода с изменением температуры.

Следует отметить, что с помощью предложенного способа проведены аналогичные исследования в условиях постоянного натекания в систему водорода (H_2) при давлениях $P = 10^{-8}$ мм.рт.ст., и были получены результаты, свидетельствующие о наличии интенсивных процессов конверсии H_2 в CH_4 и C_2H_6 на накаливаемой вольфрамовой ленте.

Таким образом, на основе установленных закономерностей, с помощью предложенных способов представля-

ется возможность управления процессом газообразования в данной замкнутой системе.

Исследование быстропротекающих газовых реакций, а также адсорбционное удаление остаточных газов из замкнутых объемов, путем испарения химически активных металлов, позволяют выявить физические механизмы процессов, происходящих на различных поверхностях в условиях воздействия электрических разрядов.

В работе проведены исследования процессов адсорбции различных газов напыленным слоем титана в условиях воздействия электрических разрядов.

Исследования проводились в стеклянном реакторе, содержащем испаритель титана и ионизирующее устройство. К вакуумной системе реактор присоединяется с конца, противоположного испарителю. Испаритель представляет собой нагреваемую пропусканием тока вольфрамовую проволоку, на которую навита титановая спираль. Испаряющийся титан осаждается на внутренних стенках реактора и таким образом создает и поддерживает свежий слой титана, способный поглощать и замуровывать "под собою активные газы находящиеся" в объеме. Долю газов, связываемых атомами парообразного титана, ввиду малой вероятности их встречи с молекулами газов, следует считать несущественной.

Ионизирующее устройство состоит из накаливаемого петлеобразного катода и анода, между обоими электродами поддерживается напряжение, ускоряющее эмитируемые катодом электроны. Конструкция ионизирующего устройства позволяет поддерживать тлеющий разряд при достаточно глубоких степенях вакуума.

Исследования проводились при наличии в системе остаточных газов атмосферного воздуха, при напуске в систему метана и кислорода. Напуск в систему различных газов осуществляется через капилляр с известными размерами ($\ell = 100$ мм, $d = 1$ мм). Пропускная способность капилляра подсчитывалась по формуле:

$$u = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{kT}{2\pi m}} \frac{d^3}{\ell}$$

Зная пропускную способность капилляра и давление в обоих концах капилляра P_1 и P_2 (при откачке системы диффузионным насосом), подсчитывалась общая скорость откачки диффузионного насоса:

$$u (P_2 - P_1) = S_H P_1$$

так как $P_2 \gg P_1$ то

$$S_H = u \frac{P_2}{P_1}$$

Затем диффузионный насос отсоединялся от системы, и исследовались адсорбционные возможности исследуемых поверхностей.

Теперь предоставлялась возможность определить общую скорость удаления газов с помощью поверхности, подвергнутой исследованию по той же формуле, а также скорость удаления i -го газа:

$$S_{H_i} = S_{H_{i, \text{диф.}}} \frac{J_{P_1}}{J_{P_2}}$$

где J_{P_1} - ионный ток при откачке диф. насоса, J_{P_2} - ионный ток при откачке исследуемого материала, $S_{H_{i, \text{диф.}}}$ - скорость откачки диффузионного насоса для i -го газа.

Исследованиями было установлено, что скорость удаления газов из объема, при исходном давлении в системе $P = 10^{-6}$ мм.рт.ст., с применением напыленного слоя титана достигает 0,3 л/сек, по всем газам воздуха. Скорость удаления по компонентам газовой смеси приведена в таблице 1. Представленные в таблице 1 данные являются средними из большого числа полученных результатов.

Таблица 1.

Компоненты остаточных газов	H ₂ O	CO	CO ₂	O ₂	OH	CH ₄	Ar	Ne
$S, \text{ л/сек.}$	0,4	0,3	0,3	0,8	0,6	0,2	$6 \cdot 10^{-3}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$

Предельный вакуум, достигаемый реактором, находится в области сверхвысокого вакуума, но для этого требуется тщательная предварительная откачка всей вакуумной системы и удаление газов со всех поверхностей, включая реактор и перекрывающие краны или вентили. Предельное давление тем ниже, чем лучше очищен поглотитель и чем меньше углеводородов и инертных газов ему приходится связывать.

Анализ результатов исследований показывает, что напыленный слой титана, в условиях воздействия тлеющего разряда, достаточно эффективно адсорбирует такие газы, как молекулярный азот, кислород, окис углерода, пары воды, а также атомарный кислород, азот и гидроксиды, образовавшиеся вследствие диссоциации O₂, N₂ и H₂O. Несомненный интерес представляет процесс связывания инертных газов напыленным слоем титана, поскольку их присутствие в воздухе достигает почти 1 %.

Следует отметить, что выше представленное устройство эффективно может быть использовано в целях очистки инертных газов от примесей.

Следует отметить, что из поглощенных титаном газов только водород можно более или менее легко снова выделить обратно, путем нагревания до температуры, в достаточной мере превышающей область интенсивного поглощения водорода. Такие же газы, как кислород, азот и двуокись углерода, однажды поглощенные титаном, выделить обратно не удастся.

В работе также исследовались адсорбционные возможности титана, распыленного с помощью электронной бомбардировки поверхности титановых пластин при осуществлении в системе тлеющего разряда. Результаты, характеризующие адсорбционную систему в данном случае, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Компоненты остаточных газов	O ₂	N ₂	H ₂ O	CH ₄	OH	CO ₂	Ar
S, л/сек.	0,8	0,2	0,6	0,6	0,6	0,3	3.10 ⁻³

Скорость удаления газов данным реактором составляет 0,4 л/сек.

Присутствие в воздухе инертного газа - аргона сильно влияет на скорость адсорбции компонентов атмосферного воздуха. Вероятно, стабильная адсорбция аргона происходит на тех областях катода, где осаждение титана превосходит его распыление. При дальнейших бомбардировках захваченный аргон освобождается. Наличие аргона приводит к усилению распыления титана и, следовательно, к увеличению скорости адсорбции остальных компонентов газовой смеси. В данном случае в устройстве эффективно адсорбируется метан и, тем самым, устройство отличается от предыдущего.

В основе принципа действия вышеописанных устройств в основном используются два явления: адсорбция

газа на свеженапыленной поверхности металла и внедрение ионов, имеющих некоторую кинетическую энергию, в решетку металла.

Таким образом, полученные в работе результаты свидетельствуют об эффективности использования воздействия электрических разрядов в технологических процессах, в основе которых лежат сорбционные явления. Выявленные в работе конкретные физические механизмы процессов, происходящих на поверхностях твердых тел в замкнутом объеме, которые связаны с воздействием электрических разрядов, позволяют развить новые представления о процессах сорбции и выделить ряд конкретных технических задач, решения которых могут быть осуществлены с использованием электрических воздействий.

- [1] О.Н. Соловьева, А.И. Костригиницкий. "Физика и химия обработки материалов", 1990, №2.
 [2] Ч.М. Джуварлы, С.К. Балаев, Ю.В. Горин. "Электронная обработка материалов", 1987, №1.

- [3] В.Н. Кестельман. "Химия", М., 1980.
 [4] А. Клонфер. "Сорбционные процессы в вакууме", "Атомиздат", М., 1966.

Ç.M. Cıvarlı, B.Z. Əliyev, Q.M. Kərimov

ELEKTRİK QAZBOŞALMALARININ TƏSİRİ ŞƏRAİTİNDƏ MÜXTƏLİF BƏRK CİSİMLƏRİN SƏTHİNDƏ SORBSİYA PROSESLƏRİ

Elektrik qazboşalmasının təsiri şəraitində müxtəlif bərk cisimlərin səthində adsorbsiya prosesləri tədqiq edilmişdir. "Qaz-bərk cisim" qapalı sistemində mümkün olan fiziki proseslər araşdırılaraq, səthlərdə müxtəlif qaz molekula və atomlarının udulma sürətləri təyin edilmişdir. Həcmdə qazboşalması təsiri şəraitində, mövcud olan qaz reaksiyaları qeydə alınmışdır. Sistemində qalıq qazların tərkibi tədqiq edilmişdir.

Ch.M. Juvarly, B.Z. Aliyev, G.M. Kerimov

SORPTIONAL PROCESSES ON THE STEADY SURFACE IN THE PRESENCE OF GLOW DISCHARGE

The studies cover adsorption on the steady surface in the presence of glow discharge. The peculiarities of gaseous reactions have been revealed, which take place on the surface of tungsten ribbon and in the gas volume under conditions of glow discharge. The content of residual gas has been analyzed in the presence of atmospheric air, metan, hydrogen and oxygen entering to the system.