

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ФОРМЫ И МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА ДЛЯ КОНВЕРСИИ ТОКСИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ

Ю.И. Гузий, д.т.н., проф. В.Д. Калугин, к.т.н. Г.В. Таран

Рассматривается вопрос выбора материала и формы электродов плазмохимического реактора тлеющего разряда с целью повышения эффективности работы их в активной коррозионной среде токсичных газозводушных смесей.

Постановка проблемы. Повышенный интерес к физике электрического разряда в кислороде и его смесях возник в начале 80-годов прошлого века в связи с поиском относительно недорогих методов очистки воздуха от токсичных газообразных примесей [1]. С тех пор был выполнен ряд исследований, связанных с этой проблемой [2, 3]. Практическое применение газоразрядных методов очистки при атмосферном давлении сдерживается отсутствием на сегодняшний день высокопроизводительных генераторов неравновесной плазмы с температурой электронов $T_e = 3 - 5$ эВ. Такая температура электронов необходима для эффективного производства в разряде экологически чистых и сильных окислителей озона, атомов и радикалов (O , OH^* , HO_2^* , H_2O и т.п.).

Анализ литературы. Физические условия горения тлеющего разряда при атмосферном давлении сильно зависят как от материала электродов, так и от геометрических параметров плазмохимического реактора [4]. Конечной задачей изучения и оптимизации конструкции плазмохимического реактора синтеза различных соединений является обеспечение его длительной и бесперебойной работы, отсутствие загрязнения газовой смеси материалами электродов и их производными, и получение максимального коэффициента полезного действия плазмохимического реактора (минимизация вложенной мощности на килограмм синтезируемого соединения) [5].

Влияние различных физических процессов проявляется в различии форм горения разряда, т.е. в возможности осуществления стабильной работы плазмохимического реактора. При этом, при переходе из тлеющей формы разряда в искровую с ростом тока разряд контрагируется, на разряде уменьшается напряжение, он перестает быть объемным и занимает

узкую область в пространстве. В искре происходит сильный разогрев газа. Физические явления, происходящие в плазмохимическом реакторе, зависят от геометрических параметров: 1) размеров игольчатых электродов; 2) расстояния между игольчатыми электродами и противоположным электродом; 3) шага между игольчатыми электродами [6].

Цель статьи. Рассматривается вопрос выбора оптимальной формы и материала электродов плазмохимического реактора тлеющего разряда, с целью повышения эффективности работы их в активной коррозионной среде токсичных газозвоздушных смесей.

Влияние размеров игольчатого электрода связано с возможностью создания в межэлектродном пространстве напряженности поля, достаточной для ионизации газа и поддержания оптимальной величины приведенной напряженности поля (E/N).

На первоначальном этапе исследовалось влияние геометрических параметров плазмохимического реактора (длина разрядной зоны, расстояние между анодом и катодом, расстояние между электродами анода, угол наклона электродов анода) на качество горения тлеющего разряда и ток в разряде [6].

Были проведены исследования с игольчатыми электродами различного размера, выполненными из молибдена, вольфрама, нержавеющей стали и титана.

Для шага между игольчатыми электродами 8, 12, 15 мм и диаметрами игольчатых электродов 0,1, 0,5, 1, 2 мм были получены следующие данные: устойчивое горение разряда наблюдается при диаметре электродов $0,2 \div 0,8$ мм.

Расположение игольчатых электродов на плоскости держателя и шаг между электродами обуславливают геометрию поля в разрядном промежутке. При значительном шаге между игольчатыми электродами их взаимовлияние выражено слабо, и поле в окрестности каждой иглы соответствует полю для геометрии "игла-плоскость". При уменьшении шага между иглами их взаимовлияние возрастает, напряженность поля у штыревого электрода ослабевает и приближается к напряженности поля для геометрии "гофр-плоскость". В результате экспериментальных исследований установлено, что для стабильного горения разряда необходимо выполнение условия $a \approx h$ (где h – межэлектродный промежуток).

Уменьшение величины зазора между торцами анодов и поверхностью катода позволяет уменьшить величину рабочего потенциала. Однако такое изменение заметно сказывается только при значительных величинах давления воздуха в реакторе ($\Delta P > 1$ атм.) [7].

Вырабатываемые в тлеющем разряде химически активные вещества интенсивно взаимодействуют с материалами реактора, разрушают и отравляют

электроды. Поэтому выбор материалов электродов направлено осуществляется с целью обеспечения долговременной стабильной работы плазмохимического реактора. В наших исследованиях особое внимание было уделено получению максимального разрядного тока с одной ячейки секционированного электрода и на расширении диапазона стабильного горения разряда (т.е. разницы между напряжением перехода в искровой разряд и напряжением зажигания разряда). В этих исследованиях установлено, что при всех равных условиях эксперимента разрядный ток зависит от материала электрода. Это объясняется различием эмиссионных свойств поверхности электродов, выполненных из различных материалов. Под влиянием образовавшихся активных частиц при атмосферном давлении на поверхности электродов легко образуется пленка окислов, являющаяся диэлектриком и обладающая более высоким коэффициентом эмиссии, чем металл [8].

Для выяснения влияния природы материалов электродов на условия горения тлеющего разряда при атмосферном давлении были исследованы разнообразные металлы и сплавы.

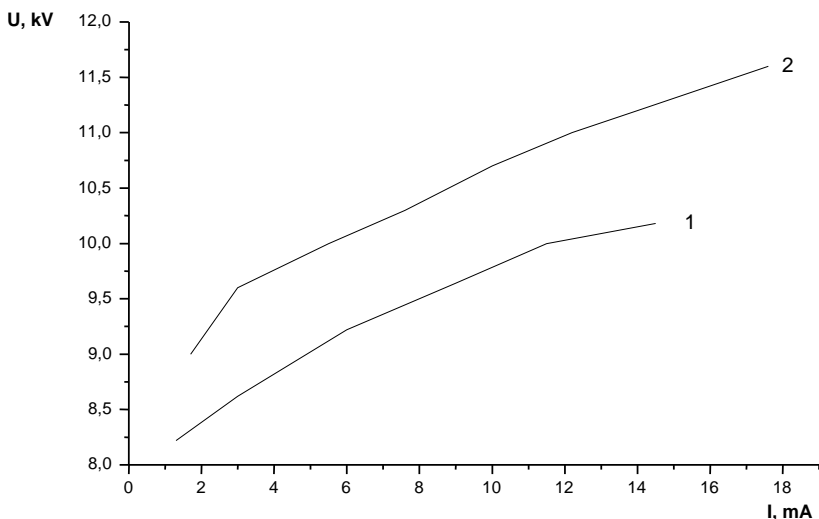
Установлено, что воспроизводимость электродинамических характеристик объемного разряда в значительной степени зависит от состояния поверхности электродов. Особенно это относится к плазмохимическим реакторам с сильно неоднородной структурой электрического поля. На электродах не должно быть пленок масла, жира, органических веществ, пленок окислов или скоплений частиц пыли. Окислительные процессы вызывают образование окислов и поэтому доставляют наибольшие затруднения при зажигании объемного разряда в воздухе, причем их роль значительно усиливается за счет наработки большого количества химически активных радикалов и соединений.

Большинство материалов в таких условиях покрываются различными по химическому складу оксидными пленками, обладающими диэлектрическими свойствами. В особенности это относится к меди, алюминию и железу. В то же время платина и золото покрываются только мономолекулярным слоем оксида, который слабо влияет на электрические свойства перехода электрод – газ. Если алюминий покрывается достаточно толстым и плотным слоем оксида, то у железа оксидная пленка еще и очень рыхлая. Выгодно отличаются от вышеисследованных указанных материалов олово и свинец, а также другие материалы, оксиды которых обладают полупроводниковыми свойствами.

Для того, чтобы свойства электродов в экспериментах были стабильными, проводилась специальная подготовка их поверхности: механическая полировка, промывка и вакуумирование. На подготовленных таким образом электродах разряд в начале стабильный, но по истечении некоторого

времени, в результате образования диэлектрической пленки из оксидов, которая сильно экранирует поле, свойства разряда сильно изменяются, что приводит к необходимости повышения напряжения разряда.

На рис. 1 приведены характерные вольтамперные характеристики тлеющего разряда различных материалов электродов: молибдена и нержавеющей стали X18H10T.



ЛИТЕРАТУРА

1. Masuda S. *al Pros. int. Conf. on Electrical Precipitation in Padova (Italy), 1987, Okt. 25 – 27. – P. 1 – 4.*
2. Белоусова Э.В., Понизовский А.З., Гончаров В.А. и др. *Очистка атмосферного воздуха от SO₂, NO_x и органических примесей при совместном воздействии постоянного и наносекундного импульсного коронного разряда // Химия высоких энергий. – 1991. – Т. 25, № 5. – С. 556 – 557.*
3. Амиров Р.Х., Асиновский Э.И., Самойлов И.С. и др. *Удаление формальдегида с помощью наносекундного коронного разряда // Материалы 2-го семинара по применению электронных пучков и импульсных разрядов для очистки отходящих газов. – М. – 1993. – С. 49 – 53.*
4. Понизовский А.З., Абрамов А.А. и др. *Оптимизация параметров электрофизических установок для очистки воздуха // Электротехника. – 1993. – № 3. – С. 52 – 58.*
5. Акишев Ю.С., Левкин В.В., Напартович А.П., Трушкин Н.И. *Применение тлеющего разряда в потоке газа для разрушения малых примесей // Применение электронных пучков для очистки дымовых газов. – М.: ИВТАН. – 1991. – С. 37 – 46.*
6. Бруєв О.А., Голота В.І., Карась В.І., Мухін В.В., Пащенко І.А., Таран Г.В., Шило С.М. *Дослідження плазмохімічних реакторів синтезу озону на жевріючому розряді в атмосферного тиску // Український фізичний журнал. – 1998. – Т. 43, № 9. – С. 1187 – 1189.*
7. Голота В.И., Карась В.И., Пащенко И.А., Таран Г.В., Шило С.Н. *Экспериментальные исследования электродинамических и газодинамических характеристик химических реакторов различных конструкций с различной формой электродов из разных материалов // Вопросы атомной науки и техники. Сер. плазменная электроника и новые методы ускорения. – 1998. – № 1. – С. 65 – 66.*
8. Karas' V.I., Golota V.I., Taran G.V., Shilo S.N., Paschenko I.A. *Experimental studies into electrodynamic and gas-dynamic characteristics of chemical reactors of different designs with variously shaped electrodes made of different materials // 14-th European conference on the atomic and molecular physics of ionised gases. – Malahide (Ireland). – 1998, august 26 – 29. – P. 244 – 245.*

Поступила 9.02.2004

ГУЗИЙ Юрий Иванович, старший преподаватель кафедры Харьковского военного университета. В 1983 году окончил Житомирское военное училище. Область научных интересов – использование плазмохимических методов очистки воздуха.

КАЛУГИН Владимир Дмитриевич, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры Харьковского военного университета. В 1966 году окончил химико-технологический факультет Уральского политехнического университета. Область научных интересов – плазмохимические процессы.

ТАРАН Григорий Виталиевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела Научного Национального центра (ХФТИ). В 1980 году окончил Харьковский политехнический институт. Область научных интересов – физика плазмы.