

ОСОБЕННОСТИ ОСАЖДЕНИЯ СУБМИКРОННЫХ ЧАСТИЦ В КОАКСИАЛЬНОМ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЕ.

БОГДАНОВ А.С.; ЛЕЛЕВКИН В.М.;
ТОКАРЕВ А.В.

Рис. 1. Разрядная ячейка, реализованная по коаксиальной схеме. П - пирометр регистрирующий температуру коронирующего электрода.

Рассмотрены характеристики коронных разрядов в гетерогенных потоках содержащих пары оксида молибдена и субмикронные частицы кремния. Обнаружено явление запирания тока короны в электрофилт্রে коаксиальной геометрии при наличии в потоке критических концентраций частиц оксида молибдена. Показано, что классическая теория расчета электрофильтров не применима для расчета аппаратов с малыми разрядными промежутками.

Ключевые слова: Коронный разряд, гетерогенные потоки, оксид молибдена, дрейф заряженных частиц, степень очистки, электрофилтър.

Введение. Первым промышленным применением коронного разряда была установка для фильтрации паров серной кислоты, созданная Ф.Д. Коттреллом [1,2]. В настоящее время электрофилтрация промышленных газов превратилась в самостоятельную отрасль промышленности. Тепловые электростанции, металлургические и химические предприятия, цементные заводы и др. предприятия оборудованы электрофильтрами (ЭФ). Возросшие требования по очистке производственных выбросов в окружающую среду заставляют искать новые пути повышения эффективности работы ЭФ [3].

Современные газовые выбросы предприятий содержат в своем составе большое количество субмикронных и наноразмерных частиц. Промышленные ЭФ данные частицы улавливают не эффективно.

Для оптимизации работы ЭФ необходимы дополнительные исследования физических процессов протекающих в коронном разряде коаксиальной геометрии, поток газа в котором загружен субмикронными частицами. Исследования в данном направлении недостаточны и представляют научный и практический интерес.

Эксперимент. Коронный разряд в газе, содержащем наноразмерные частицы оксида молибдена, исследовался в разрядной ячейке коаксиальной геометрии Рис.1. со следующими параметрами: радиус внешнего дюралюминиевого электрода $R = 28$ мм, длина - 30 мм, радиус коронирующего молибденового электрода $r = 0,2$ мм. Питание разрядной ячейки осуществляется с высоковольтного источника питания. Необходимая температура устанавливается в результате равновесия между джоулевым нагревом и конвективным охлаждением электрода.

Известно, что при нагревании молибдена до 900 К происходит активное образование оксидов молибдена, имеющих свойство возгоняться при указанных температурах. Если, молибденовую проволоку, выполняющую роль коронирующего электрода нагревать, пропуская ток, то, при малых значениях тока накала, можно наблюдать повышение тока короны, при фиксированном напряжении подаваемого на разрядную ячейку, вследствие уменьшения плотности приэлектродного слоя газа приводящего к увеличению длины пробега ионов и электронов что, в общем, приводит к увеличению

тока коронного разряда Рис. 2. (а). Данное обстоятельство находится в полном соответствии с

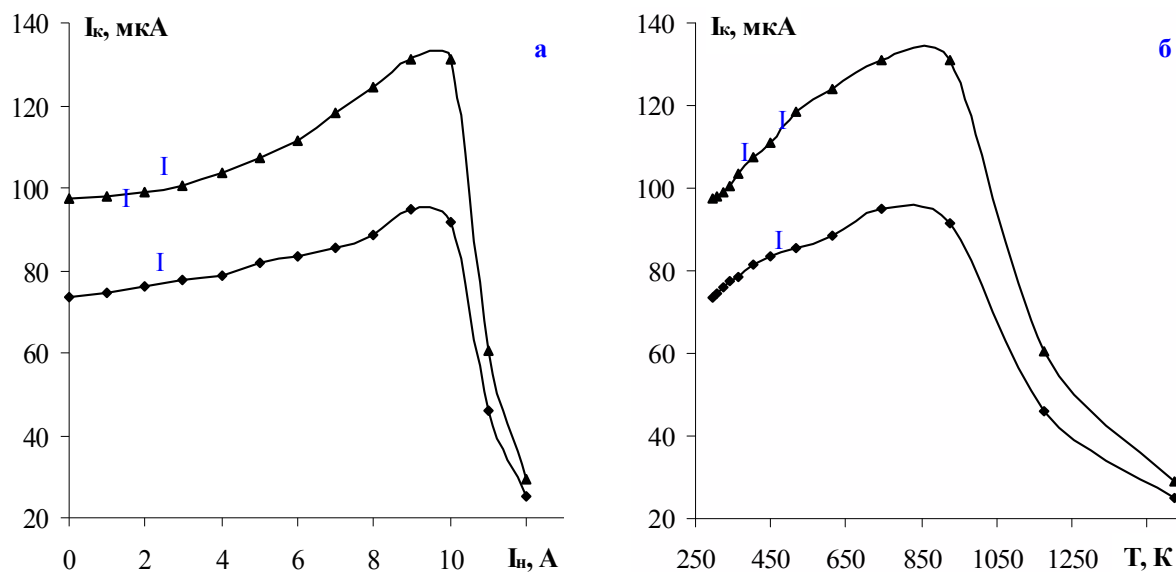


Рис. 2. Зависимость тока коронного разряда положительной (I) и отрицательной (II) полярности от тока нагрева (а) и температуры (б) коронирующего электрода.

формулой Пика [3]. Затем, при дальнейшем повышении тока нагрева до 10 А и более, вследствие джоулева нагрева провода, температура которого регистрируется оптическим пирометром П, начинается активное образование оксидов молибдена, при испарении заряжающихся одноименным, с электродом, зарядом. Вследствие этой зарядки, частицы оксида вытягиваясь под действием электрического поля, отрываются от электрода и начинают движение по направлению к противоположному электроду. В результате этого перенос заряда в межэлектродном промежутке, наряду с электронами и ионами, осуществляется частицами оксида молибдена. Так как, подвижность этих частиц много меньше подвижности электронов и ионов, наблюдается уменьшение значений тока короны. При продолжающемся росте температуры все большее количество частиц оксида участвуют в переносе заряда, вытесняя электроны и ионы. Наблюдается явление запирания короны, заключающееся в значительном уменьшении тока коронного разряда.

Как видно из графиков Рис. 2. (б), при повышении тока нагрева до значений, при которых процесс образования оксидов молибдена максимален, происходит уменьшение тока короны в более чем в 3 раза по сравнению с токами, наблюдаемыми непосредственно перед началом сублимации частиц оксида молибдена. Следует заметить, что ток короны, как в случае положительной, так и в случае отрицательной полярности, при запирании стремится к одной и той же величине. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что на этапе запирания коронного разряда происходит практически полное замещение носителей заряда, при прочих равных условиях, что и приводит к уравниванию токов для положительной и отрицательной корон.

Проведены исследования характеристик электрофильтрации воздуха содержащего пыль монокристаллического кремния с дисперсным составом 0,5 мкм и менее. Для проведения исследования фильтрации субмикронного порошка кремния на промежуточной стадии была разработана методика создания воздушных взвесей мелкодисперсных порошков подробно рассмотренная в [5]. Эксперименты проводились на электрофилт্রে диаметром 36 и длиной 220 мм. Плотность тока на единицу длины коронирующего электрода диаметром 0,2 мм составляла 0,00125 А/м.

Сравнение степени улавливания субмикронного порошка кремния от длины электрофильтра показывает заметное отличие результатов эксперимента Рис.4(1), и теории Рис.4(2). Экспериментально определенная длина осадительного электрода соответствующая 100% степени улавливания пыли равна 0,18 м, а рассчитанная по методу Дейча 18 м. [6]. Расхождения в 100 раз нельзя объяснить погрешностью эксперимента.

Выводы. Таким образом, экспериментально показано, что характеристики коронного разряда сложным образом зависят от условий его реализации. Ток разряда существенно зависит от температуры коронирующего электрода (ток увеличивается) а наличие больших концентраций наноразмерных частиц в газе может привести к замещению носителей заряда и запиранию тока короны.

Результаты по улавливанию субмикронной пыли в электрофильтрах с разрядными промежутками менее 100 мм, не могут быть объяснены в рамках моделей Дейча и Дейча-Попкова., в основе которых лежат следующие предположения: в начальной стадии пыль распределяется равномерно по сечению электрофильтра, не уловленная пыль продолжает оставаться равномерно распределенной а скорость дрейфа заряженных частиц является эффективной постоянной величиной. Поэтому величина скорости частиц в направлении осадительного электрода полностью определяет степень улавливания электрофильтра. Скорость дрейфа ограничивается размерами частиц и силами Стокса с одной стороны, и ограниченными величинами (из-за опасности электрического пробоя газового промежутка электрофильтра) напряженностей электрического поля в разрядном промежутке с другой стороны.

Литература.

1. *Cotrell F.G.* Art of Separating Suspended Particles from Gaseous Bodies. – U.S. Patent, 895,729 (1908)/
2. *Cotrell F.G.* The Electrical Precipitation of Suspended Particles. // *J. Ind. and Chem.*, 3, 542 (1911).
3. Экотехника. Под редакцией Л.В. Чекалова. Ярославль, “Русь”, 2004, 424 стр.
4. Райзер Ю.П., Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987.
5. Лелевкин В. М., Ниязалиев И. А., Токарев А. В. Создание оптимальных гетерогенных потоков для плазмохимических реакторов, Международная научная конференция «Физика и физическое образование: достижения и перспективы развития». Тез. док. 7-9 сентября 2006 г., г. Бишкек. С. 97.
6. *Deutsch W.* *An. Phys.*, 1922, pp. 68, 335.

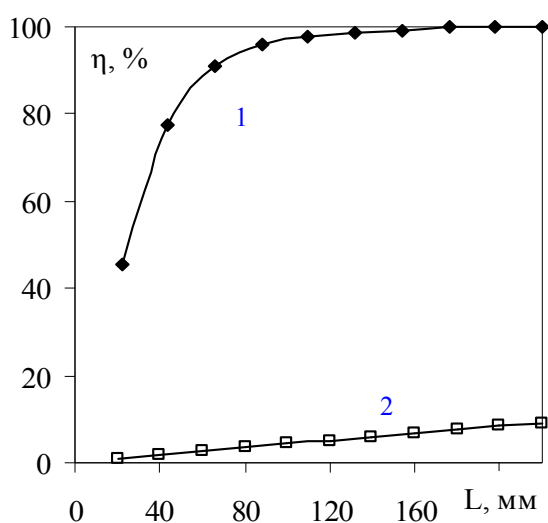


Рис.4. Зависимость степени улавливания порошка кремния от длины электрофильтра. 1-эксперимент 2-расчет.