

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода: учебник для вузов / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 575 с.
2. Анхимюк, В.П. Теория автоматического управления / В.П. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.

УДК 533.9

Гарбачевский В.В., Исмаилов Р.О.

Научный руководитель: проф. Сазонов М.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ОЗОНИРОВАНИЯ

Введение

Озонирование – современный, действенный и универсальный способ очистки воды. Таже озон очень эффективен при обработке воздуха (дезинфекция помещений для хранения продуктов и для содержания животных, очистка загрязнений воздуха при выбросе после «грязных» металлургических и химических производств), и используется при предпосевной обработке семян, обработке целлюлозы, отбеливании тканей. Отдельной и важной отраслью использования озона является медицина.

Целью исследований является разработка конструкции плазмотрона с использованием электрической дуги как источника тепла и излучения

Для получения озона применяются следующие способы: электролитический, фотохимический, химический, оптический и синтез озона в электрических разрядах. Электролиз озона может производиться на основе тихого, барьерного, коронного и дугового разряда. Недостатками большинства из перечисленных методов являются малая производительность, сложность конструкции и дороговизна оборудования, большое потребление электроэнергии и дороговизна сырья. Поэтому остановимся на методе получения озона на основе дугового разряда как на наиболее простом и эффективном.

Для получения озона используется плазмотрон – устройство для создания плотной (с давлением порядка атмосферного) низкотемпературной плазмы (с температурой до 104 К) с помощью электрических разрядов в газах. Дуговой плазмотрон постоянного тока состоит из разрядной камеры, в которой расположены электроды вдоль по оси или коаксиально, и узла подачи плазмообразующего вещества. Плазма может истекать из разрядной камеры плазмотрона в виде струи или создавать плазменную дугу. Во втором случае разряд горит между катодом и обрабатываемым телом, служащим анодом. Потенциальными преимуществами данной технологии является возможность генерации газовых потоков с высоким содержанием атомарного кислорода (до 80-90% при использовании кислорода), компактность и высокая производительность устройств (до 500 кг/ч) с КПД 70-80%, малые энергозатраты (8-10 кВт ч/кг).

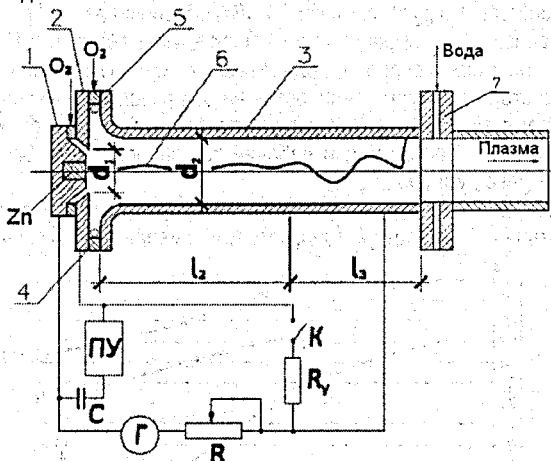
Результаты исследований.

На основе вольт-амперной характеристики при различных расходах рабочего газа разработана конструкция плазмотрона. Принципиальная схема плазмотрона, схема его электропитания и поджига приведена на рисунке 1. Данный плазмотрон может использоваться для обеззараживания жидких сред, а также во многих других областях.

Особенностью конструкции данного плазмотрона является реализация горения дуги вдоль потока кислорода, что обеспечивает максимальный выход озона. Благодаря такому способу привязки дуги к медному аноду достигается незначительное образование

наночастиц меди; что повышает эффективность обеззараживания сточных вод. Плазмотрон обладает высоким ресурсом работы (десятки часов до замены катода).

Основными элементами плазмотрона являются катод 1, поджигающий электрод 2, и анод 3. Катод выполнен из вольфрамового стержня длиной 20 мм, запрессованного заподлицо в медную обойму с целью оптимизации его охлаждения и повышения ресурса эксплуатации. Поджигающий электрод 2 выполнен из меди в виде секции-шайбы с внутренним диаметром $d_1 = 16$ мм. Медный анод 3 имеет диаметр $d_2 = 8$ мм, а его длина равна 140 мм. Катод, поджигающий электрод, и анод, интенсивно охлаждаются химически очищенной водой.



1 – катод; 2 – поджигающий электрод; 3 – анод; 4 и 5 – изоляторы; 6 – дуга; 7 – реактор

Рисунок 1 – Схема плазмотрона и электропитания

Давление рабочего газа перед расходомерами на входе плазмотрона составляет $(3...6) \cdot 10^5$ Па. В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 50 мм, подается кислород (расход 0,1 - 0,2 г/с). Во вторую камеру закрутки, расположенную между поджигающим электродом и анодом, поступает кислород через 4 тангенциальных отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Расход кислорода варьируется от 2 до 5 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществляется от источника питания Г с номинальным током 140 А и напряжением 600 В. Так как его внешняя электрическая характеристика жесткая, а вольт-амперная характеристика дуги падающая, в силовую цепь последовательно с дугой с целью обеспечения устойчивого ее горения включается ступенчато изменяющееся балластное сопротивление R. Поджиг осуществляется при помощи высоковольтного высокочастотного осциллятора ПУ с подачей напряжения на поджигающий электрод 2. Между поджигающим электродом и анодом через контактор включено сопротивление $R_\gamma = 10 - 20$ Ом. Такая схема включения осциллятора в электрическую цепь питания плазмотрона позволяет исключить попадание ВЧ-напряжения в силовую цепь питания и обеспечивает тем самым надежную защиту силового выпрямителя от перенапряжения.

Порядок запуска плазмотрона: устанавливается рабочий расход газа; после этого при включенном контакторе К подается напряжение от выпрямителя Г и далее включается осциллятор, обеспечивающий пробой зазора (1,5 мм) между катодом и поджигающим электродом. Образовавшийся искровой канал служит основой для развития вспомогательной дуги, ток которой равен 10-15 А и регулируется изменением величины R_y . Под действием потока кислорода слаботочная дуга выдувается из зазора. Катодное пятно устанавливается на графитовом стержне, анодное – перемещается к кромке электрода 2, а образующийся высокотемпературный факел снижает напряжение пробоя между катодом и анодом; существующая разность потенциалов между ними (при мощности, вложенной в вспомогательную дугу, порядка 1-2 кВт) обеспечивает пробой и поджиг основной дуги. Ток в основной цепи регулируется балластным реостатом R. Далее радиальный участок дуги потоком кислорода, подаваемого в основную вихревую камеру 5, сносится за уступ, а столб дуги устанавливается на оси разрядной камеры. После запуска плазмотрона сопротивление R_y отключают контактором К, а реостатом R устанавливается и стабилизируется необходимый рабочий ток силовой дуги. Запуск плазмотрона производится при токе дуги 200-300 А.

Экспериментально определены вольт-амперные характеристики дуги в вихревом потоке газа при различных расходах аргона, которые приведены на рисунке 2.

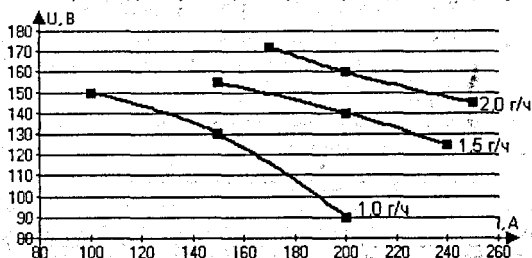


Рисунок 2 – Вольт-амперные характеристики при различных расходах рабочего газа, диаметр канала $d = 8$ мм, длина анода $l = 120$ мм

Результатом работы реактора 7 является смешение полученного озона с подаваемой через радиальные отверстия водой, после чего плазменный поток подается в очистной бассейн.

Выводы

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований создана конструкция экспериментального плазмотрона для получения озона.

Преимуществами данного устройства является:

- 1) использование в качестве рабочего газа только кислорода;
- 2) высокий ресурс работы плазмотрона, в процессе эксплуатации осуществляется замена только катода;
- 3) высокий тепловой КПД (~0,7%), что обеспечивает высокую эффективность технологического процесса очистки сточных вод.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жуков, М.Ф. Электродуговые нагреватели газа (плазмотроны) / М.Ф. Жуков, В.Я. Смоляков, Б.А. Урюков – М., 1973.
2. Филиппов, Ю.В. Электросинтез озона / Ю.В. Филиппов, В.А. Вобликова, В.И. Пантелеев – М.: Изд-во Московского университета, 1987.