

Данное техническое решение обладает предельно низкой энергоемкостью, простое в исполнении и легко реализуется на практике силами хозяйств и предприятий.

### Литература

1. Патент ВУ «Способ очистки подземных вод от загрязнения» С02F1/78, №1962, БИ №4, часть 1, 1997 г.
2. Патент ВУ «Способ очистки подземных вод от загрязнения и технологическая линия для его осуществления» С02F1/78, №8361, БИ №4, часть 1, 2006 г.
3. Калюжный И.Л., Павлова К.К. Формирование потерь талого стока. Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 159 с.
4. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение, наружные сети и сооружения

УДК 681.7:068

## ПЛАЗМОТРОН ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КИСЛОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ

*В.В. Батрак, Е.И. Дмухайло, М.И. Сазонов*

*УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь*

Плазменные потоки используются в различных практических приложениях для промышленного получения различных химических веществ.

Разработаны плазматроны для генерации кислородной плазмы с температурой до 4000 К с целью реализации технологического процесса получения озона для обезвреживания и очистки сточных вод промышленных предприятий.

На основе широких исследований и применения теории подобия разработана методика расчета плазматронов.

На основе разработанной методики с использованием критериальной формулы для  $E_{н}$  сконструирован плазмотрон для промышленного использования, мощностью 50 кВт.

Принципиальная схема плазмотрона, его электропитания и поджига приведена на рис. 1.

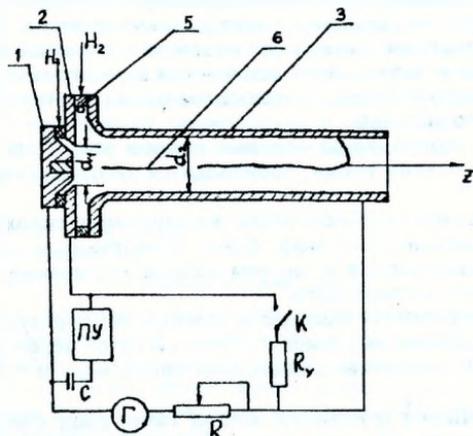


Рис. 1. Схема плазмотрона и электропитания

1 - катод, 2 - поджигающий электрод, 3 - анод, 4 и 5 - изоляторы, 6 - дуга

Основными элементами плазмотрона являются катод 1, поджигающий электрод 2 и ступенчатый анод 3. Катод выполнен из графитового стержня длиной

20 мм, запрессованного в медную обойму. В процессе испытания использовались вольфрамовые стержни диаметром от 5 до 20 мм.

Поджигающий электрод 3 выполнен из меди в виде секции-шайбы с внутренним диаметром  $d_1=5$  мм. Медный ступенчатый анод имеет диаметр  $d_2=8$  мм. Полная длина анода изменялась от 90 до 150 мм. Катод, поджигающий электрод и анод интенсивно охлаждаются химически очищенной водой. Вода подается в систему охлаждения плазмотрона под давлением 10-15 атм. Для расчета тепловых потоков в электроды определяли температуру воды на входе и выходе из плазмотрона при помощи хромель-копелевых термопар с записью показаний прибором ЭМП-109 АИ.

Давление кислорода перед расходомерами на входе плазмотрона составляло  $(4...8) \cdot 10^5$  Па. Расход газа измерялся прибором типа РС-5.

В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 50 мм, подавался аргон (расход 0,1-0,2 г/с). Во вторую камеру закрутки 5, расположенную между поджигающим электродом и анодом, кислород поступал через 4 тангенциальных отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Суммарный расход кислорода варьировался от 4 до 8 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществлялось от источника питания с номинальным током 300 А и напряжением 710 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 включено ступенчато изменяющееся балластное сопротивление R.

Поджиг плазмотрона осуществлялся при помощи высоковольтного высокочастотного осциллятора с подачей напряжения на поджигающий электрод 2. Между поджигающим электродом и анодом через контактор включено сопротивление  $R_7=10-20$  Ом. Такая схема включения осциллятора в электрическую цепь питания плазмотрона позволяла исключить попадание ВЧ-напряжения в силовую цепь питания и обеспечивала тем самым надежную защиту выпрямителя от перенапряжения.

На рис. 2 приведен общий вид разработанного плазмотрона.

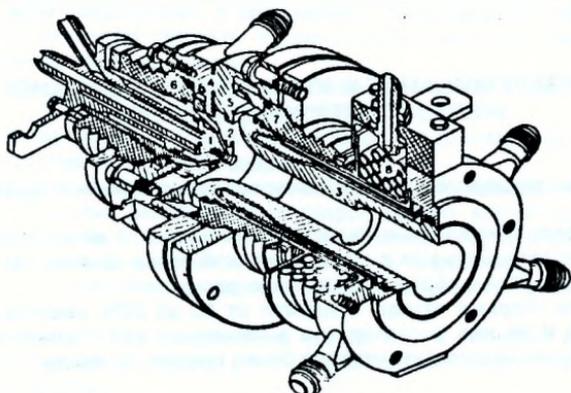


Рис. 2. Изометрия плазмотрона мощностью 50 кВт

Порядок запуска плазмотрона: устанавливают рабочий расход газа; после этого при включенном контакторе К подают напряжение от выпрямителя Г и далее кратковременно 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 аргона слаботочная дуга выдувается из зазора. Катодное пятно устанавливается на катоде-стержне, анодное - перемещается к кромке электрода 2, а образующийся высокотемпературный факел снижает напряжение пробоя между катодом и анодом; существующая разность потенциалов между ними обеспечивает пробой и поджиг основной дуги. Ток в основной цепи регулируется балластным реостатом R. Далее радиальный участок дуги потоком газа, 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.

Проведены исследования вольт-амперных характеристик (ВАХ) плазмотрона. Напряжение дуги составляло 210-140 В при токах 50-180 А, а ВАХ имела в указанном диапазоне токов падающий вид.

Одновременно с исследованием вольт-амперных характеристик дуги проводились измерения тепловых потоков в элементы плазмотрона: катод, анод и поджигающий электрод. Это позволило вычислить тепловой к.п.д. плазмотрона, энтальпию и среднемассовую температуру  $T$  газа в зависимости от величины тока дуги и длины анода при различных расходах аргона. Измерения тепловых потерь в плазмотроне показали, что тепловой к.п.д. равен 0,6-0,72, а рассчитанная температура на выходе плазмотрона равна  $T=1800 - 4200$  К. Минимальная удельная эрозия медного анода составляет  $10^{-6} - 10^{-7}$  г/А·с. может быть увеличена до заданных величин путем изменения геометрия анода.

### Литература

1. Курочкин Ю.В., Пустогаров А.В. Исследования плазмотронов с подачей рабочего тела через пористую межэлектродную вставку / Экспериментальные исследования плазмотронов. Под ред. М.Ф. Жукова. - Новосибирск, 1977. - С. 82-104.
2. Жуков М.Ф., Коротеев А.С., Урюков Б.А. Прикладная динамика термической плазмы / - Новосибирск. «Наука» СО АН. 1975. - 299 с.
3. Даутов Г.Ю., Сазонов М.И. «Напряженность электрического поля в стабилизированной вихрем дуге» // ПМТФ. 1967. №4 - С.127-131.

УДК 628.543

## ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНО- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ

*Е.А. Урецкий*

*УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь*

Проблему обезвреживания и утилизации гальвано- и железосодержащих шламов следует рассматривать как с экономической точки зрения, так и с точки зрения рационального использования вторичных ресурсов.

Известно, что твердые отходы содержат от 10 до 30% цветных, железосодержащих, а иногда и редких металлов, что в несколько раз превышает их содержание в рудном сырье, поэтому утилизация более предпочтительна.

### *Характеристика и свойства осадка*

Осадок, образующийся в результате очистки сточных вод гальванических производств, на станциях обезжелезивания, травления чёрных металлов и т.д. представляет собой концентрированную, многокомпонентную, полидисперсную систему.

Состав, количество и основные свойства подобных шламов определяются их исходным составом стоков, принятой схемой их обработки, количеством и видом применяемых реагентов, режимом эксплуатации очистных сооружений и т.п.