# СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГАЗОВ.

# Д.Ю.Батомункуев, В.П. Лукашов, С.П. Ващенко, В.А. Емелькин,

***Институт теоретической и прикладной механики***

***им. С.А. Христиановича СО РАН, 630090, Новосибирск***

В данной статье описано создание установки для разработки технологий переработки химически активных газов с максимальной эффективностью как с точки зрения экологической безопасности, так и с точки зрения экономической сообразности.

Требования к чистоте плазмы определили подходящий тип нагревателя газа для проведения реакции – плазмотрон V-типа с защитой электродов плазмообразующим инертным газом.

На основе расчетов теплового и массового балансов была выбрана мощность установки 2-15 кВт и определены оптимальные расходы плазмообразующего газа 0,696 и 1,04 г/с.

|  |
| --- |
|  |
| *Рис. 1. Схема плазмотрона* |

На рис. 1 представлена схема плазмотрона.

В качестве генератора плазмы в установке использовался плазмотрон V-типа, обеспечивающий высокую чистоту плазмы за счет низкого коэффициента эрозии электродов (10–3 кг/Кл).

В качестве плазмообразующего газа выбран инертный газ аргон.

На данном плазмотроне проводились тестовые запуски и измерялись основные энергетические характеристики: доля потерь в различные элементы плазмотрона, то есть было проведено калориметрирование и измерение КПД нагрева газа по формуле:

где N – полная мощность дуги плазмотрона, выделяемая как произведение тока на напряжение, а Q – сумма тепловых потерь в элементы плазмотрона.

**© Д.Ю.Батомункуев, В.П. Лукашов, С.П. Ващенко, В.А. Емелькин**

Данные измерения тепловых потерь представлены в таблице. Потери рассчитывались как произведение расхода воды на перепад температуры при прохождении охлаждаемого элемента. Потери в верхней части таблицы измерены при расходе аргона 1,04 г/с, нижние – при 0,696 г/с.

**Тепловые потоки в различные элементы плазматрона при различных токах и расходах плазмообразующего газа аргона.**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Заданный ток дуги, А |
| Характеристики горения дуги | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Напряжение дуги, V | 100 | 100 | 105 | 115 |
| Потери в катод Qk | 632,016 | 737,352 | 869,022 | 1053,36 |
| Потери в анод Qa | 442,176 | 663,264 | 852,768 | 1137,024 |
| Потери в крышку Qd | 451,584 | 602,112 | 752,64 | 1053,696 |
| Потери в конус Qu | 2073,162 | 3030,006 | 4305,798 | 5422,116 |
|  |  |  |  |  |
| Потери в катод Qk | 684,684 | 869,022 | 1000,692 | 1211,364 |
| Потери в анод Qa | 505,344 | 694,848 | 947,52 | 1263,36 |
| Потери в крышку Qd | 451,584 | 602,112 | 903,168 | 1204,224 |
| Потери в конус Qu | 1913,688 | 3030,006 | 4624,746 | 5900,538 |

На рисунке 2 представлена вольтамперная характеристика плазмотрона V-типа. Данные экспериментов свидетельствуют об удобстве использования плазмотрона данного типа для задания мощности вследствие слабой линейной зависимости напряжения от тока.

|  |
| --- |
|  |
| *Рис. 2. Вольтамперная характеристика плазмотрона V-типа* |

Как показывают результаты эксперимента, основная доля потерь приходится на конусную часть, через которую проходит вся масса плазмообразующего газа. Вместе с тем обзор исследований процессов в приэлектродной области показывает, что тепловые потери на электродах являются неотъемлемой частью работы плазмотрона и снижению не подлежат [1].

**© Д.Ю.Батомункуев, В.П. Лукашов, С.П. Ващенко, В.А. Емелькин**

Одним из необходимых условий прохождения реакции с заданными параметрами является возможность регулировать температуру стенки реактора [2]. В связи с этим было принято решение использовать воздушное охлаждение. На рис. 3 представлены результаты измерения температуры стенки реактора от расхода воздуха охлаждения.

**Рисунок 3**

**Температура стенки реактора установки в зависимости от расхода воздуха охлаждения.**

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 3. Зависимость температур от расхода воздушного охлаждения. вф – верхний фланец реактора, нф – нижний фланец реактора, окно – температура смеси в диагностической секции.  |

Данная зависимость доказывает возможность регулирования температуры стенки для обеспечения максимально эффективного прохождения реакции.

Наряду с тепловыми потерями немаловажным аспектом при разработке установки подобной направленности является необходимость использовать реагенты в различных фазовых состояниях. В связи с этим была разработана универсальная система подготовки и ввода реагентов. Часть, состоящая из испарителя, обеспечивающего возможность введения жидких реагентов в парообразном состоянии, и подогревателя, производящего догрев газа или смеси газа и пара перед вводом в реактор для повышения КПД установки, позволяет вводить газообразные и жидкие реагенты в реактор.

**© Д.Ю.Батомункуев, В.П. Лукашов, С.П. Ващенко, В.А. Емелькин**

**© Д.Ю.Батомункуев, В.П. Лукашов, С.П. Ващенко, В.А. Емелькин**

В дополнение к вышеуказанным составляющим специально разработан дозатор порошка с вводом порошка в камеру смешения в виде взвеси. Необходимость разработки конструктивно нового дозатора продиктована характеристиками порошков, которые предполагается использовать: гигроскопичностью и слипаемостью.

На основе испытаний дозатора ДПАМ-01 были определены следующие рабочие характеристики дозатора:

– диапазон размеров частиц – 50 нм ÷ 30 мкм

– скорость подачи – до 2 г/с

**Заключение:**

Выполнен обзор имеющихся работ по технологиям переработки галогенидов, описаных во введении. Проведен расчет и анализ результатов расчета равновесного термодинамического состава выходящей смеси переработанных фторидов и хлоридов. На основе анализа разработана блок-схема процесса конверсии фторидов и хлоридов.

Разработан плазмотрон V- типа мощностью 2 – 15 кВт, схема электропитания и блок поджига дуги. Плазмотрон был запущен и протестирован, измерены тепловые потери.

Получены экспериментальные данные по зависимости КПД процесса нагрева от тока и расхода газа, зависимость вольтамперных характеристик от расхода газа в принятом типе плазмотрона.

Измерена зависимость температуры стенки реактора от величины расхода охлаждающего воздуха. Показано, что регулирование температуры стенки реактора легко осуществляется в необходимых пределах.

Определены рабочие параметры порошкового дозатора – глубина погружения и минимальный расход газа. Выявлен диапазон дисперсности порошков, которые гарантированно может подавать дозатор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жуков М.Ф., Козлов Н.П., Пустогаров А.В., Аньшаков А.С., Хвесюк В.И., Дюжев Г.А., Дандарон Г.-Н.Б.** Приэлектродные процессы в дуговых разрядах. Сибирское отделение Новосибирск. Издательство «Наука». 1982. с. 61.
2. **Гусаров Е.Е., Малков Ю.П., Степанов С.Г., Трощиненко Г.А., Засыпкин И.М.** Плазмохимическая технология обезвреживания галогенсодержащих отходов, в том числе полихлорированных бифенилов. Теплофизика и аэромеханика. 2010. том. 17, №4 c 646.

**© Д.Ю.Батомункуев, В.П. Лукашов, С.П. Ващенко, В.А. Емелькин**