

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЧФ-ПЛАЗМОТРОНА В СОСТАВЕ ПЛАЗМЕННОГО МОДУЛЯ

Е.С. Ли, Е.Э. Шлотгауэр, О.Д. Подгорная

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: shahmatovaol@tpu.ru

## RESEARCH AND OPTIMIZATION OF OPERATING CONDITIONS PLASMA MODULE BASED ON HIGHT FRECUENCE TORCH PLASMATRON

E.S.Li, E.E. Shlotgauer, O.D.Podgornaya

Scientific Supervisor: Associate prof., PhD in Maths & Physics, A.G. Karengin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: shahmatovaol@tpu.ru

*This paper focuses on the modes of radio-frequency torch plasmatron and shows the effect of the gas-dynamic airflow quartz discharge chamber for thermal losses from high-frequency torch discharge in the case and the efficiency coefficient of the plasma torch.*

В данной работе проведено исследование режимов работы высокочастотного факельного (ВЧФ) плазматрона в составе плазменного модуля на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01 (колебательная мощность до 60 кВт, рабочая частота 13,56 МГц) и показано влияние входной площади импелера реактора (расхода плазмообразующего газа) на КПД плазматрона и мощность ВЧФ-разряда.

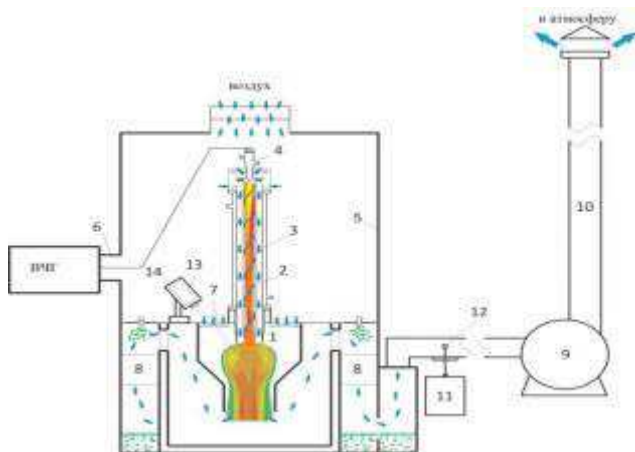


Рис. 1. Схема лабораторного плазменного стенда  
«Плазменный модуль на базе высокочастотного  
генератора ВЧГ8-60/13-01»

Плазменный стенд включает: 1 – диспергатор, 2 – ВЧФ-разряд, 3 – ВЧФ-плазматрон; 4 – медный электрод, 5 – корпус; 6 – коаксиальный вывод; 7 – импеллер реактора; 8 – узел «мокрой» очистки отходящих газов; 9 – вытяжной вентилятор (ВР 12-26, № 4), 10 – воздуховод, 11 – газоанализатор «Quintox» КМ 9106, 12 – пробоотборник; 13 – защитный кожух пирометра, 14 – пирометр IPE 140/45.

Для определения расхода плазмообразующего газа через ВЧФ-плазматрон его узел ввода газа с импеллером (входная площадь –  $S_{\text{ип}} = 25 \text{ см}^2$ ) был заменен на фторопластовую трубку с равноценной входной площадью (диаметр - 55 мм, длина - 300 мм, площадь –  $S_{\text{тр}} = 24,2 \text{ см}^2$ ), в нижней части которой через отверстие (диаметр 8 мм) была установлена трубка Пито, закрепленная строго по центру навстречу

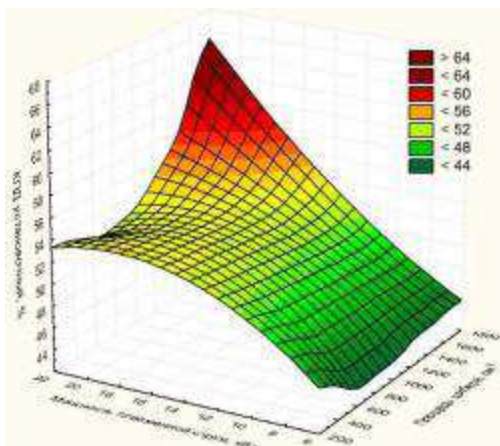


Рис. 2. Влияние мощности плазменной струи и входной площади импеллера реактора на установочный КПД плазменного модуля

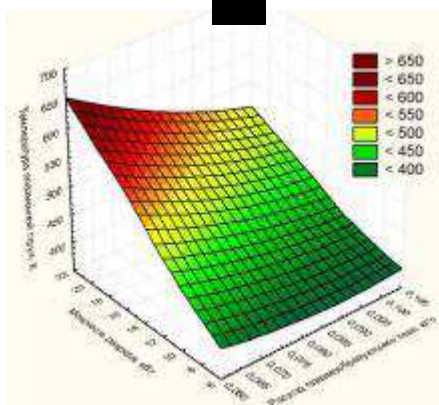
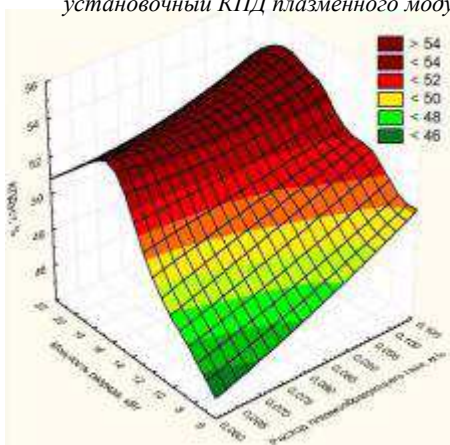


Рис. 3. Зависимость установочного КПД (а) и температуры плазменной струи (б) от мощности ВЧФ-разряда и расхода плазмообразующего газа

сделать вывод, что КПД имеет пороговое значение при мощности разряда 15,3 кВт и массовом расходе плазмообразующего газа 0,06 кг/с.

На рисунке 3,б изображена зависимость температуры плазменной струи от мощности ВЧФ-разряда и расхода плазмообразующего газа. Данные, представленные на графике, позволяют сделать вывод о том, что рост температуры плазменной струи достигается при увеличении мощности ВЧФ-разряда и снижении расхода плазмообразующего газа. Значение КПД снижается до минимального значения 46,3%

поток воздуха.

Напор набегающего потока определялся с помощью трубки Пито по следующей формуле:

$$\frac{\rho V^2}{2} = P_{\text{п}} - P_{\text{ст}}$$

где  $P_{\text{п}}$  – полное давление;  $P_{\text{ст}}$  – статическое давление;  $\rho$  – плотность воздуха при температуре  $T$ ;  $\frac{\rho V^2}{2}$  – напор, создаваемый набегающим потоком.

Скорость набегающего потока определялась как

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot (P_{\text{п}} - P_{\text{ст}})}{\rho}}$$

Исходя из этого, рассчитывался объёмный расход плазмообразующего газа (воздуха) через ВЧФ-плазмотрон по формуле:

$$Q_{\text{пг}} = S_{\text{тр}} \cdot V_{\text{пг}}$$

где  $V_{\text{пг}}$  – скорость плазмообразующего газа через фторпластовую трубку;  $S_{\text{тр}}$  – площадь поперечного сечения фторпластовой трубки.

Измерения скорости плазмообразующего газа через ВЧФ-плазмотрон в процессе опытов производились при различной входной площади импеллера реактора, которая изменялась путем перекрытия шибером сегментов импеллера.

На рис. 2 показано влияние мощности плазменной струи и входной площади импеллера реактора на установочный КПД плазменного модуля ( $P_{\text{стр}}/P_{\text{потр}}$ ). Из анализа представленной зависимости можно сделать вывод, что установочный КПД плазменного модуля достигает максимального значения 54,6% при анодном токе 4 А.

На рисунке 3,а представлена зависимость установочного КПД от изменения мощности ВЧФ-разряда и расхода плазмообразующего газа.

Анализ приведенной зависимости позволяет

при максимальном уменьшении входной площади импеллера реактора и минимальном токе анода, равном 3 А.

Полученные результаты могут быть использованы для отработки и оптимизации режимов плазменной утилизации различных промышленных отходов, в том числе, отходов замкнутого ядерного топливного цикла.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. – Л.: «Химия» Ленинградское отделение, 1981. – 104 с.
2. Тихомиров И.А., Власов В.А., Луценко Ю.Ю. Физика и электрофизика высокочастотного факельного разряда и плазмотроны на его основе. – М.: Энергоиздат, 2002. – 195 с.

#### ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЗОЛОТА, ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕМ

А.О. Лязгин, А.Р. Шугуров

Научный руководитель: д.ф.-м.н. А.В. Панин

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия, г.Томск, пр. Академический 2/4, 634021

E-mail: lyazgin@list.ru

#### STUDY OF SURFACE MORPHOLOGY AND MECHANICAL PROPERTIES OF GOLD BASED COATINGS OBTAINED BY PULSE ELECTRODEPOSITION

A.O. Lyazgin, A.R. Shugurov

Scientific Supervisor: Dr. A.V. Panin

Institute of Strength Physics and Material Science SB RAS, Russia, Tomsk, Akademicheskii av., 2/4, 634021

E-mail: lyazgin@list.ru

*The influence of parameters of pulsed electrodeposition on the surface morphology, mechanical and tribological properties of coatings Au-Ni has been investigated. It has been found that the most smooth, wear-resistant and hard coatings are obtained using a pulse frequency of 20 Hz and a duty cycle of 20%.*

Основным методом нанесения покрытий коаксиальных соединителей на основе золота является электролитическое осаждение. Импульсное электроосаждение по сравнению с осаждением при постоянном токе обеспечивает более эффективный контроль процессов зародышеобразования и роста зерен и тем самым позволяет получать покрытия с повышенными эксплуатационными свойствами [1-2]. Однако существует достаточно узкий диапазон изменения параметров импульсного осаждения, в котором можно наносить покрытие с требуемыми характеристиками. Для создания покрытий с заданными свойствами необходимо выявить корреляцию между параметрами импульсного электроосаждения и характеристиками гальванических покрытий Au-Ni.

Гальванические покрытия Au-Ni толщиной 2,5 мкм наносили методом импульсного