

УДК 681.7:068

Веремейчик А.И., Сазонов М.И., Хвисевич В.М.

**АРГОНОВЫЙ ПЛАЗМОТРОН ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ
РЕАЛИЗАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь*

This article is devoted creation powerful plasmatron for various technological processes and carrying out of laboratory researches. Wide-ranging studies of the electric arc burning in a longitudinal argon stream in the metal cylindrical channel are with that end in view spent. The design procedure of generators of plasma streams – plasmatrons of direct current is developed by theory of simplarity. Hardenings of metals, sedimentation of wearproof coverings are created plasmatron for carrying out of scientific researches and realisation of technological processes. The description of one of developed plasmatron is resulted

Плазменные потоки используются в различных практических приложениях: для изучения движения тел при входе в плотные слои атмосферы Земли и других планет, для промышленного получения различных химических веществ, которые трудно либо вообще невозможно получить; при сварке, резке и упрочнении металлов, нанесении износостойких тонких пленок на детали машин, в металлургии, химической промышленности и многих других процессах [1 - 3]. Одним из промышленных способов получения плазмы является применение плазмотронов постоянного тока, в которых горит электрическая дуга в потоке рабочего газа. С целью определения исходных данных для рас-

чета и разработки плазмотронов проведены исследования напряженности электрического поля дуги, горящей в потоке аргона.

Величины напряженности электрического поля E вдоль дуги определены методами изменения длины дуги и измерения потенциалов изолированных друг от друга секций разрядной камеры плазмотрона. Напряженность электрического поля дуги определялась по наклону кривой распределения потенциала вдоль оси z [4].

Установлено, что в исследованном диапазоне параметров, указанных в таблице 1, зависимость напряженности электрического поля от тока была линейно восходящей, а вдоль дуги величина E возрастает.

На рис. 1 изображена типичная зависимость напряженности электрического поля аргоновой дуги от тока I .

На основе теории подобия разработана методика расчета плазмотронов. Учитывая особенности горения дуги в аргоне, обобщенную зависимость напряженности электрического поля E от определяющих критериев будем искать в виде:

$$Ed = c \left(\frac{G}{d} \right)^p \cdot (pd)^q \cdot \left(c_0 + c_1 \frac{I}{d} \right) \cdot f \left(\frac{z}{d} \right) \quad (1)$$

Экспериментальные данные обобщаются следующей критериальной формулой:

$$Ed = 4,2 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{G}{d} \right)^{0,11} \left(135 + 10^{-2} \frac{I}{d} \right) \cdot \left(0,9 + 1,6 \cdot 10^{-4} \frac{z}{d} \right) \quad (2)$$

где G – расход аргона, d – диаметр разрядной камеры.

На основе разработанной методики с использованием критериальной формулы для E сконструирован и создан плазмотрон, который рекомендуется для проведения лабораторных занятий и промышленного использования [3]. Принципиальная схема плазмотрона, его электропитания и поджига приведена на рисунке 2.

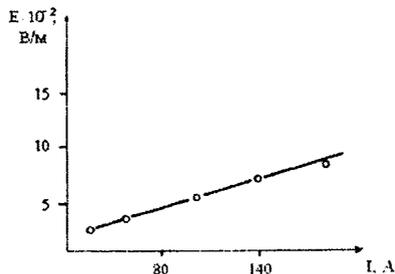


Рисунок 1 – Напряженность электрического поля дуги, горящей в потоке аргона при $d=1$ см, $G=4$ г/с

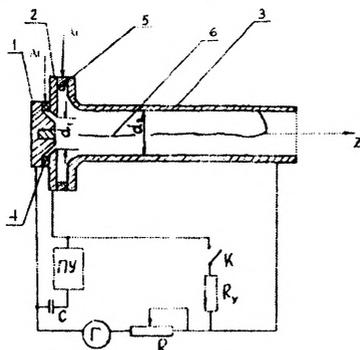


Рисунок 2 – Схема плазмотрона и электропитания

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

Таблица 1 – Диапазон изменения параметров при исследовании дуги в аргоне

d, мм	10	20	30
a, мм	154	252	358
I, А	100-180	30-180	30-180
G, г/с	0,5-4	0,5-4	0,5-4

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 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 $d=8$ мм, а его длина равна 140 мм. Катод, поджигающий электрод и анод интенсивно охлаждаются химически очищенной водой. Для расчета тепловых потоков от дуги в электроды определяли температуру воды на входе и выходе из плазмотрона при помощи хромель-копелевых термопар с записью показаний прибором ЭМП-109 АИ.

Давление аргона перед расходомерами на входе плазмотрона составляло (3...6)·10⁵ Па. Расход газа измерялся приборами типа РС-3М. В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки 4 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, аргон поступал через 4 тангенциальных отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Суммарный расход аргона варьировался от 2 до 5 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществлялось от источника питания Г с номинальным током 200 А и напряжением 600 В. Так как его внешняя элек-

трическая характеристика является жесткой, 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 низкочастотного осциллятора ПУ с подачей напряжения на поджигающий электрод 2. Между поджигающим электродом и анодом через контактор 1 включено сопротивление $R_y=10...20$ 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 силового выпрямителя от перенапряжения. Экспериментально определены вольт-амперные характеристики дуги в вихревом потоке газа при различных расходах аргона, которые приведены на рис. 3.

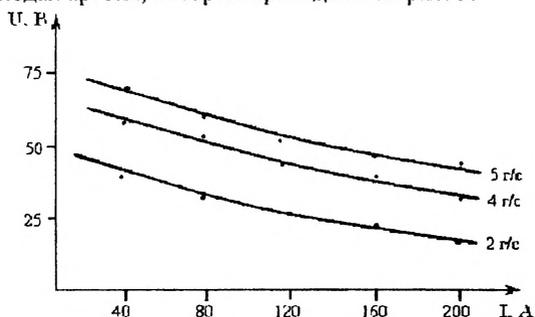


Рисунок 3 – Вольт-амперные характеристики плазмотрона при различных расходах рабочего газа – аргона; диаметр анода $d=10$ мм, длина анода $l=120$ мм

На рис. 4 приведен общий вид созданного на основе проведенных исследований опытного плазмотрона. Разработка новой конструкции плазмотрона была проведена с целью достижения высокого ресурса работы и согласования вольт-амперных характеристик дуги с серийно выпускаемыми специальными силовыми источниками электропитания плазмотронов, при помощи установки катод ступенчатой геометрии для регулирования длины дуги.

Проведены исследования энергетических характеристик плазмотрона. 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 среднюю температуру T газа в зависимости от величины тока дуги и длины анода при различных расходах аргона. Установлено, что тепловой к.п.д. равен $0,68...0,74$, а рассчитанная температура на выходе плазмотрона равна $T=3700...7200$ К. При использовании в качестве рабочего газа аргона тепловые потери в катод почти не зависят от диаметра вольфрамового стержня.

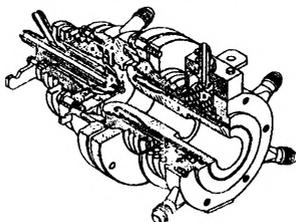


Рисунок 4 – Общий вид плазмотрона мощностью 110 кВт
Разработанный плазмотрон рекомендуется для различных технологических процессов и проведения лабораторных занятий

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, М.Ф. Прикладная динамика термической плазмы / М.Ф. Жуков [и др.]. – Новосибирск: Наука СО АН, 1975.
2. Курочкин, Ю.В. Исследования плазмотронов с подачей рабочего тела через пористую межэлектродную вставку / Ю.В. Курочкин, А.В. Пустогаров // Экспериментальные исследования плазмотронов / под ред. М.Ф. Жукова. – Новосибирск, 1977.
3. Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: сб. науч. трудов / М.И. Сазонов [и др.]. – Новоолоцк, 2001. – С. 696–699.
4. Даутов, Г.Ю. Напряженность электрического поля в стабилизированной вихрем дуге / Г.Ю. Даутов // ПМТФ. – 1967. – № 4. – С. 127–131.