

*Канд. техн. наук, доцент Сергієнко С.М.
студент групи ПФ-02 Кашуба А.В.
студент групи ПФ-02 Войтенко С.М.
(ДонДТУ, м.Алчевськ, Україна)*

УНІВЕРСАЛЬНИЙ МІКРОПЛАЗМОТРОН

Наведені результати теоретичних розрахунків геометричних розмірів розрядного каналу мікроплазмотрона. Отримані залежності, на основі яких здійснено вибір режиму роботи електричної дуги у розрядному каналі. Наведена конструкція мікроплазмотрона.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. На сучасному етапі розвитку техніки та технології виробництва перед інженерами-конструкторами постає ряд нових завдань. Потрібно розрізати, зварювати, обробляти матеріали малої товщини з високою точністю та якістю обробки. Пристроєм, який допоможе вирішити ці проблеми, може стати мікроплазмотрон. Однак на сьогоднішній день існує невелика кількість розробок у цій галузі. Крім цього, у літературі немає повноцінного дослідження поведінки електричної дуги в умовах розрядного каналу мікроплазмотрона.

На сьогоднішній день існують алгоритми розрахунків багатьох типів плазмотронів, але усі вони мають значну електричну потужність, у зв'язку з чим не дають необхідних результатів при розрахунку мікроплазмотрона.

Аналіз досліджень та публікацій. Аналіз публікацій показує, що велика увага приділяється інженерним розрахункам потужних, трифазних плазмотронів та плазмотронів змінного струму (промислової частоти та НВЧ). У роботі [1] наведений інженерний спосіб розрахунку плазмотронів лінійної схеми, але, як було сказано вище, вони розраховані на велику силу струму (від 100 А). Робота [2] присвячена проблемам мікроплазмового зварювання, однак, по-перше, робота не описує розробку мікроплазмотронів, а лише способи, режими та результати мікроплазмового зварювання, по-друге, описані у Б.Є.Патона мікроплазмотрони розраховані на занадто маленький струм, який не відповідає нашим технічним вимогам.

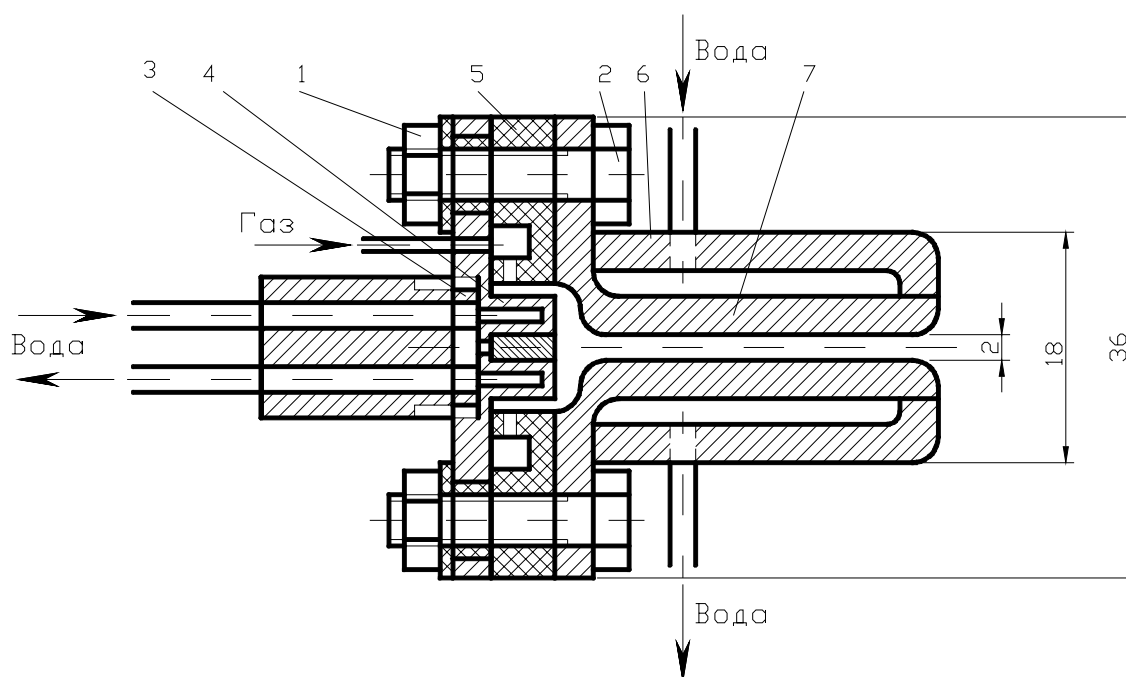
Постановка задачі. Дослідити вплив витрати робочого газу мікроплазмотрона на геометричні параметри його розрядного каналу. Ви-

значити параметри розрядного каналу та розробити конструкцію плазмотрона.

Виклад матеріалу та його результати. Однією з найважливіших особливостей запропонованого мікроплазмотрона є відносно проста конструкція та надійність у роботі, що досягається за рахунок його виконання за лінійною схемою.

З метою забезпечення універсальності у використанні та обслуговуванні мікроплазмотрона в якості робочого газу обираємо повітря.

Плазмотрон являє собою конструкцію, що складається з катодного та анодного вузлів, електрично ізольованих між собою (рис.1).



- 1 – гайка М4; 2 – болт М4; 3 – втулка; 4 – катодотримач;
5 – ізолятор; 6 – корпус; 7 – вихідний електрод

Рисунок 1 – Конструкція мікроплазмотрона

Катодний вузол має гафнієвий катод, а також втулку 3 та катодотримач 4. Охолоджуюча рідина подається та відводиться за допомогою двох штуцерів, пов'язаних з каналом охолодження катодного вузла.

Подача робочого газу здійснюється крізь відповідний канал в ізоляторі 5, який одночасно служить завихрувачем. У подальшому газ тангенціально подається у розрядний канал плазмотрона, забезпечуючи газовихрову стабілізацію електричної дуги. Окрім цього, оскільки струм дуги невеликий, за допомогою інтенсифікації охолодження вихідного електроду можна забезпечити надійну стабілізацію дуги холодною стінкою.

Вихідний електрод (анод) 7 має циліндричну форму, виконується з міді та при інтенсивному охолодженні забезпечує достатньо високий ресурс безперервної роботи.

Канавки для охолодження анода розташовані на зовнішній поверхні електрода. На вихідний електрод надівається мідний корпус 6 зі штуцерами для подачі та виводу охолоджуючої рідини. Таким чином, охолодження вихідного електрода здійснюється у виточеному в аноді каналі між безпосередньо анодом та корпусом вихідного електрода.

Конструкція стягується за допомогою трьох болтів та трьох гайок М4. Герметизація водяних порожнин роз'ємних деталей забезпечується гумовими прокладками та кільцями.

Конструкція мікроплазмотрона передбачає зручне розташування патрубків охолоджуючих трактів та підведення робочого газу. Окрім цього конфігурація системи охолодження спрощує процес виготовлення вихідного електрода.

Для розрахунку геометричних розмірів вихідного електрода плазмотрона необхідно визначити ряд констант:

- швидкість звуку у повітрі при $T = 4000$ К: $a = 1261,1$ (м/с) [3];
- густина повітря при $T = 4000$ К: $\rho_k = 7,6 \cdot 10^{-2}$ (кг/м³) [3];
- тиск повітря на виході з плазмотрону: $p = 10^5$ (Па).

Для розрахунків приймаємо робочий струм електричної дуги плазмотрона рівним 30 А.

Витрата робочого газу (повітря) у розрахунках буде змінюватись у межах від $2,15 \cdot 10^{-5}$ кг/с до $2,15 \cdot 10^{-4}$ кг/с.

Тоді розрахуємо критичний діаметр вихідного електрода плазмотрона за наступною формулою [1]:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{G}{\pi \cdot \rho_k \cdot a}}, \quad (1)$$

де G – витрата робочого газу, кг/с.

На підставі аналізу результатів роботи [2] можна для розрахунку мікроплазмотрона непрямої дії прийняти відношення довжини вихідного електрода до його діаметру:

$$\frac{l}{d} = 15, \quad (2)$$

де l – довжина анода.

Виходячи з відношення (2), знайдемо довжину вихідного електрода. Результати розрахунків довжини електрода та діаметра розрядного

каналу відповідно до різних значень витрати робочого газу наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків геометрії розрядного каналу

Витрата робочого газу, кг/с	Діаметр розрядного каналу, м	Довжина розрядного каналу, м
$2,15 \cdot 10^{-5}$	$5,893 \cdot 10^{-4}$	$8,839 \cdot 10^{-3}$
$4,3 \cdot 10^{-5}$	$8,333 \cdot 10^{-4}$	0,013
$6,45 \cdot 10^{-5}$	$1,021 \cdot 10^{-3}$	0,015
$8,6 \cdot 10^{-5}$	$1,179 \cdot 10^{-3}$	0,018
$1,075 \cdot 10^{-4}$	$1,318 \cdot 10^{-3}$	0,02
$1,29 \cdot 10^{-4}$	$1,443 \cdot 10^{-3}$	0,022
$1,505 \cdot 10^{-4}$	$1,559 \cdot 10^{-3}$	0,023
$1,72 \cdot 10^{-4}$	$1,667 \cdot 10^{-3}$	0,025
$1,935 \cdot 10^{-4}$	$1,768 \cdot 10^{-3}$	0,027
$2,15 \cdot 10^{-4}$	$1,863 \cdot 10^{-3}$	0,028

Виходячи з конструктивних міркувань, приймаємо діаметр, довжину розрядного каналу та витрату робочого газу мікроплазмотрона відповідно рівними:

$$d = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} ;$$

$$l = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м} ;$$

$$G = 2,15 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с} .$$

Залежність діаметра та довжини розрядного каналу від значення витрати робочого газу представлена на рис. 2.

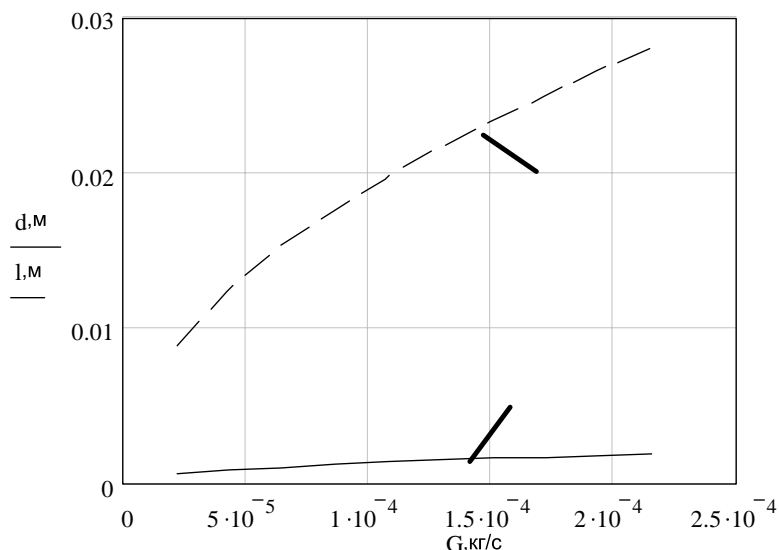
Визначимо діаметр та кількість отворів, через які повітря подається до вихрової камери. Для ефективної стабілізації дугового розряду на осі каналу газовим вихром і зниження ерозії матеріалу електродів, викликаної впливом плями дуги, необхідно забезпечити швидкість газу на виході з кільця закручення в межах 200-250 м/с. Приймаємо швидкість повітря на виході $v = 220$ м/с, питома вага повітря $\rho = 1,29$ кг/м³.

Тоді сумарна площа отворів для подачі газу має складати [1]:

$$F_{\alpha} = \frac{G}{\rho \cdot v} = \frac{2,15 \cdot 10^{-4}}{1,29 \cdot 220} = 7,576 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2. \quad (3)$$

Якщо прийняти кількість отворів $n = 2$, то їх діаметр має складати [1]:

$$d_{\alpha} = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_{\alpha}}{\pi \cdot n}} = \sqrt{\frac{7,576 \cdot 10^{-7}}{3,14 \cdot 2}} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м.} \quad (4)$$



- 1 – залежність діаметра розрядного каналу від значення витрати робочого газу;
- 2 – залежність довжини розрядного каналу від значення витрати робочого газу

Рисунок 2 – Залежність діаметра та довжини розрядного каналу від значення витрати робочого газу

Висновки та напрям подальших досліджень. Досліджено вплив витрати робочого газу на геометричні розміри розрядного каналу мікроплазмотрона. Отримано чисельні значення, що дозволили побудувати експериментальну модель мікроплазмотрона. В подальшому необхідно дослідити режими горіння електричної дуги в розрядному каналі мікроплазмотрона та розробити його конструкцію.

Приведены результаты теоретических расчетов геометрических размеров разрядного канала микроплазмотрона. Получены зависимости, на основе которых осуществлен выбор режима работы электрической дуги в разрядном канале. Приведена конструкция плазмотрона.

The results of theoretical calculations of geometrical sizes of microplasmatron discharge bore are resulted. Dependences on the basis of

which carried out the choice of the operations mode of the electrical arc in discharge bore are got. The structure of microplasmatron is resulted.

Бібліографічний список.

1. *Основы расчета плазмотронов линейной схемы /М.Ф. Жуков, А.С. Аньшаков, Г.-Г.Б. Дандарон и др. – Новосибирск, 1979. – 148 с.*
2. *Микроплазменная сварка /Б.Е. Патон, В.С. Гвоздецкий, Д.А.Дудко и др. – Киев: Наук. думка, 1979. — 248 с.*
3. *Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1972. – 720 с.*