

С.М. Сергієнко, Донбаський державний технічний університет

А.В. Кашуба, Донбаський державний технічний університет

С.М. Войтенко, Донбаський державний технічний університет

МІКРОПЛАЗМОТРОН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

С.М. Сергієнко, А.В. Кашуба, С.М. Войтенко

Мікроплазмотрон для поверхневої обробки матеріалів

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

Ключові слова: мікроплазмотрон, розрядний канал, витрати робочого газу.

С.М. Сергиенко, А.В. Кашуба, С.М. Войтенко

Микроплазмотрон для поверхностной обработки материалов.

В статье 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 микроплазмотрона.

Ключевые слова: микроплазмотрон, разрядный канал, расход рабочего газа.

На сучасному етапі розвитку техніки та технології виробництва перед інженерами-конструкторами постає назка 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.

Алгоритми розрахунків багатьох типів плазмотронів значної електричної потужності, що існують сьогодні, не дають необхідних результатів при розрахунку мікроплазмотрона.

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 описує не розробку мікроплазмотронів, а лише способи, режими та результати мікроплазмового зварювання, по-друге, описані в Б.Є. Патона мікроплазмотрони розраховані на занадто маленький струм, який не відповідає нашим технічним вимогам.

Отже, необхідно дослідити вплив витрати робочого газу мікроплазмотрона на геометричні параметри його розрядного каналу, визначити параметри розрядного каналу та розробити конструкцію плазмотрона.

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 як робочий газ обрано повітря.

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

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.

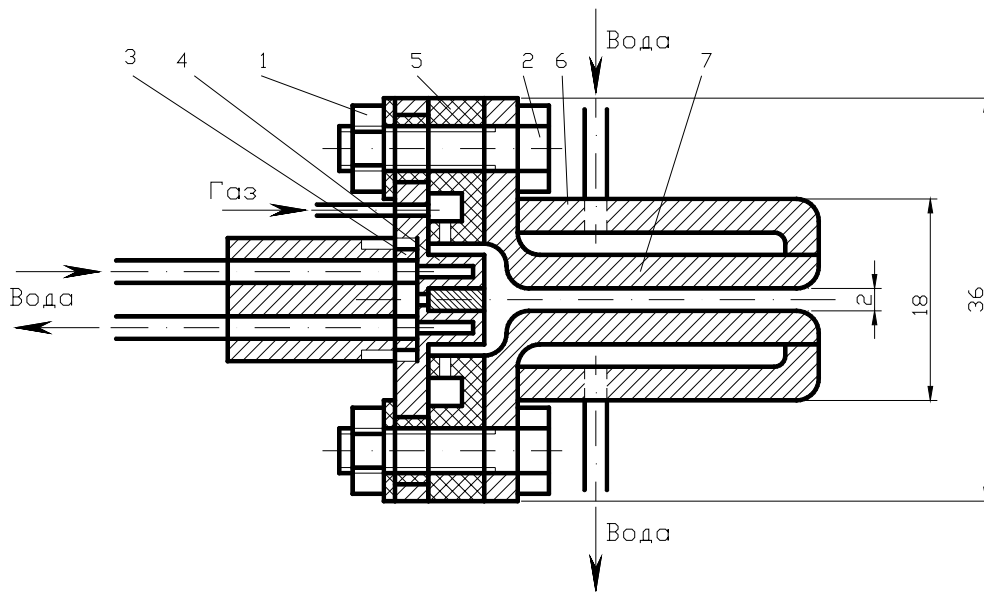


Рис.1. Конструкція мікроплазмотрона: 1 – гайка М4; 2 – болт М4;
3 – втулка; 4 – катодотримач; 5 – ізолятор; 6 – корпус;
7 – вихідний електрод

Подача робочого газу здійснюється крізь відповідний канал в ізоляторі 5, який одночасно служить завихрувачем. У подальшому газ тангенціально подається в розрядний канал плазмотрона, забезпечуючи газовихрову стабілізацію електричної дуги. Окрім цього, оскільки струм дуги невеликий, за допомогою інтенсифікації охолодження вихідного електрода 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 такі константи:

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

Для розрахунків приймаємо, що робочий струм електричної дуги плазмотрона дорівнює 30 A .

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

Критичний діаметр вихідного електрода плазмотрона розраховується за формулою з роботи [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] для розрахунку мікроплазмотрона непрямої дії можна 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 табл. 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: $d = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $l = 3 \cdot 10^{-2}$ м; $G = 2,15 \cdot 10^{-4}$ кг/с.

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

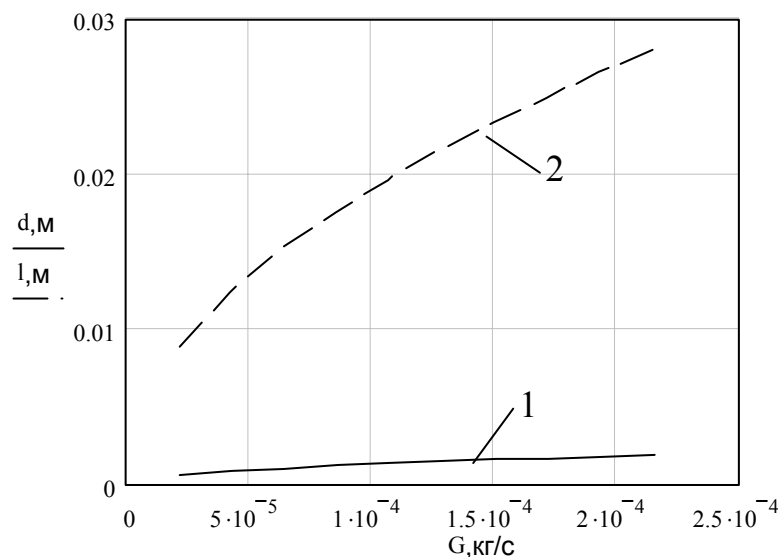


Рис. 2. Залежність діаметра та довжини розрядного каналу від значення витрати робочого газу:

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

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 бути [1]:

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

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

Література

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.

S.M. Sergienko, A.V. Kashuba, S.M. Voytenko

Microplasmotron for superficial treatment of materials.

The results of theoretical calculations of geometrical sizes of microplasmotron 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 microplasmotron is resulted.

Key words: microplasmotron, discharge bore, expense of working gas.

Відомості про авторів

Сергієнко Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, декан факультету „Автоматизація і електротехнічні системи” Донбаського державного технічного університету.

Кашуба Анатолій Віталійович – студент Донбаського державного технічного університету.

Войтенко Сергій Миколайович – студент Донбаського державного технічного університету.