

УДК 621.767

Пащенко В. М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Україна, м. Київ

ВПЛИВ КОНФІГУРАЦІЇ ВХОДУ В ДУГОВИЙ КАНАЛ НА УМОВИ СТАБІЛІЗАЦІЇ КАТОДНОЇ ПЛЯМИ

Розглянуті питання організації фіксації катодної плями на активній вставці термохімічного катода дугового плазмотрона шляхом оптимізації конфігурації входу в дуговий канал. Досліджений розподіл статичного тиску на поверхні катода за умови зміни кута входу в дуговий канал і вихрового подавання плазмоутворювального газу, проаналізовані отримані результати і дані рекомендації щодо оптимальної конфігурації входу.

Ключевые слова: плазмотрон; дуговий канал; термохімічний катод; вихрове подавання газу; фіксація катодної плями; градієнт тисків.

Найбільш поширеними в процесах інженерії поверхні на сьогодні є дугові плазмотрони лінійної схеми, в яких розрядний канал значною мірою утворюється центральним отвором у вихідному електроді (зазвичай, аноді) Саме тут розміщується більша частина стовпа електричної дуги і одна із приелектродних ділянок. Напрямок руху плазмоутворювального газу в плазмотронах лінійної схеми співпадає із поздовжньою віссю стовпа дуги [1].

Для забезпечення стабільності горіння та фіксації плям прив'язування дуги застосовуються ряд прийомів, серед яких найбільше розповсюдження отримало вихрове подавання плазмоутворювального газу [2]. Вихор створює градієнт тисків за перерізом порожнини, в якій розміщується дуга, і викликає появу сил, що намагаються перемістити дугу в зону мінімального тиску – центральну область дугового каналу. При цьому вирішуються дві взаємопов'язані задачі: по-перше, дугова пляма фіксується на торцевому електроді, а по-друге, відбувається стабілізація стовпа дуги в межах другого електрода і теплова ізоляція стінок дугового каналу.

Особливо гостро проблема фіксації плями прив'язування стоїть у випадку застосування термохімічних електродів [3]. Малі розміри активної вставки із Zr або Hf (діаметр 1,5...3 мм) вимагають інтенсивного закручування газу з метою виключення випадкового переміщення плями на мідну обойму. На якість фіксації впливає значна кількість факторів: характерні розміри та можлива асиметрія дугового каналу, як наслідок ерозії електродів; параметри та точність виготовлення закручувального апарату; режимні параметри роботи генератора плазми; конфігурація входу в дуговий канал тощо [4].

Оптимальна конфігурація входу у дуговий канал повинна:

- сприяти надійній фіксації катодної плями на активній вставці термохімічного електрода;
- забезпечувати значний загальний градієнт тисків між місцем зародження дуги і наступними областями на поверхні електрода у напрямку його осі симетрії для мінімізації часу переміщення дуги на активну вставку;
- створювати умови для мінімізації відстані по твірній від місця пробою міжелектродного проміжку до центра електрода під час ініціалізації дуги;
- бути технологічною у виготовленні і легко відтворюваною у разі необхідності.

Вплив геометричних характеристик входу до частини дугового каналу, яка розміщена в межах вихідного електрода, на розподіл статичного тиску на поверхні катода експериментально досліджувався на стенді, схема якого показана на рис. 1.

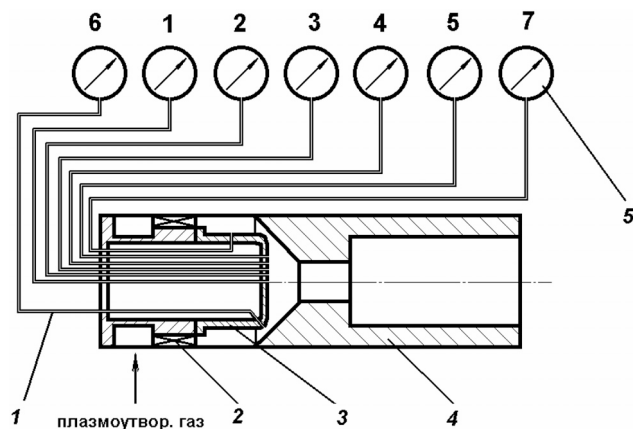


Рис. 1. Схема вимірювань статичного тиску на поверхні термохімічного катода:

1 – вимірювальний канал; 2 – аксіально-тангенціальний завихрювач; 3 – макет термохімічного катода; 4 – макет вихідного електрода-анода; 5 – манометри

Вимірювання проводились на макеті, який ідентичний за своїми розмірами і конструкцією досліджуваному плазматрону. У макеті катода типу ОБ 1541 передбачено кілька вимірювальних каналів, через які статичний тиск передається на U-подібні водяні манометри із ціною поділки шкали 1 мм вод. ст.

Макет анода виготовлений із ебоніту і має центральний канал, який повторює конфігурацію дугового каналу вихідного електрода діючої конструкції генератора плазми.

Макети електродів встановлювались у корпусі реальної конструкції плазматрона, на якій відтворювались режимні параметри щодо витрати та складу плазмоутворювальної газової суміші.

Досліджувались вихідні електроди із кутом входу у дуговий канал 45°, 60°, 90° та 180° із округленням.

За результатами досліджень встановлено, що загальний характер розподілу статичного тиску на поверхні катода практично не залежить від кута та конфігурації входу у дуговий канал, хоча зі зменшенням кута входу градієнт тисків в зоні ініціації розряду (заштрихована область) помітно зменшується (рис. 2).

Зменшення кута входу суттєво (до 40...50%) знижує абсолютне значення тиску на осі електрода за умови близьких за значенням витрат газу. Відновлення необхідного розрідження потребує збільшення витрати плазмоутворювальної суміші приблизно на стільки ж.

Надійна фіксація катодної плями можлива за умови значного градієнту тисків між центральною зоною вісесиметричного катода, де розміщена активна вставка термохімічного катода і тиск має

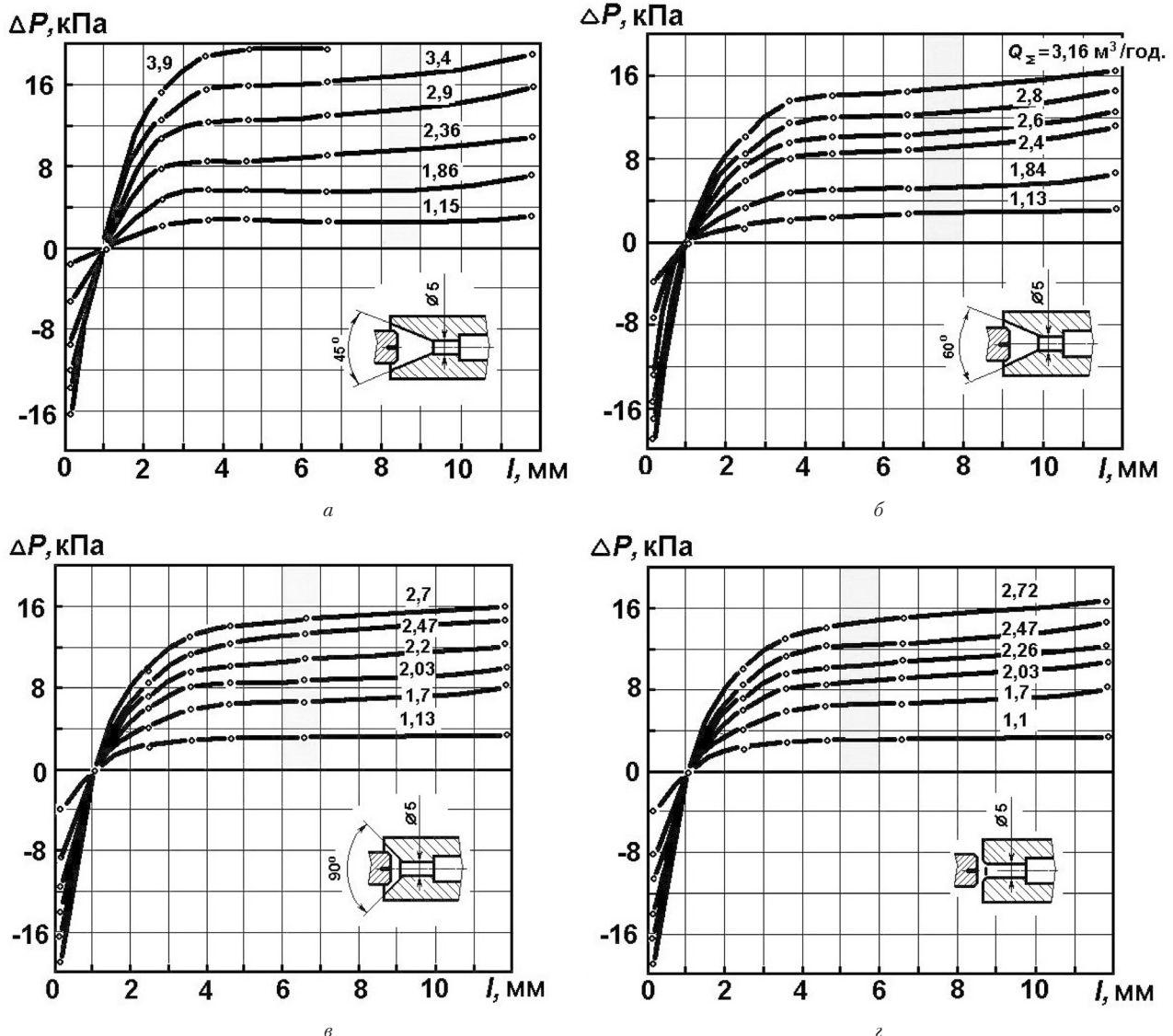


Рис. 2. Результати вимірювань розподілу статичного тиску по поверхні катода за умови змінної витрати плазмоутворювального газу (l — відстань від осі симетрії електрода до точки вимірювання по твірній; кількість каналів завихрювача $n = 6$, кут нахилу каналів до поздовжньої осі плазматрона $\beta = 65^\circ$, загальний переріз каналів $S = 6,6 \text{ мм}^2$)

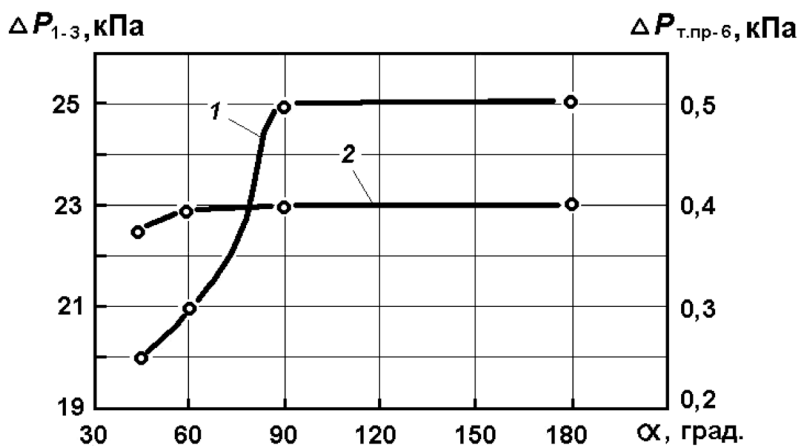


Рис. 3. Залежність градієнту тисків в області розміщення активної вставки термохімічного катода (1) та в області пробою міжелектродного зазору (2) від кута входу в дуговий канал

мінімальне значення, та найближчими у напрямку від центра зонами поверхні електрода.

На рис. 3 показана залежність різниці тисків між точкою 1 (див. рис. 1) та точкою 3, яка зміщена від центра на 2,4 мм. Активна вставка електрода ОБ 1541 має діаметр близько 2 мм, тому вона повністю розміщується межах цієї області.

Виходячи із наведених залежностей, зі збільшенням кута входу в дуговий канал зростає градієнт тисків в області розміщення плями дуги на активній вставці катода. При досягненні кута значення 90°, подальше його збільшення до 180° із округленням практично не впливає на градієнт тисків у центральній зоні електрода.

У всіх варіантів входу в дуговий канал місце ймовірного пробою міжелектродного проміжку знаходиться на пологих ділянках залежності тиску від відстані по твірній до центру електрода. Кути нахилу цих ділянок мають приблизно однакове значення незалежно від кута входу, тому ні одна із досліджених конфігурацій не має переваг перед іншими – значення градієнту тисків практично не відрізняються (крива 2 на рис 3).

Суттєва відмінність між розглянутими конструкціями є у розміщенні області ймовірного пробою міжелектродного проміжку на поверхні катода під час ініціації дуги. Найкоротший шлях пройде катодна пляма у процесі розвитку дуги при застосуванні вихідного електрода із кутом входу 180° із округленням (рис. 4). Якщо у всіх інших випадках місце зародження електричної дуги (там, де відстань між електродами мінімальна) знаходиться на округленні мідної обойми катода, то при куті входу 180° ця область найімовірніше буде розміщуватись на торцевій поверхні обойми, яка звернена до вихідного електрода.

Таким чином, виходячи з цього параметра, очевидна необхідність збільшення кута входу у вихідний електрод.

І, нарешті, немаловажним фактором є технологічність у виготовленні вихідного електрода-анода (враховуючи, що в досліджуваних конструкціях плазмотронів катод є серійним компонентом) та економічність цього процесу. Тут певні переваги має електрод із кутом входу 180° із округленням. Втрати міді у стружку під час виготовлення такого входу мінімальні. Збереження за довжиною діаметра початкової ділянки дугового каналу дозволяє скоротити загальну довжину електрода (за умови незмінності довжини вихідної ділянки дугового каналу і довжини каналу в цілому). Таке скорочення довжини електрода практично не впливає на структуру сформованого плазмового потоку та значення напруги на дузі, потужність розпилювача та його технологічні можливості але покращує масо-габаритні характеристики пристрою.

Висновки

1. Конфігурація входу в дуговий канал практично не впливає на характер розподілу тиску на поверхні мідної обойми термохімічного електрода але суттєво впливає на абсолютні значення тиску в області ініціації електричної дуги та розміщення активної вставки.

2. За сукупністю переваг оптимальним кутом входу в дуговий канал можна вважати 180° з округленням, який забезпечує максимальний, порівняно з альтернативними варіантами, градієнт тисків в зоні розміщення катодної плями прив'язування

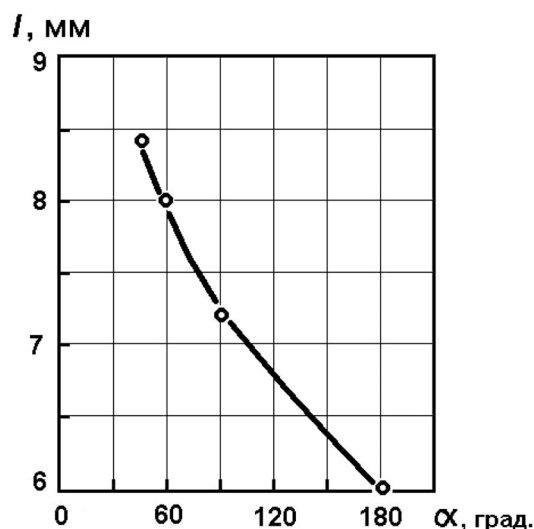


Рис. 4. Залежність відстані (по твірній) між центром катода та місцем ймовірного пробою міжелектродного зазору від кута входу в дуговий канал

електричної дуги та мінімальну відстань між місцем зародження дуги та активною вставкою.

3. Застосування завихрювальних пристроїв інших типів (наприклад, кільцевих тангенціальних) потребує додаткових досліджень, які підтвердять або скоригують результати, отримані на аксіально-тангенціальних завихрювачах.

Література

- [1] Даутов Г. Ю. Плазмотроны со стабилизированными электрическими дугами [Текст]: моногр. / Г. Ю. Даутов, В. Л. Дзюба, И. Н. Карп. — К.: Наук. думка, 1984. — 168 с.
- [2] Основы расчета плазмотронов линейной схемы [Текст]: моногр. / — под. ред. М. Ф. Жукова. — Новосибирск: АН СССР, Сибирское отд, Институт Теплофизики, 1979. — 148 с.
- [3] Жуков М. Ф. Термохимические катоды [Текст]: моногр. / М. Ф. Жуков, А. В. Пустогаров, Г. -Н. Б. Дандарон, А. Н. Тимошевский. — Новосибирск: АН СССР, Сибирское отд, Институт Теплофизики, 1985. — 130 с.
- [4] Пашенко В. М. Генерування потоків плазми та керування їх енергетично-просторовими параметрами [Текст]: моногр. / В. М. Пашенко. — Київ: Гнозіс, 2014. — 283 с.

Pashchenko V. M.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». Ukraine, Kyiv

INFLUENCE OF ENTER CONFIGURATION OF THE ARC CHANNEL ON THE CONDITIONS OF CATHODE SPOT STABILIZATION

The problems of fixing the cathode spot on the active insert thermochemical cathode arc plasma torch by optimizing the configuration of the entrance to the arc channel are presented. The distribution of static pressure on the cathode surface provided in the conditions of changing the angle of the entrance to the arc channel and vortex plasma created gas feeding are analyzed the same as the results and recommendations regarding the optimal configuration of the entrance.

Keywords: plasma torch; an arc channel thermochemical cathode; a vortex gas; fixed cathode spot; the pressure gradients.

References

- [1] Dautov G. Yu. Plazmotrony so stabilizirovannyimi elektricheskimi dugami [Tekst]: monogr. / G. Yu. Dautov, V. L. Dzyuba, I. N. Karp. — K.: Nauk. dumka, 1984. — 168 p.
- [2] Osnovy rascheta plazmotronov lineynoy shemy [Tekst]: monogr. / — pod. red. M. F. Zhukova. — Novosibirsk: AN SSSR, Sibirskoe otd, Institut Teplofiziki, 1979. — 148 p.
- [3] Zhukov M. F. Termohimicheskie katodyi [Tekst]: monogr. / M. F. Zhukov, A. V. Pustogarov, G. -N. B. Dandaron, A. N. Timoshevskiy. — Novosibirsk: AN SSSR, Sibirskoe otd, Institut Teplofiziki, 1985. — 130 p.
- [4] Paschenko V. M. Generuvannya potokiv plazmi ta keruvannya Yih energetichno-prostorovimi parametrami [Tekst]: monogr. / V. M. Paschenko. — KiYiv: GnozIs, 2014. — 283 p.