

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 3 «Дослідження вольт-амперної характеристики оксидних катодів електричної дуги»
з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 3
«Дослідження вольт-амперної характеристики оксидних катодів
електричної дуги» з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для
студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання
/Укл.: О.Є. Капустян, Р.А. Куликовський – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. -
10 с.

Укладач: О.Є. Капустян, ст. викладач;
Р.А. Куликовський, канд. техн. наук, доцент
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 8 від 29.03.2017

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 8 від 11.04.2017

1 МЕТА РОБОТИ

Опанування методики побудови вольт-амперної характеристики дуги оксидного порошкового катоду в залежності від роду катоду, довжини дуги, напруги та сили зварювального струму.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Термоелектронна емісія (ефект Річардсона, ефект Едісона) - явище виривання електронів з металу при високій температурі. Концентрація вільних електронів в металах досить висока, тому навіть при середніх температурах внаслідок розподілу електронів за швидкостями (по енергії) деякі електрони мають енергію, достатню для подолання потенційного бар'єру на межі металу. З підвищенням температури число електронів, кінетична енергія теплового руху яких більше роботи виходу, росте, і явище термоелектронної емісії стає помітним.

Дослідження закономірностей термоелектронної емісії можна провести за допомогою найпростішої двоелектродної лампи - вакуумного діода, яка представляє собою відкачаний балон, що містить два електроди: катод К і анод А. В найпростішому випадку катодом служить нитка з тугоплавкого металу (наприклад, вольфраму), яка розжарюється електричним струмом. Анод найчастіше має форму металевого циліндра, що оточує катод. Якщо діод включити в ланцюг, то при прожарюванні катода і подачі на анод позитивної напруги (щодо катода) в анодному ланцюзі діода виникає струм. Якщо поміняти полярність батареї, то струм припиняється, як би сильно катод ні розжарювали. Отже, катод випускає негативні частинки - електрони.

Якщо підтримувати температуру розжареного катода постійною і зняти залежність анодного струму від анодної напруги - вольт-амперну характеристику, то виявляється, що вона не є лінійною, тобто для вакуумного діода закон Ома не виконується. Залежність термоелектронного струму від анодної напруги в області малих позитивних значень описується законом трьох других (встановлений

російським фізиком С. А. Богуславським і американським фізиком І. Ленгмюром):

$$I = BU^{3/2}$$

де B – коефіцієнт, що залежить від форми та розмірів електродів та їх взаємного розташування.

При збільшенні анодної напруги струм зростає до деякого максимального значення, званого струмом насичення. Це означає, що майже всі електрони, які вилітають із катода, досягають анода, тому подальше збільшення напруженості поля не може привести до збільшення термоелектронного струму. Отже, густина струму насичення характеризує емісійну здатність матеріалу катода.

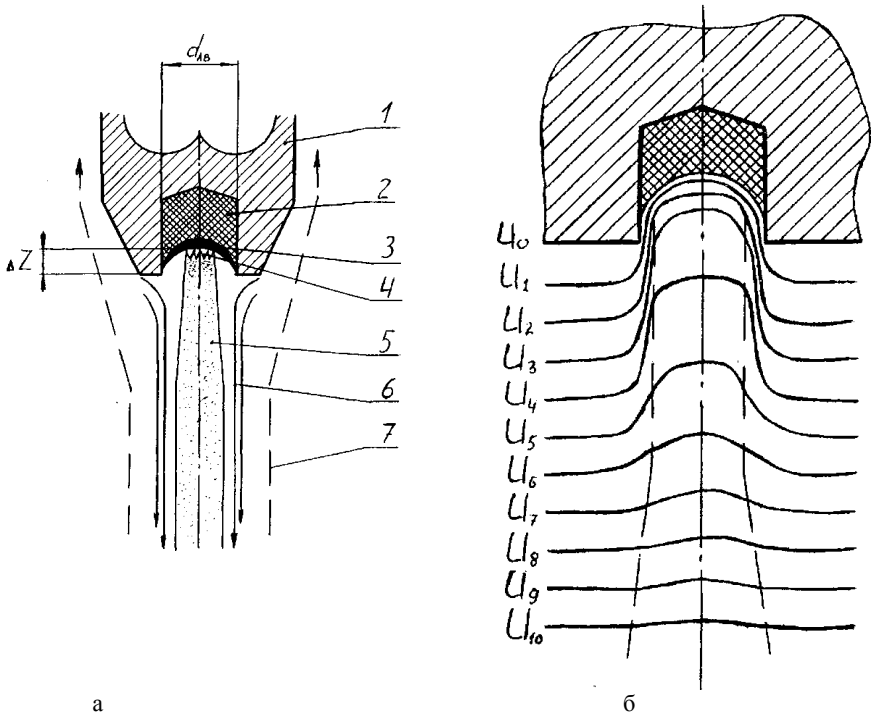
Зменшення роботи виходу призводить до різкого збільшення густини струму насичення. Тому застосовуються оксидні катода (наприклад, нікель, покритий оксидом лужноземельного металу), робота виходу яких дорівнює 1-1.5 еВ.

В останні роки для зварювання, наплавлення, пайки, оплавлення й інших процесів використовують оксидний порошковий катод, схема якого показана на рис. 2.1. Він являє собою мідний водоохолоджуваний тримач, в глухий отвір якого запресована активна порошкоподібна вставка. До її складу входять порошки металів (цирконію або гафнію), інші хімічні сполуки і технологічні добавки. Діаметр глухого отвору 3-5 мм. Перше ввімкнення дуги з порошкоподібним катодом необхідно виконувати в газовій атмосфері, що вміщує кисень. При цьому активна вставка окислюється і на ній утворюється оксидна емісійна плівка, яка служить в подальшому рідким емітером катодного електронного струму. В подальшому оксидний катод можна використовувати при горінні як на повітрі, так і в будь-якому активному або інертному газі.

Дуговий розряд відрізняється високою самостабілізацією. Ефект самостабілізації чітко проявляється, починаючи з сили струму дуги 300-325 А. Без додаткового сопла, стабілізуючого потоку газу або магнітного поля можна отримати дугу довжиною 150 мм. При цьому швидкість інтенсивних газових потоків від катода до анода (катодного дуття) досягає 102 м/с.

Стійкість дугового розряду цілковито залежить від стійкості катодних процесів. У стаціонарному режимі горіння дуги дуготрону

катодна пляма розташовується у заглибленні катодотримача.



1 - мідний катодотримач, що охолоджується водою; 2 - порошкова активна вставка; 3 - рідка емісійна плівка; 4 - катодна пляма; 5 - прикатодна ділянка стовпа дуги; 6 - струмені катодного дугтя; 7 - струмені конвективного потоку повітря.

ΔZ – заглиблення катодної плями

Рисунок 2.1 - Схеми оксидного порошкового катоду (а) та електричних полів у ньому (б)

Форма емісійної плівки катоду має вид кратера (рис. 2.1 а), яка сприяє стабілізації катодної плями дуги, та енергетично вигідно прив'язуватися цілковито до дна кратеру, бо тут найбільша концентрація активуючих присадок (кальцій, барій, стронцій та інші), а також найбільш велика температура емісійної плівки.

Дуже велике значення має також кривизна катодної плівки. Якщо поверхня катодної плівки має вид площини, то електрони після виходу з катоду внаслідок термоемісії, рухаються прямолінійно по нормалі до поверхні катоду і не змінюють напрям руху у стовпі дуги.

Якщо поверхня катоду крива, то таку саму форму буде мати і

торець стовпа дуги. У таких умовах електрони емісії, також будуть рухатися після виходу з катоду по нормалі до його поверхні (кривої). Розігнавшись на одній ділянці катодного падіння напруги і пройшовши деякий шар плазми, кожен електрон може увійти на таку ділянку електричного поля, де його рух буде гальмуватися цим полем. У цьому випадку траєкторія руху електрону буде викривлюватися, що призведе до збільшення перерізу іонізації газопарової фази стовпа дуги. Цим явищем пояснюють збільшення густини катодного струму у порожнистих катодів і, як наслідок, збільшення густини струму є досягнення у катоді, вже при струмі 100 А при заглибленні до 0,2 мм, температури 17000-18000 К. А температура, у свою чергу, гарантує постійність термоемісії з катоду і термічної дисоціації молекулярних компонентів дуги. Так, у дузі дуготрону навіть таке термодинамічно міцне з'єднання як азот ($U_i = 9,756 \text{ В}$) буде цілком дисоційоване і в значній мірі іонізоване.

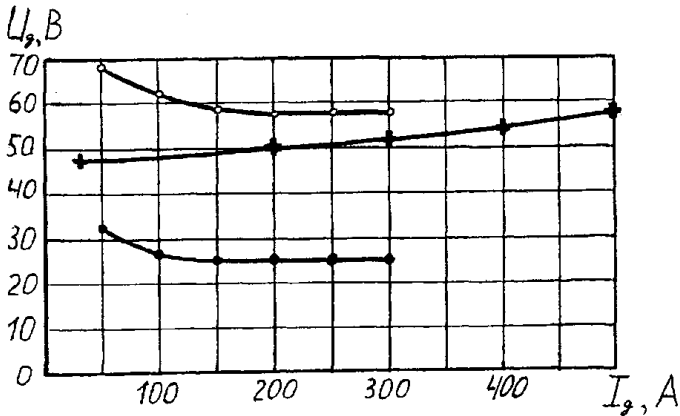
Розмір катодної плями достатньо великий і дорівнює у перерізі 1,3-1,8 мм при струмі 450 – 600 А. При підвищенні струму у два рази його густина, не змінюється і стабілізується при значеннях біля 300 А/мм (при активній вставці діаметром 4 мм).

Але не тільки надійною термоемісією пояснюється стабільність дуги дуготрону.

У стовпі дуги, а особливо перед катодом, утворюється просторовий заряд, який відтворює між електродами дуже нерівномірний розподіл потенціалів (рис. 2.1 б).

У електропровідній частині дуги лінії екіпотенціалів викривлюються, причому чим ближче до катоду, тим більше, у заглибленні катоду екіпотенціали розміщуються дуже щільно, що вказує на великий градієнт напруги у цьому місці (до десятків вольтів на мм довжини дуги). Велика напруга у стінок оксидного катоду стабілізує процес автоелектронної емісії.

Для виявлення параметрів в дузі з оксидним порошковим катодом (оксиди лантану, ітрію, цирконію, барію) побудована вольт-амперна характеристика дуги (ВАХ) у повітрі. Для порівняння поряд з нею показана ВАХ вольфрамової дуги в аргоні, та ВАХ компактного оксидного катоду у повітрі (рис. 2.2).



° - вольфрамовий катод у аргоні;

• - компактний оксидний цирконієвий катод у повітрі;

+ - порошковий оксидний катод у повітрі.

Рисунок 2.2 - ВАХ дуги при довжині дуги 40 мм та мідному аноді

ВАХ порошкового оксидного катоду прямолінійно висхідна. Така ВАХ буває тільки у дузі плазмотронів, де стовп дуги обтискується соплом плазмотрону. У випадку з порошковим оксидним катодом такий вид ВАХ пов'язаний з дослідженням максимального ступеню іонізації в дузі, у склад якої входять оксиди цирконію, барію, стронцію та ін. елементів, що легко іонізуються, у цьому випадку максимальний ступінь іонізації досягається вже при невеликих значеннях струму та температури.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Що таке вольтамперна характеристика?
2. Будова дуги.
3. Процеси на катоді.
4. Які процеси відбуваються у стовпі дуги?

5. Що таке потенціал іонізації?
6. Іонізуючі елементи.
7. Рівняння Сага.
8. Залежність ступеню іонізації від складу катода.
9. Які бувають катоди?
10. Види електропровідності у стовпі дуги.
11. Падіння напруги у стовпі дуги.
12. Струм насичення у дузі.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Дуготрон з оксидним порошковим катодом.
2. Вимірювальні прилади постійного струму та напруги.
3. Пластина з міді.
4. Лінійка.
5. Випрямляч ВДУ-506.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.
3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.
4. У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Встановити порошковий оксидний катод на дуготрон.
2. Ввімкнути випрямлювач ВДУ-506.
3. Встановити відстань між катодом та анодом 40 мм.
4. Запалити дугу дуготрону.
5. Зняти показники напруги при різних значеннях струму.
6. Вимкнути прилади.
7. Замінити порошковий оксидний катод на вугільний електрод.
8. Запалити дугу дуготрону.
9. Зняти показники напруги при різних значеннях струму.
10. Вимкнути прилади.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Схема порошкового оксидного катоду.
3. Стисла характеристика дуги порошкового оксидного катоду.
4. Побудована ВАХ дуги з порошковим оксидним катодом.
5. Пояснення та висновки про будову ВАХ.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Лакомский В.И. Оксидные катоды электрической дуги. - Запорожье: Интеграл, 1977. - 188 с.
2. Мазель А.Г. Технологические свойства электрической дуги. - М.: Машиностроение, 1969. - 178 с.
3. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. - М.: Машиностроение, 1970. - 334 с.
4. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1988. - 560 с.

5. Багрянский К.В. и др. Теория сварочных процессов. - К.: Вища школа, 1976. - 502 с.

6. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. - М.: Высшая школа, 1977. - 302 с.

7. Алов А.А. Основы теории сварки и пайки. - М.: Машиностроение, 1972. - 272 с.

8. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х томах / Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1978 - т.1 / Под ред. Н.А. Ольшанского. 1978. - 504 с.