

УДК 621.9

С.В. Ковалевський, д.т.н., проф.
С.В. Сокур, аспір.

Донбаська державна машинобудівна академія

ЗАСТОСУВАННЯ КОРОННОГО РОЗРЯДУ У ТЕХНОЛОГІЯХ

У статті розглянуто характерні властивості коронного розряду залежно від його типу. Проаналізовано області використання даного розряду в технологіях. Розглянуто основні параметри, за якими можливо регулювати енергетичні параметри коронного розряду залежно від відповідних умов технологічного процесу.

Вступ. Коронний розряд – різновид тліючого розряду, виникає при різко вираженій неоднорідності електричного поля поблизу одного або обох електродів. Подібні поля формуються у електродів з дуже великою кривизною поверхні (вістря, тонкі проводи). При коронному розряді ці електроди оточені характерним світінням, що отримали назву корони, або коронуючого шару. Примикає до корони область, що не світить (“темна”) міжелектродного простору і називається зовнішньою зоною. Коронний розряд може мати місце при різних тисках газу в розрядному проміжку, але найбільш виразно він проявляється при тиску не нижче атмосферного.

Поява коронного розряду пояснюється іонної лавиною. У газі завжди є певна кількість іонів та електронів, що виникають від випадкових причин. Проте їх кількість настільки мала, що газ практично не проводить електрики. При досить великій напруженості поля кінетична енергія, накопичена іоном у проміжку між двома зіткненнями, може зробитися достатньою, щоб іонізувати нейтральну молекулу при зіткненні. У результаті утворюється новий негативний електрон і позитивно заряджений іон. Розряд починається, коли напруга U між електродами досягає так званого “початкового потенціалу” корони U_0 (типові значення – тисячі і десятки тисяч вольт). Струм коронного розряду пропорційний різниці $(U-U_0)$ і рухливості утворюючись у розряді іонів газу він зазвичай невеликий (частки мА на 1 см довжини коронуючого електрода). При підвищенні U яскравість і товщина коронуючих шарів збільшуються. Коли U досягає потенціалу “іскрового перекриття”, коронний розряд переходить в іскровий розряд. Початкова напруженість поля корони E_k залежить від радіуса електрода і тиску газу, при розрахунках даного параметра може бути використана емпірична формула Піка [1]:

$$E_k = 31\rho\left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{\rho \cdot r_0}}\right), \quad (1)$$

де r_0 – радіус коронуючого електрода, см; ρ – щільність повітря при нормальних умовах, кг/см³.

Метою цієї роботи є дослідження областей застосування коронного розряду в промисловості.

Викладення основного матеріалу. Для здійснення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Дослідити характеристики кожного з видів коронного розряду;
2. Дослідити області застосування коронного розряду для здійснення технологічних завдань;
3. Коронний розряд можна класифікувати за такими характеристиками:

1. Залежно від знаку напруги, прикладеної до коронуючого електрода:

- а) позитивний;
- б) негативний;

в) біполярний (перенесення заряду здійснюється іонами різних знаків, заряд яких взаємно компенсується в центральній частині розряду).

Позитивний коронний розряд утворюється на провіднику, зарядженому позитивно. Цей тип корони має невеликий розмір і виглядає як світіння навколо певного місця. Це відносно слабе джерело коронного розряду, і він створює дуже незначний звуковий сигнал. У позитивній короні коронуюча плазмова область збігається з областю іонізації.

Негативний коронний розряд утворюється на провіднику, зарядженому негативно. Цей тип корони виглядає як полум’я, форма, напрямок і розмір якого постійно змінюються. Ця корона дуже чутлива до зміни параметрів навколишнього середовища. Її виникнення також призводить до появи звукового сигналу приблизно подвоєною промислової частоти (наприклад, 100 Гц) або кратною їй. Біполярна корона постійного струму виникає в тому випадку, якщо обидва електроди, на які подається висока напруга, мають малий радіус кривизни. Залежно від знака прикладеної напруги на цих електродах будуть існувати різні коронні розряди. У разі біполярної корони є два коронуючих електрода, які оточені зоною іонізації. Перенесення заряду здійснюється іонами різних знаків, заряд яких взаємно компенсується в центральній частині розряду. Біполярна корона має велике значення при проектуванні ліній електропередач [2].

2. За характером імпульсу:
- з короткочасним імпульсом;
 - імпульсний;
 - розряд на постійному струмі.

У цілому форми імпульсної корони подібні формам корони при постійній напрузі [3] – світіння спостерігається поблизу активного електрода. Однак при імпульсному впливі корона має стримерну форму, тоді як при постійній напрузі в разі негативної полярності активного електрода корона має форму, що облягає, стримерів не спостерігається.

У даний час з'являються нові перспективні напрямки використання коронного розряду. Наприклад, ефективне застосування коронний розряд знайшов у галузі контролю. Для визначення порушень цілісності металевого виробу використано властивість корони запалюватися на неоднорідній поверхні електрода (як виробу досліджувався металевий трос [3]). Коронний розряд виникає в тому випадку, якщо в тросі є пошкоджені нитки. Пристрій дозволяє вести контроль стану троса в процесі роботи та легко піддається автоматизації. Застосування імпульсного коронного розряду дозволяє підвищити ефективність локалізації порушень цілісності троса.

Дослідження стану поверхні сталевго каната за допомогою коронного розряду проводяться на експериментальній установці (рис. 1). Канат 1 з дефектом у вигляді порваного дроту 2 простягається через кільцевий електрод (датчик 3). Між канатом і кільцевим електродом створюється електричне поле за допомогою високовольтного джерела живлення (ВДЖ) [4]. При русі каната через кільцевий електрод обрив проводу наближається до датчика. У кінця виступаючого проводу поблизу датчика напруженість електричного поля досягає критичної величини, необхідної для формування коронного розряду 4 і протікання електричного струму. Це дозволяє зареєструвати місце розташування неоднорідностей поверхні сталевих канатів, пов'язаних з розривом окремих дротів і підрахувати їх кількість на одному кроці шукання.

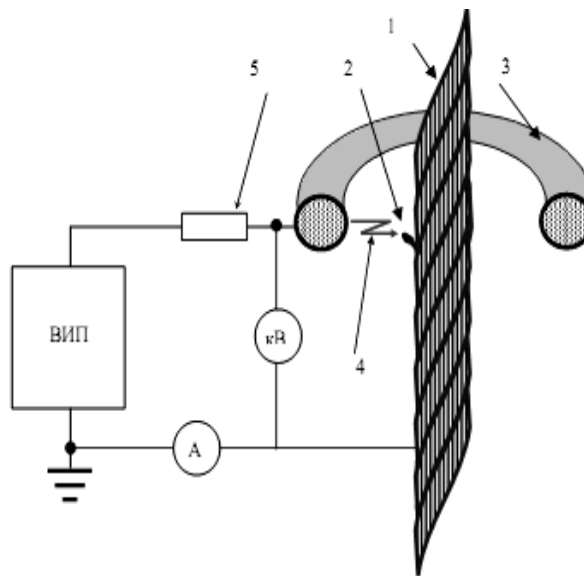


Рис. 1. Схема експериментальної установки.

1 – канат; 2 – дефект каната; 3 – кільцевий електрод (датчик);

ВДЖ – високовольтне джерело харчування; 4 – коронний розряд; 5 – обмежує опір;

А – мікроамперметр; кВ – кіловольтметр

Застосування коронного розряду в електрографії і електростатичному друці визначається властивостями корони. Ефективна зарядка часток барвника здійснюється іонами, які створюються в активній зоні корони. Перенесення частинок барвника до барабана відбувається під дією електричного поля коронного розряду.

Імпульсний коронний розряд був успішно застосований у напівпромисловій установці для очищення від смол продуктів спалювання газу, отриманого з біомаси. Останнім часом інтенсивно розвиваються технології одержання наноматеріалів.

Областю застосування коронних розрядів є і обробка поверхонь полімерних матеріалів. Як правило, пластики мають хімічно інертні і непористі поверхні з низьким поверхневим натягом, що ускладнює утворення зв'язків з підкладками, друкованими фарбами, покриттями і клеями. Серед різних пластиків найнижчу поверхневу енергію мають поліетилен і поліпропілен, саме ці два матеріали найчастіше піддаються обробці для покращення їх адгезійних властивостей. Мета поверхневої обробки – збільшити

змочуваність поверхні, таким чином, покращуючи її здатність до утворення зв'язків з розчинниками, клеями, покриттями і матеріалами для екструзійного покриття. Система обробки коронним розрядом призначена для підвищення поверхневої енергії полімерних плівок, фольги та паперу з метою збільшення змочуваності та адгезії до друкованих фарб, покриттів і клеїв. У результаті оброблений матеріал показує більш високі друковані та адгезійні властивості, а також більш високу міцність ламінування.

Практично всі електрофільтри для очищення повітря в приміщеннях працюють на коронному розряді [2]. Установка з електрофільтром для очищення газів полягає в більшості випадків з двох частин: власне електрофільтру – осаджуючої камери, через яку пропускають гази, що підлягають очищенню і перетворювальної підстанції з відповідною апаратурою. У електрофільтр змонтовані електроди двох типів: що облягають та що коронують. Ті, що облягають виконуються із пластин або труб, а ті, що коронують виконуються з дроту круглого або іншого профілю. Заряджені зважені частинки під дією електричного поля рухаються до електродів і осідають на них, а очищені гази, пройшовши електричне поле, виходять з електрофільтра. Ефективно використання коронного розряду для очищення води [5]. Дослідження показали, що при дії такого розряду змінного струму (з частотою 50 Гц) на поверхню води концентрація розчиненого озону може досягати 70 г/м³, а ефективність знезараження досягає 99 %. Коронний розряд може ефективно використовуватися в технології високотемпературного синтезу (СВС) або синтез спалюванням. Здійснюючи спалювання кремнію з використанням газоподібного азоту, виходять матеріали нітридної кераміки, а в кисні або повітрі – оксидної кераміки. Горіння ультрадисперсного порошку кремнію в повітрі або азоті при нормальних умовах не відбувається через нестачу окислювача. Для проведення подібної реакції необхідні високі тиски, на які реагує газ. Один із шляхів досягнення межі займання при нормальних тисках – проведення реакції в рідкому азоті або реалізація СВС на порошках кремнію наднизької щільності [2].

Коронний розряд може також використовуватися для зміцнення металорізального інструменту. Процес реалізується таким чином: безпосередньо перед нанесенням покриття проводять обробку різального інструменту в поле позитивного коронного розряду, а після його нанесення інструмент обробляють в імпульсному магнітному полі [6].

Висновки. У роботі були проаналізовані характеристики коронного розряду залежно від типу корони та доданого до коронуючого електрода імпульсу.

Унікальні властивості коронного розряду дають можливість здійснення різноманітних технологічних рішень, таких як електроочищення газу та води, електрографія, генерація озону, дефектоскопія, активація порошкових матеріалів, створення наноматеріалів, контроль металевих виробів, зміцнення та ін. Для реалізації конкретного технологічного процесу необхідно управляти енергетичними характеристиками коронного розряду. У більшості випадків це зводиться до практично єдиного способу – зміни величини напруги в розрядному контурі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Катцов Н.А. Коронный разряд / Н.А. Катцов. – М. : ОГИЗ, 1942. – 327 с.
2. Токарев А.В. Коронный разряд и его применение / А.В. Токарев. – Бишкек : КРСУ, 2009. – 138 с.
3. Контроль стальных канатов коронным разрядом / Г.В. Ашмарин, В.М. Лелевкин, И.А. Ниязалиев, А.В. Токарев // V Международная конференция плазменной физики и плазменной технологии, Минск, Беларусь, 16–22 сентября 2006 г. – С. 808–811.
4. Предвар. пат. 0481 КР, МКИ⁶ В66 В5/14. Способ обнаружения мест дефектов стальных канатов.
5. Белинский В.В. Импульсный коронный разряд на поверхность электропроводящей жидкости и его использование для обработки воды / В.В. Белинский, И.В. Божко, Д.В. Чарный // Технічна електродинаміка. – К., 2010. – № 3. – С. 21–27.
6. Пат. 2101382 РФ, МКИ⁶ С23 С8/36. Способ упрочнения металлорежущего инструмента.

КОВАЛЕВСЬКИЙ Сергій Вадимович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ТіУВ Донбаської державної машинобудівної академії.

Наукові інтереси:

- нейронні мережі;
- нейромоделювання.

E-mail: prorector.uo@digma.donetsk.ua.

СОКУР Світлана Володимирівна – аспірант кафедри ТіУВ Донбаської державної машинобудівної академії.

Наукові інтереси:

- підвищення якості поверхневого шару деталей машин.

E-mail: svetlana.sokur@mail.ru

Подано 02.08.2011