

УДК 621.791.12:533.915

Г.П. Болотов, С.Ю. Стандур, М.Г. Болотов,
Р.М. Рижов**ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У ГАЗОВОМУ РОЗРЯДІ****Вступ**

Підготовка поверхні є найважливішою операцією в процесах вакуумної металізації, паяння і дифузійного зварювання, здійснюваних у твердофазному стані, оскільки властивості поверхні визначають адгезію покриття і припою до основного матеріалу, інтенсивність протікання процесів масопереносу при дифузійному зварюванні, структуру та властивості перехідного шару. Підготовка поверхні, як правило, зводиться до видалення неметалічних нашарувань у вигляді оксидних плівок, жирових і газових шарів, адсорбованих нею в процесі контакту з навколишньою атмосферою.

У практиці нанесення покриттів широко застосовуються механічні, хімічні і електрохімічні методи підготовки поверхні [1]. Однак вони призводять до насичення поверхневого шару дрібнодисперсними абразивними частинками і воднем, потребують значної витрати технічної води і наступної утилізації хімічних продуктів обробки. У зв'язку з цим у лабораторну та промислову практику впроваджується новий спосіб підготовки поверхонь – обробка газовим розрядом. “Суха” обробка тліючим розрядом позбавляє від необхідності хімічного травлення поверхні, полегшує автоматизацію і значно поліпшує санітарно-гігієнічні умови праці.

У літературних джерелах [2, 3] зустрічаються відомості про очищення поверхні сталевого прокату і скла тліючим розрядом перед нанесенням покриттів, де відзначається принципова можливість і ефективність застосування цього методу.

Постановка задачі

У даній статті вивчається можливість знежирення тліючим розрядом перед дифузійним зварюванням поверхні керамічних матеріалів на прикладі п'єзокераміки групи цирконат-титанат свинцю ЦТС-19, яка є основним матеріалом для виготовлення чутливих елементів

широкого кола датчиків швидкозмінних процесів у різних галузях техніки. Обсяг застосування таких датчиків досить широкий, зокрема, в ехолотах морських суден одночасно працюють сотні чутливих п'єзоелементів, ввімкнених різним чином для підвищення амплітуди та потужності вихідного сигналу.

Нині знежирення поверхні п'єзоелементів перед їх склеюванням, паянням або зварюванням між собою і з металевими обкладинками, що служать електричними контактами, здійснюється рідинними методами із застосуванням ацетону, бензолу, технічного спирту, чотирихлористого вуглецю та інших розчинників, які, будучи легколетючими речовинами, сильно погіршують санітарно-гігієнічні умови виробництва. Тому при виготовленні датчиків заміна хімічної обробки поверхонь деталей на “сухе” знежирення, здійснюване електрофізичними методами, дає можливість одержати значний соціальний ефект.

Методики і результати

У даній статті розглядаються три способи обробки поверхонь п'єзоелементів тліючим розрядом: плазмою позитивного стовпа розряду, іонним бомбардуванням їх поверхні та обробкою магнетронним розрядом. У першому випадку виріб установлювався на діелектричній підкладці в такий спосіб (рис. 1, а), щоб оброб-

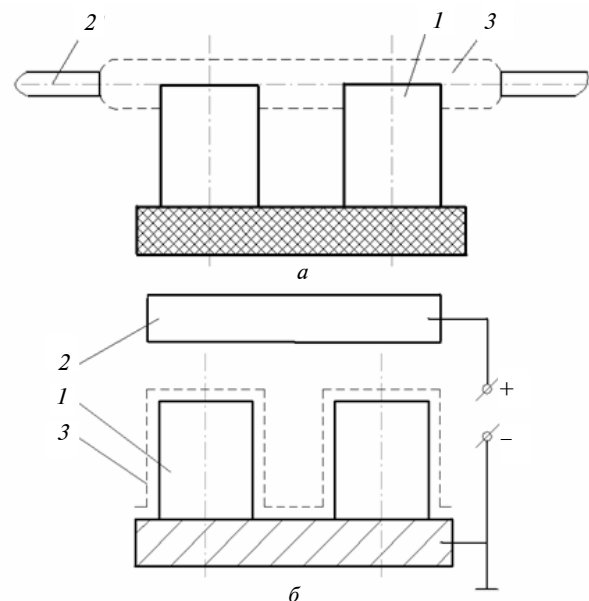


Рис. 1. Схеми знежирення матеріалів тліючим розрядом: 1 – деталі, що оброблюються; 2 – електроди розряду; 3 – зона дії розряду

лювана поверхня містилася на рівні осі розряду між двома електродами, на які подавалася змінна напруга. Відстань між електродами дорівнювала 60 мм, тиск газу (аргону або азоту) в камері становив 66,5–133 Па. При даних тисках сумарна довжина приелектродних областей падіння потенціалу досягала 10–20 мм, інша частина міжелектродного проміжку припадала на позитивний стовп розряду.

У другому випадку виріб розміщувався, як це рекомендується при обробці скла, в області катодного падіння потенціалу, причому встановлювати виріб доцільно в місці з достатньою кількістю вільних електронів, спроможних компенсувати позитивний заряд іонів, який накопичується на оброблюваній поверхні діелектрика. Розподіл параметрів тліючого розряду по довжині міжелектродного проміжку свідчить [4], що значна кількість електронів спостерігається на початку області катодного падіння потенціалу. Однак у цій області позитивні іони, що бомбардують катод, ще не встигають набутти достатньої енергії від електричного поля, яка діє в прикатодній області, і їх вплив на оброблювану поверхню може виявитися неістотним. Тому положення оброблюваної поверхні відносно електродів розряду треба визначати експериментально. У наших дослідках оброблювані вироби встановлювались на металевій підставці (рис. 1, б), яка служить катодом тліючого розряду. Висота зразків становила 0,015 м, тому тиск у камері варіювався в межах 2,66–5,34 Па, коли довжина області катодного падіння потенціалу орієнтовно становила $d_k \approx 0,01–0,02$ м [4].

Обробка здійснювалась аномальним тліючим розрядом, що має високе значення катодного падіння потенціалу і забезпечує, відповідно, значну енергію позитивних іонів. Другий електрод – анод, виконаний з листового алюмінію, розміщувався на відстані 0,06 м від металевої підставки (катада).

Як контрольні використовувались зразки кераміки, промиті етиловим спиртом і технічним ацетоном. Якість знежирення оцінювалась за розтіканням краплі дистильованої води масою 0,02 г, яка за допомогою медичного шприца наносилась на оброблену поверхню. Для запобігання розтіканню краплі від контакту з поверхнею нижній край краплі в момент висаджування дотикався до контрольованої поверхні. Цей метод вважається одним із найчутливіших методів контролю чистоти поверхні [5],

при якому виявляються забруднення порядку $10^{-7}–10^{-8}$ г/см².

Крайовий кут змочування поверхні водою визначався за допомогою мікроскопа із збільшенням до 30 крат, окуляр якого оснащений кутоміром. Кут змочування контролювався через 20, 60 і 120 с після висаджування краплі на поверхню. На вихідній необробленій поверхні в перші секунди після висаджування кут змочування перевищував 90° і в подальшому мало зменшувався. На оброблених спиртом і ацетоном поверхнях кераміки кут змочування помітно нижчий і наприкінці контрольованого проміжку часу становить відповідно 12–15 і 20–26° (рис. 2). При обробці тліючим розрядом за схемою, наведеною на рис. 1, а, протягом 120 с кут змочування мало залежить як від тиску газу, так і від часу обробки. Ефективність обробки в даному випадку є недостатньою порівняно з хімічним знежиренням. Це можна пояснити тим, що в позитивному стовпі розряду переважає тепловий рух заряджених частинок, енергія яких відносно невисока і недостатня для видалення жирових забруднень.

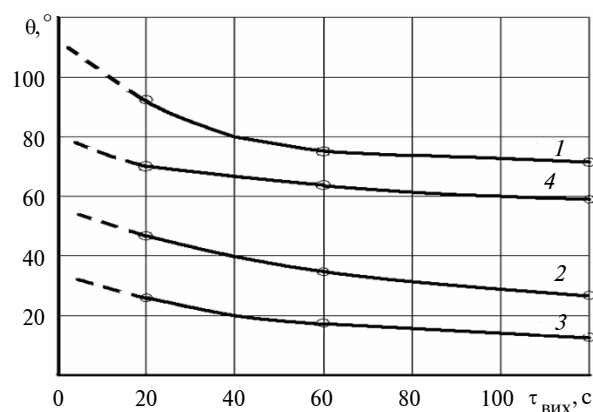


Рис. 2. Зміна кута змочування поверхні п'єзокераміки з часом залежно від виду обробки: 1 – вихідна поверхня; 2 – промивання ацетоном; 3 – промивання етиловим спиртом; 4 – обробка тліючим розрядом за схемою рис. 1, а

Застосування другої схеми обробки (див. рис. 1, б) при тиску газу до 2,66–5,34 Па супроводжується зменшенням кута змочування. При цьому даний кут залежить не тільки від часу обробки, але й від напруги на електродах розряду (рис. 3) і при напрузі більше 1000 В наближається до значень, отриманих після обробки ацетоном. Визначити найбільш оптимальну зону розміщення оброблюваної поверх-

ні щодо границі області катодного падіння потенціалу складно, оскільки за час обробки тиск газу в камері неминує зростає внаслідок натікання повітря через нещільності і видалення та сублимації забруднень з оброблюваної поверхні. Для зазначених діапазонів тисків газу й зазначених розмірів зразків оброблювана поверхня знаходилась на відстані від межі прикатодної області, що приблизно відповідає 0,3–0,5 її довжини.

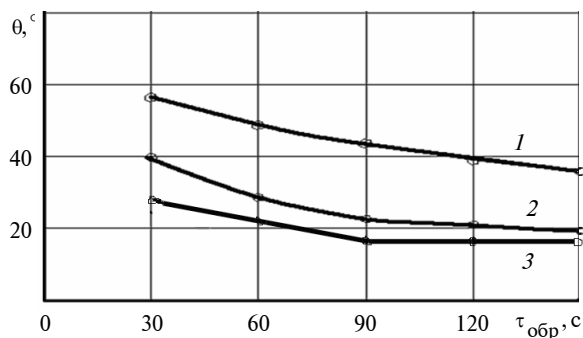


Рис. 3. Залежність кута змочування поверхні п'єзокераміки від напруги на розряді та тривалості іонної обробки за схемою рис. 1, б (тривалість витримки після обробки 120 с): 1 – напруга розряду $U_p = 600$ В; 2 – напруга розряду $U_p = 1000$ В; 3 – магнетронний розряд ($U_p = 400$ В)

Обробка магнетронним розрядом здійснювалась із використанням плоского магнетрона, магнітна система якого утворена кільцевим постійним магнітом. Оброблювана поверхня була розміщена на відстані 0,015 м від поверхні магніту. Для забезпечення необхідної протяжності прикатодної області тиск газу в цьому випадку знижувався до 0,065–1,33 Па, а напруга на розряді не перевищувала 400–500 В. У даному разі якість очищення виявилась досить високою (див. рис. 3), що можна пояснити вищим ступенем іонізації газу в магнетронному розряді і, відповідно, більшою густиною струму.

Тривалість іонної обробки поверхні до одержання бажаного результату, як впливає з рис. 3, порівняно невелика також і в разі поєд-

нання одночасної обробки значної кількості виробів (це залежить від потужності джерела живлення розряду). Такий спосіб може досить ефективно замінити хімічні способи обробки поверхонь п'єзокераміки.

Для одержання більш стабільних результатів обробку тліючим розрядом доцільно здійснювати в проточному газі при безперервній його відкачці з одночасним виносом із зони обробки видалених з поверхні забруднень. Подачу газу при цьому необхідно забезпечувати дозованою для підтримки незмінним його тиску в камері.

Оскільки, як показано в ряді літературних джерел [6, 7], очищення тліючим розрядом активує оброблювану поверхню, що спричиняє її повторне забруднення навколишнім середовищем, то оброблені розрядом вироби необхідно зберігати в чистій атмосфері (в ексикаторі) або направляти на зварювання чи паяння не пізніше, ніж через одну-дві години після обробки. Для цього доцільно використовувати багатопозиційні установки, де у вакуумній камері одночасно може встановлюватись значна кількість зразків, які зварюються чи паяються.

Висновки

Обробка поверхні керамічних матеріалів потоком іонів, прискорених у прикатодній області тліючого розряду при тисках газу 1–5 Па, забезпечує якісні показники, які не поступаються хімічній обробці, що дає змогу ефективно використовувати цей метод підготовки поверхонь у процесах зварювання, паяння чи склеювання з одночасним поліпшенням умов праці.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку способів підвищення продуктивності іонного очищення керамічних матеріалів і збільшення тривалості збереження результатів її дії при контакті виробів з атмосферою приміщення з метою створення необхідного запасу часу в умовах серійного або масового виробництва.

Г.П. Болотов, С.Ю. Стандур, М.Г. Болотов,
Р.Н. Рыжов

ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ В ГАЗОВОМ РАЗРЯДЕ

Приведены результаты исследований очистки
тлеющим разрядом в среде аргона поверхности

G.P. Bolotov, S.Yu. Standur, M.G. Bolotov,
R.M. Ryzhov

SURFACING OF CERAMIC MATERIALS IN THE
GAS DISCHARGE

The paper reveals the research results of surfacing
by a decaying discharge in the argon environment

пъезокерамики перед ее сваркой, пайкой и склеиванием. Методом смачивания поверхности дистиллированной водой установлено, что обработка потоком ускоренных ионов рабочего газа эффективно удаляет жировые загрязнения с поверхности. Экспериментально определена оптимальная зона расположения обрабатываемой поверхности в межэлектродном промежутке. Показано, что "сухая" ионная обработка является эффективной альтернативой жидкостной химической обработке с применением летучих растворителей.

of piezoceramics before its welding, soldering and pasting. By employing the method of surface wetting by the distilled water, we determine that processing by a stream of the accelerated ions of working gas effectively removes fatty pollution from a surface. On the experimental side, we also set the optimum zone of a processed surface arrangement in the interelectrode gap. In addition, we show that "dry" ionic processing is an efficient alternative to liquid chemical processing with application of flying solvents.

1. Доре Р. Обработка поверхности и обезгаживание материалов // Сорбционные процессы в вакууме. — М.: Атомиздат, 1966. — С. 184–188.
2. Генгринович В.А., Лягинсков В.В., Ройх И.Л. Влияние параметров тлеющего разряда на эффективность ионной бомбардировки и очистки поверхностей // Физика и химия обработки материалов. — 1968. — № 5. — С. 28–30.
3. Карасев В.В., Измайлова Г.И. Метод очистки поверхностей стекла и металла в газовом разряде // Журн. техн. физики. — 1954. — 24, № 5. — С. 871–874.
4. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. — М.: Наука, 1987. — 590 с.
5. Linford H.B. Preparation and evaluation of clean surfaces // Corrosion. — 1964. — 20, N 7. — P. 213–217.
6. Холлэнд Л. Нанесение тонких пленок в вакууме. — М.: Госэнергоиздат, 1962. — 608 с.
7. Florescu N. The adhesion of aluminium films on glass after ionic bombardement // Vacuum. — 1957–1958. — VII-VIII. — P. 46–55.

Рекомендована Радою
зварювального факультету
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
26 березня 2010 року