

УДК 620.178

БАГАТОКАНАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ УСТАНОВКИ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО НАПИЛЕННЯ

У даній роботі представлено автоматизовану систему для вакуумно-дугового нанесення покриттів на дрібні деталі, побудовану на сучасній елементній базі за модульним принципом. Вивчені режимні параметри технологічного процесу напилення і їх вплив на якість покриття. Система має підвищену заводо захищеність і забезпечує нанесення покриттів із визначеними показниками якості

Ключові слова: вакуумно-дугове напилення, покриття, стандарт OPC, SCADA

В роботі представлена автоматизована система для вакуумно-дугового нанесення покриттів на мелкі деталі, побудована на сучасній елементній базі за модульним принципом. Изучены режимные параметры технологического процесса напиления и их влияние на качество покрытия. Система обладает повышенной заводо захищеностью и обеспечивает нанесение покрытий с заданными показателями качества

Ключевые слова: вакуумно-дуговое напиление, покрытие, OPC стандарт, SCADA

І. В. Смирнов

Доктор технічних наук, доцент
Кафедра інженерії поверхні
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
вул. Дашавська, 6/2, м. Київ, Україна, 03056
Контактний тел.: (044) 454-92-56
E-mail: smirnovkpi@gmail.com

М. А. Долгов

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Лабораторія поверхневого зміцнення елементів конструкцій
Інститут проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України
вул. Тимірязєвська, 2, м. Київ, Україна, 01014
Контактний тел.: (044) 286-69-57
E-mail: coating@ipp.kiev.ua

О. В. Іванченко

Кандидат технічних наук, доцент *
Контактний тел.: (066) 806-35-45
E-mail: kmcc@knutd.com.ua

М. Л. Огородніча *

Контактний тел.: (063) 030-50-01
E-mail: prinston@pochta.ru

*Кафедра метрології, стандартизації і сертифікації
Київський національний університет технологій та дизайну
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ, Україна, 01011

1. Вступ

Покриття, що напилюються у вакуумі, дозволяють вирішити ряд проблем в інженерії поверхні, пов'язаних з захистом деталей машин, елементів конструкцій та окремих вузлів від зношування, впливу високих температур і агресивних корозійно-ерозійних середовищ. Як свідчить досвід проведення таких робіт, особлива увага приділяється вакуумно-дуговому методу [1–3]. Даний метод, дозволяє в широкому діапазоні керувати параметрами процесу та властивостями конденсатів за рахунок наявності високоіонізованої складової в продуктах ерозії катоду. Використовуючи катоди з різних металів, і змінюючи склад середовища в робочому просторі та режими роботи вакуумної установки можна створювати багатопарові, градієнтні та наноструктурні покриття.

Тому завдання автоматизації роботи установок для нанесення вакуум-дугових покриттів слід вважати актуальною науково-технічною задачею. Мета роботи полягає в розробці багатоканальної системи автоматизації роботи установок для нанесення вакуумно-дугових покриттів.

Система побудована на сучасній елементній базі і дозволяє проводити довготривалі безперервні вимірювання, струму дуги, залишкового тиску у вакуумній камері, температури деталей, напруги зміщення, проводити моделювання процесу напилення і визначати оптимальні значення підконтрольних параметрів, а також накопичувати і зберігати результати вимірювань.

Розвиток систем автоматичного збору і обробки інформації дозволяє повністю автоматизувати процес вимірювання і управління технологічним процесом нанесення покриття. Модульний принцип

побудови системи гарантує гнучкість експерименту і досягнення необхідної точності вимірювань. Приклади реалізації такого підходу до побудови систем описані в роботах [4, 5].

Типові системи автоматичного збору і обробки інформації включають в себе:

- технічні засоби: інтелектуальні прилади (датчики і виконавчі механізми), контролери, комп'ютерні робочі станції та інформаційні мережі;

- прикладні програмні засоби: SCADA – програми (програми збору і візуалізації технологічної інформації) і засоби програмування контролерів.

Інтеграція і взаємозв'язок систем подібного класу, які складаються із різномірних компонентів, реалізуються шляхом використання ряду способів [6].

2. Опис установки

В процесі експлуатації установки вакуумно-дугового наплення вивчені режимні параметри і їх вплив на якість покриття. Встановлено, що найважливішими параметрами є струм вакуумно-дугового розряду, остаточний тиск реакційного газу, потенціал зміщення на деталях. Крім того, на етапі іонного очищення і в процесі наплення необхідним є контроль температури поверхні деталей, в залежності від чого здійснюється корекція режимних параметрів. Для контролю власне процесу нанесення покриття вимірюють тривалість відкачування вакуумної системи, час затрачений на очищення, наплення та охолодження виробів, що обробляються. Таким чином, для отримання заданих значень властивостей покриття (товщина, мікротвердість, міцність зчеплення та ін.) на основі моделей управління визначають оптимальні значення режимів наплення.

Ситуація ускладнюється коли в якості об'єктів металізації є дрібні деталі, наприклад метизи, кріплення, дрібний різальний інструмент, порошкові матеріали та ін. [7]. В цьому випадку висуваються більш жорсткі вимоги до підтримки та контролю режимів наплення. Для нанесення покриттів на дрібні деталі, що мають вид сипучої маси призначена установка АНГА-1, яка оснащена спеціальним пристроєм барабанного типу для перемішування деталей в процесі наплення. За умови отримання якісного покриття, оброблювана поверхня повинна бути рівною або випуклою без різких переходів та мікротріщин, і мати не менше 7 класу чистоти.

Для швидкісного відкачування і перезавантаження вакуумної камери, в установки використовується трьохступінчаста система відкачування, яка складається з форвакуумного агрегату АВР-50 і паромасляного насосу НВДМ-400. В агрегаті АВР-50 застосовується два типи насосів – пластинчасто-роторний і двороторний насос з лемінікатними профілями (насос Рутса).

Загальний вид установки та функціональна блок схема наведені на рис. 1 і рис. 2 відповідно.

Функціональна схема вакуумної системи установки АНГА-1 наведена на рис. 3.



Рис. 1. Загальний вид установки АНГА-1 для вакуумно-дугового наплення покриттів

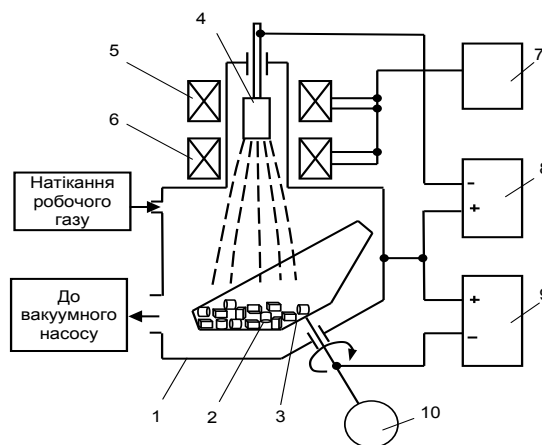


Рис. 2. Блок-схема установки. 1 – вакуумна камера; 2 – дрібні деталі, що покриваються; 3 – завантажувальний барабан; 4 – катод; 5 – стабілізуюча котушка; 6 – фокусуєча котушка; 7 – блок живлення стабілізуючої і фокусуєчої котушок; 8 – блок живлення випаровувача ВДУЧ-315; 9 – високовольне джерело живлення; 10 – двигун обертання завантажувального барабану

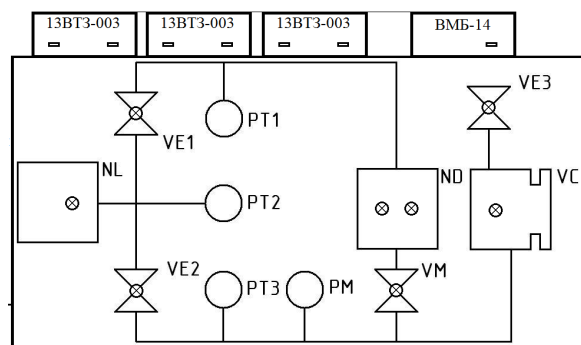


Рис. 3. Функціональна схема вакуумної системи установки АНГА-1ND – дифузійний насос (НВДМ-400); NL – механічний насос (агрегат АВР-50); VC – вакуумна камера; VE1, VE2, VE3 – електромагнітні клапани ДУ-25; VM – вакуумний затвор; PT1, PT2, PT3 – перетворювачі манометричні ПМТ-6-3; PM – перетворювач манометричний ПММ-32-1

4. Вимірювальні прилади

Вимірювання тиску в вакуумній системі установки АНГА-1 проводиться за допомогою трьох вакуумметрів 13ВТЗ-003 і магнітного електророзрядного блокувального вакуумметра ВМБ-14. Вакуумметр 13ВТЗ-003, який призначено для роботи в діапазоні тисків $10^{-1} \dots 10^5$ Па, працює з перетворювачем тисків ПМТ-6-3. Відлік тисків ведеться по шкалі мікроамперметра і градувальних графіків. Вакуумметр має релейний блок, який забезпечує автоматичну сигналізацію про досягнення двох заданих рівнів тиску по двом незалежним каналам.

Вакуумметр ВМБ-14 призначений для вимірювання тиску в діапазоні $10^{-7} \dots 1$ Па в автоматизованих вакуумних системах. Цей прилад працює в комплекті з магнітним електророзрядним перетворювачем тиску ПММ-32-1. Відлік тиску відображається на світлоцифровому індикаторі і реєструється універсальним реєструючим блоком АЦП. У вакууметрі передбачені вихід аналогового сигналу $0 \dots 10$ В, який пропорційний тиску, що вимірюється у відповідності з градувальною характеристикою, світлова сигналізація про несправності перетворювача, а також сигналізація по двом незалежним каналам про досягнення заданого рівня тиску. Температура поверхні деталі контролюється пірометром ППТ із вторинним вимірювальним перетворювачем, який має на виході сигнал постійного струму $4 \dots 20$ мА.

Структурна схема технологічного процесу обробки деталі приведена на рис. 4. Вимірювальна частина системи побудована по модульному принципу, що гарантує ряд переваг при експлуатації і технічному обслуговуванні. Структурна схема вимірювальної частини системи приведена на рис. 5.

Модулі аналогового вводу мають розширений динамічний діапазон і роздільну здатність, яка відповідає 16 бітам. Підключення модулів організовано за допомогою універсальної витой пари провідників, електроживлення – від джерела напруги постійного струму $10 \dots 30$ В.

Вибір використовуваних модулів і їх розташування визначаються користувачем і можуть бути змінені шляхом додавання чи видалення модулів. Використання цифрового промислового інтерфейсу RS-485 для зв'язку з комп'ютером управління і передачі даних забезпечує підвищену заводозахисність всієї системи.

Модулі збору даних мають гальванічну розв'язку по колу живлення і сигнальним лініям, що особливо важливо з точки зору заводозахисності і іскробезпеки. Число під'єднаних до лінії (витой пари) модулів

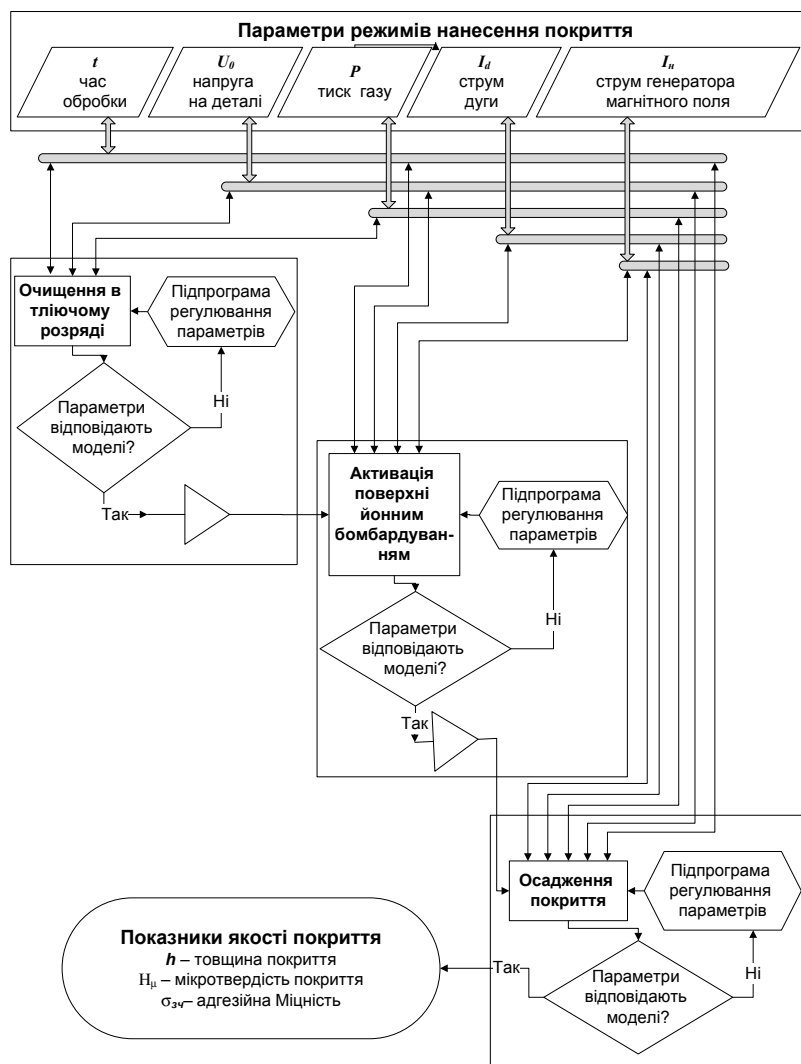


Рис. 4. Структурна схема технологічного процесу нанесення покриття

може досягати 32 од. без додаткового обладнання. При необхідності подальшого розширення системи число модулів збільшують, встановлюючи спеціальний блок розширення, так званого повторювача (Repeater). Модулі дозволяють проводити збір вимірювальної інформації на відстані до 1 км від персонального комп'ютера, а використання блоків Repeater збільшує відстань на 1 км на кожен блок.

Взаємодія між комп'ютером управління і модулями збору інформації реалізується шляхом формування простих команд в форматі ASCII. Архітектура системи побудована по стандарту OPC, що дозволяє використовувати вимірювальні модулі різних виробників.

Встановлене на комп'ютері управління прикладне програмне забезпечення виконує наступні функції:

- обмін даними між комп'ютером управління і пристроями для вимірювання (контролерами, модулями вводу-виводу, аналоговими датчиками, пірометром) по каналам вводу-виводу, із підтримкою протоколів обміну;
- ведення бази даних реального часу для вимірюваних параметрів;

- архівування історії зміни вимірюваних параметрів;
- відображення значень вимірюваних параметрів на моніторі комп'ютера управління у вигляді динамічних елементів мнемосхем, а також в числовому, табличному і графічному видах;
- обробка подій, розрахунок швидкості конденсації, швидкості зміни температури деталі, остаточного тиску та ін.

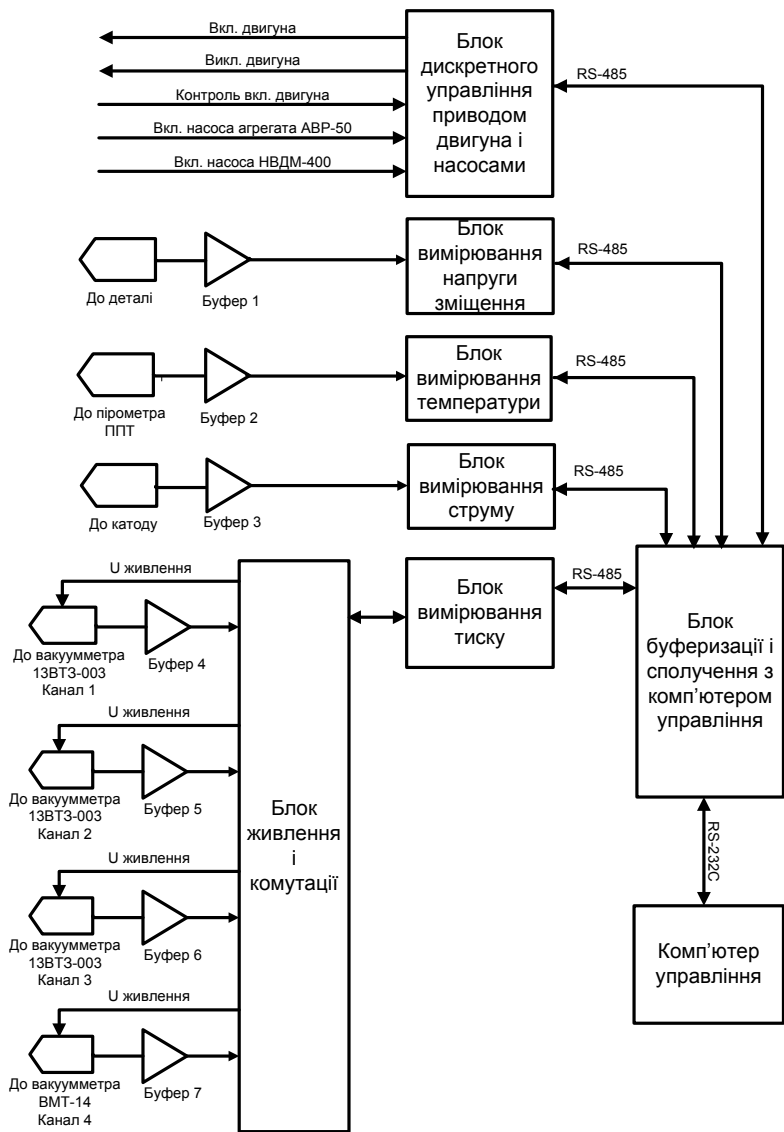


Рис. 5. Структурна схема вимірювальної частини системи

5. Висновки

Розроблено автоматизовану систему для вакуум-дугового нанесення покриттів.

1. Розроблено дванадцятиканальну автоматизовану систему для вакуум-дугового нанесення покриттів.
2. Система розроблена на сучасній елементній базі і дозволяє проводити вимірювання параметрів

процесу вакуум-дугового нанесення покриттів, а саме:

- тиск в вакуумній камері на етапі підготовки установки до роботи і в робочому циклі;
 - струм вакуумно-дугового розряду на катоді;
 - напругу зміщення;
 - температуру деталей.
3. Система дозволяє обчислити оптимальні параметри технологічного процесу і генерувати відповідні впливи управління режимами напilenня покриттів для забезпечення встановлених показників якості покриття.

В майбутньому планується використання системи для дослідження і відпрацювання технологічного процесу плакування порошків вакуумно-дуговим методом.

Література

1. Mitterer, C. Thermal stability of PVD hard coatings [Текст] / С. Mitterer, P.H. Mayrhofer, J. Musil // Vacuum. – 2003. – V. 71, No 1 – 2. – P. 279 – 284.
2. Carvalho, N. Stress analysis and microstructure of PVD monolayer TiN and multilayer TiN/(Ti,Al) N coatings [Текст] /N. Carvalho, E. Zoestbergen, B.J. Kooi, et al. // Thin Solid Films. – 2003. – V. 429, No 1. – P. 179 – 189.
3. Копейкина, М. Ю. Повышение работоспособности режущих инструментов, оснащенных ПСТМ на основе КНБ, вакуумно-дуговыми покрытиями [Текст] / М. Ю. Копейкина, С. А. Клименко, Ю. А. Мельничук, В. М. Береснев // Сверхтвердые материалы. – 2008. – № 5. – С. 87 – 97.
4. Стухляк, П. Д. Теорія інформації (інформаційно-вимірювальні системи, похибки, ідентифікація) [Текст] / П. Д. Стухляк, О. В. Іванченко, А. В. Букетов, М. А. Долгов. – Херсон: Айлант, 2011. – 371 с.
5. Булгаков, Э. Б., Голованов В. В., Климов А. В. Информационно-измерительная система контроля состояния авиационных и общемашиностроительных редукторов, приводов и коробок передач [Текст]. – М.: ЦИАМ, 1990. – 28 с.
6. Ицкович, Э. Л. Способы взаимосвязи и интеграции отдельных систем автоматизации на предприятиях [Текст] / Э. Л. Ицкович // Датчики и системы. – 2004. – №1 (56). – С. 56 – 62.
7. Смирнов, И. В. Некоторые особенности ионно-плазменной металлизации керамических порошков [Текст] / И. В. Смирнов // Современная электрометаллургия. – 2011. – № 2. – С. 56 – 60.

Abstract

The developed automated system for vacuum-arc dusting is based on the modern element base and allows the long-term continuous measurement of the arc current, of the residual pressure in the vacuum chamber, of the temperature of parts, of voltage, of the simulation of dusting, as well as determination of the optimal values of controlled parameters and accumulation and storage of measurement results.

During the operation of a vacuum-arc dusting unit, the process parameters and their impact on the quality of coating were studied. The measurement of pressure in the vacuum system of the unit was performed using three vacuum gauges 13BT3-003 and magnetic-discharge locking vacuum gauge ВМБ-14. The countdown of pressure was displayed on a computer monitor and recorded by the universal registration unit with the ADC. Temperature of the surface of details was controlled by a pyrometer BSA with secondary measurement transmitter.

The application of the digital industrial interface RS-485 for connection to a control computer and for data transmission provides increased noise immunity of the entire system. The system architecture is based on standard OPC, which allows the application of measuring modules of different manufacturers.

The automated system allows the measurement of parameters of the vacuum-arc dusting, as well as the calculation of the parameters of the process and generation of the appropriate control influences by modes of dusting

Keywords: vacuum-arc dusting, coating, standard OPC, SCADA

Друкowana плата – це пластина з діелектрика, на якій з'єднані між собою компоненти електронних приладів. Один з кінцевих етапів виробничого процесу – забезпечення покриття поверхні відкритих частин плати. Покриття поверхні відіграє важливу роль з двох причин: воно захищає мідне покриття підкладки від корозії, а також створює поверхню, до якої припадають компоненти наступних етапів складання

Ключові слова: покриття поверхні, друкowana плата, вирівнювання припою гарячим повітрям, імерсійне золочення по підшару нікеля, органічне захисне покриття

Печатная плата – это пластина из диэлектрика, на которой соединяют между собой компоненты электронных приборов. Один из конечных этапов производственного процесса – обеспечение покрытия поверхности открытых частей платы. Покрытие поверхности играет важную роль по двум причинам: оно защищает медное покрытие подложки от коррозии, а также создает поверхность, к которой припаиваются компоненты следующих этапов сборки

Ключевые слова: покрытие поверхности, печатная плата, выравнивание припоя горячим воздухом, иммерсионное золочение по подслою никеля, органическое защитное покрытие

УДК 004.89

COMPARATIVE ANALYSIS OF SURFACE FINISHES OF PRINTED CIRCUIT BOARDS

Partinova Simona
PhD Student
Faculty of Electronic Engineering and Technologies,
Technical University - Sofia,
8 Kliment Ohridski Blvd.
1000 Sofia, Bulgaria,
E- mail: simona34@abv.bg

1. Introduction

Surface finishes on printed circuit boards are applied in the production process of PCBs to pads and other elements of the outer layers, not covered with protective mask.

Purpose of the application of such finishes is to provide adequate soldering surface for assembly on the PCB copper layers and to protect from oxidation and wear.

The choice of an appropriate finish is determined by the technology of assembly in the process of population of bare boards and main parameters for such choice are solderability and finish's compatibility with the solder paste. If this finish is subject to mechanical damage, one must carefully select its coefficient of friction, wear resistance, and mechanical strength. When there are

pads and other non-covered electrically conductive areas that would provide for various functions on a single board, various finishes can be applied, or only one as a compromise in regard to reliability.

There is a number of standards that define surface finishes and among most important of them are:

- J-STD-003 "Solderability Tests for Printed Boards": This standard prescribes test methods, defect definitions and illustrations for assessing the Solderability of printed board surface conductors, attachment lands, and plated-through holes; [1]
- IPC 2221 "Generic Standard on Printed Board Design": This standard is intended to provide information on the generic requirements for printed board design. [2];