

ченням електричного опору, а також під час розроблення оптимальних технологічних режимів мікроконтактного точкового зварювання виробів прецизійного приладобудування та радіоелектроніки.

1. Моравский В.Э., Ворона Д.С. *Технология и оборудование для точечной и рельефной конденсаторной сварки*. – К.: Наукова думка, 1985. – 272 с. 2. *Справочник по расчету и конструированию контактных частей сильноточных электрических аппаратов* / Н.М. Адоньев, В.В. Афанасьев, В.В. Борисов и др.; Под ред. В.В. Афанасьева. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 384 с. 3. Білобородченко В.І. Ймовірнісна модель зміни початкового контактного опору при точковому зварюванні деталей термоперетворювачів // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – 1997. – № 323. – С. 3–8; 4. Алабужаев П.М., Геронимус В.Б., Минкевич Л.М. и др. *Теория подобия и размерностей*. – М.: Высшая школа, 1968. – 206 с.

УДК 621.791.763.2

В.І. Білобородченко

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра зварювального виробництва, діагностики
і відновлення металоконструкцій

КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ДЕФЕКТНОСТІ ПРИ ТОЧКОВОМУ КОНДЕНСАТОРНОМУ МІКРОЗВАРЮВАННІ

© Білобородченко В.І., 2003

Запропонований критерій оцінювання відтворюваності показників якості технологічного процесу конденсаторного точкового мікрозварювання масових виробів радіоелектроніки та прецизійного приладобудування за встановленим законом статистичного розподілення дефектності зварювання.

An evaluation criterion is offered for providing indexes of quality of technological process condenser of point microwelding mass exact and radio electronic wares after the set law of the statistical distributing of imperfectness of welding.

Мікроконтактне точкове конденсаторне зварювання є статистично погано організованою системою, оскільки під дією параметрів (факторів) технологічного режиму в зоні формування зварного з'єднання виникають різноманітні електричні, теплові, механіко-деформаційні явища, різні за фізичною природою, проте одночасно плинні в часі циклу зварювання та об'єктивно нерозподільно впливові на характер і рівень формування дефектності продукції.

Оцінювання стабільності технологічного процесу конденсаторного точкового мікрозварювання в масовому виробництві вузлів радіоелектронних та виробів прецизійного приладобудування, а також дотримання відтворюваності їх якісних показників, ґрунтується на застосуванні стандартизованих контрольних карт якості продукції \bar{x}/S , \bar{x}/R , $\bar{\bar{x}}/R$ -типу, базованих на параметри нормального закону розподілення прояву зварювальних дефектів різного типу та виду [1].

Для цього використовуються різноманітні методи контролю (руйнівного чи неруйнівного традиційними засобами або за ефектами, що супроводжують процес утворення зварного з'єднання). Дані отримані фізичними засобами неруйнівного контролю [1], проте особливо за оцінюванням кількісних характеристик виявлених дефектів, демонструють значні відхилення від нормального уявлення дефектності зварних виробів.

Метою роботи є виявлення дійсного виду імовірнісного закону розподілення браку мікрозварних з'єднань, виконаних конденсаторним точковим зварюванням, яке становить 40...80% обсягів монтажних-зварювальних операцій для даного типу продукції [2]

Для встановлення надійних показників оцінювання технологічного процесу зварювання мікровиробів використано статистичну процедуру порядкового методу вимірювання якісної інформації [3] за ознаками дефектності мікрозварних виробів на основі оброблення експертних та власних експериментальних даних оцінки результатів зварювання

$$\sum_{i=1}^n x_i = \frac{n(n+1)}{2}, \quad (1)$$

де n – кількість елементів дефектності, що піддані ранжуванню; x_i – ранг i -го елемента.

Гістограма частот однозначно класифікованих (98%) за обраними даними ознаками дефектності мікроточкових зварних виробів наведена на рис. 1. Рівновіддаленість H_i – варіанти показників дефектності визначено з умови рівної ймовірності прояву даної ознаки на масі виробів.

Граничний статистичний показник ознаки дефектності будь-якого типу та виду – ймовірність виникнення аварійної ситуації $Q(A)$ від дефекту під час роботи виробу не встановлювався через широкий спектр мікроточкових з'єднань щодо їх призначення та експлуатаційних вимог і неоднозначності даних про вплив поодиноких та масових дефектів на роботоздатність виробів [4].

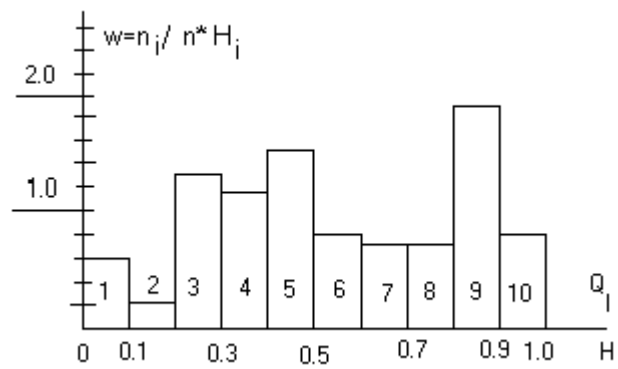


Рис. 1. Гістограма частот ознак дефектності зварних контактних мікроточкових з'єднань: Q_1 – глибина проплавлення; Q_2 – зміщення литої зони; Q_3 – мала зона з'єднання; Q_4 – значна деформація виробу; Q_5 – наскрізне проплавлення; Q_6 – пропалення; Q_7 – тріщини; Q_8 – пори; Q_9 – виплески; Q_{10} – підварювання електродів

Аpriori – гіпотеза H_0 : про типові статистичні моделі – нормальний закон розподілення, що коректно описує якість Q з'єднання та експоненціальний закон розподілення відносних частот W прояву дефектності по всьому масиву точкових мікроз'єднань перевірені процедурами графічного аналізу за Z - та g -критеріальними функціями [3] і для обраних показників дефектності не підтверджуються (рис. 2, а, б).

Проте перетворення гістограми відносних частот прояву ознак дефектності (рис.1) у діаграму їх збігаючого ряду дозволяє її уявлення та розрахунок у вигляді типової статистичної моделі розподілення щільності ймовірності Вейбулла:

$$f(q) = \frac{p}{\theta} q^{p-1} \exp\left(-\frac{q^p}{\theta}\right) = \frac{1.11}{0.5} q^{0.11} e^{-\frac{q^{1.11}}{0.5}}. \quad (2)$$

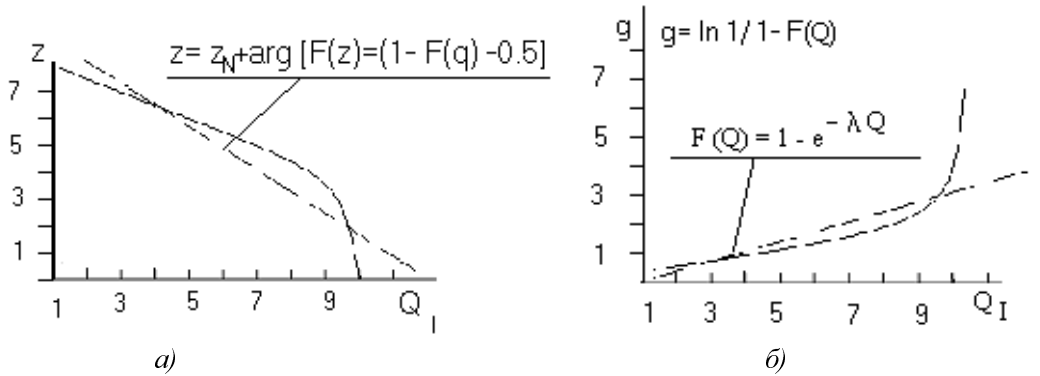


Рис. 2. Графічний аналіз оцінювання гіпотез H_0 : а) про нормальний закон розподілення показників дефектності мікрозварних точкових з'єднань; б) експоненціальний закон розподілення відносних частот прояву дефектності ($F(Q)$ – емпірична функція розподілення)

Перевірка моделі (2) за непараметричним критерієм Уїлкоксона [5]

$$T_{0.05}^{\pm} = \frac{n1}{2} (n1 + n2 + 1) \pm 0.98 \sqrt{\frac{n1n2(n1 + n2 - 1)}{3}}, \quad (3)$$

де – кількість точок порівняння функцій: $79 < T_{n1} = 86 < T_{кр} = 131$; $79 < T_{n2} = 124 < T_{кр} = 131$ не заперечує коректність встановленого модельного опису.

Достатність моделі додатково підтверджується експертною оцінкою про те, що при коефіцієнті виявлення дефектів за результатами контролю $K_Q < 1$, їхні розміри у цьому випадку – розподіл однозначно констатованих показників дефектності Q_i за масивом даних; описується законом Вейбула [1].

Показники моделі формування рівня дефектності мікрозварних з'єднань

Статистичний показник	Значення
Математичне очікування $q = \sqrt[p]{Q} Kb$; $Kb = 0.963$	0.488
Середнє квадратичне відхилення $\sigma_q = \frac{P}{\sqrt{Q}} c_b$; $C_b = 0.873$	0.442
Коефіцієнт варіації $V = C_b / Kb$	0.907
Мода $m = \sqrt[p]{Q} \left(1 - \frac{1}{P}\right)$	0.063
Оцінки довірчого інтервалу q $q^+ = Kb \sqrt[p]{r_1 q^-}$; $r_1 = 1.83$; $q^- = Kb \sqrt[p]{r_1 q^+}$; $r_1 = 1.83$ $q^- = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} q_i$	0.889
Функція розподілення показників дефектності за масою виробів $F(q) = 1 - e\left[-\frac{q^p}{\theta}\right] = 1 - e\left[-\frac{q^{1.11}}{0.5}\right]$	0.345

Аналіз статистичних показників моделі (див. таблицю) демонструє:

а) математичне очікування $q = 0,488$ описує два корельовані за фізикою формування генератора надлишкового тепловиділення в зоні зварювання: показники дефектності – Q_6, Q_{10} , які є абсолютно неприпустимі для всіх виробів прецизійного приладобудування та електроніки;

б) оцінка довірчого інтервалу для математичного очікування розподілення надає строгі відомості про припустимі (залежно до призначення та експлуатаційних вимог до виробу) дефекти, що зумовлені варіацією потужності теплогенераторів у контактній зоні – Q_4, Q_1 , природа яких, з рештою рівних умов, визначається роботою струму зварювання в контактних опорах;

в) мода – m розподілення ($m=0.063$) вказує на основний дефект точкового мікрозварювання Q_9 – виплески, що різно орієнтовані в часі зварювання та контактних зонах;

г) значна величина коефіцієнта варіації V підтверджує висновок про провідну роль дисбалансу складових теплогенератора зони електрод – електрод під час зварювання на формування неприпустимої дефектності виробів;

д) показовим є коректність моделі до вейбулівського розподілення щодо визначення розмірів дефектів за результатами неруйнівного контролю [1].

Висновки: 1. Встановлено, що показники дефектності при конденсаторному точковому мікрозварюванні виробів радіоелектроніки та прецизійного приладобудування коректно описуються граничним у класі експоненціальних законів – щільністю розподілення Вейбулла.

2. Ступінь деформування (за параметрами) такої типової моделі, що описує якість технологічного процесу мікрозварювання, може бути запропонована у вигляді критеріальної оцінки його сталості, а також як допоміжний засіб забезпечення достовірності результатів неруйнівного контролю мікроз'єднань та класифікації ознак дефектності за наявності одночасно у зварному виробі різних дефектів.

1. Волченко В.Н. Оценка и контроль качества сварных соединений с применением статистических методов. – М.: Стандарты, 1974. – 160 с. 2. Моравский В.Э., Семергеев С.И., Ворона Д.С. Вопросы повышения качества и эффективности сварочного производства в радиоэлектронике и точном приборостроении. – К.: Об-во “Знание” УССР, 1977. – 32 с. 3. Справочник по прикладной статистике: В 2-х т. Т.1/ Пер. с англ.; под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю.Н. Тюрина. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 510 с. 4. Моравский В.Э., Ворона Д.С. Технология и оборудование для точечной и рельефной конденсаторной сварки. – К.: Наукова думка, 1985. – 272 с. 5. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 288 с.