

**УДК 669.017**

**В. О. Яцюк; А. Ю. Фараонов; В. В. Лазарюк, к.т.н.**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КАПІЛЯРНОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**V. O. Yatsiuk; A. Yu. Faraonov; V. V. Lazaryuk, PhD**

### **FEATURES OF THE CAPILLARY METHOD OF NON-DESTRUCTIVE CONTROL OF WELDED JOINTS OF THIN-WALLED STRUCTURES**

Капілярний метод неруйнівного контролю є методом контролю проникаючими речовинами будь-яких твердих об'єктів для виявлення зовнішніх поверхневих та наскрізних дефектів, а також їх протяжності та орієнтації. Даним неруйнівним методом контролю виявляють поверхневі дефекти типу тріщин, пор, міжкристалевої корозії, а також наскрізних витоків в матеріалах і конструкціях зі сталей, алюмінієвих сплавів, титану та неметалевих матеріалів.

Капілярний метод неруйнівного контролю (ДСТУ EN ISO 3452) відбувається завдяки ефекту змочування індикаторною рідиною-барвником поверхні дефекту і виявлення кольорового сліду. Глибина дефектів повинна перевищувати ширину дефекту. Кольорова та люмінесцентна дефектоскопія широко застосовується для контролю цілісності зварного шва для виявлення несущільностей з поперечними розмірами від 0,1 до 500 мкм, Головні методи неруйнівного контролю як радіографія, магнітографія та ультразвукова дефектоскопія виявляються зачасти неприйнятними для контролю тонкостінних зварних конструкцій [1].

На даний час набувають поширення лазерні способи зварювання деталей товщиною до 2-3 мм. Поширеними дефектами зварних з'єднань лазерного зварювання є пори, несплавлення кромки, кореневі дефекти на початку та замиканні шва з досить невеликими розмірами.

Відповідно до стандартів капілярного методу неруйнівного контролю, залежно від мінімальних розмірів дефектів, встановлено декілька умовних класів чутливості від I до IV та технологічний. Для кожного класу встановлені мінімальні розміри дефектів, що виявляються, у мкм: I — менше 1; II — від 1 до 10; III — від 10 до 100; IV — від 100 до 500; технологічний — не нормується. Визначальним параметром при виборі класу чутливості методу є ширина розкриття дефекту. Глибина зародкових тріщин деформаційного походження, як правило, оцінюється в  $10^{-3}$  мм, [2].

Типовий процес контролю капілярним методом включає підготовку та попередню очистку поверхні, нанесення проникаючої рідини, видалення надлишку проникаючої рідини, нанесення проявника, огляд, складання протоколу, кінцева очистка.

Наприклад, відомий вітчизняний набір кольорові дефектоскопії ДП «КОЛОРАН», що включає комплект «Пенетрант Рідина ЦЖ-2 малинова проникаюча», «Проявник ПРм-4» та «Очищувач для капілярної дефектоскопії», відповідає ДСТУ EN ISO 3452-2:2014 для виявлення поверхневих дефектів та витоків з шириною розкриття більше 1 мкм, тобто II-ого класу чутливості.

Розміри дефектів, що виявляються методами кольорової дефектоскопії КД, важко виявляються і неозброєним оком, тому при їх виявленні використовують не лише стандартне освітлення, але і спеціальне ультрафіолетове у люмінесцентно-кольоровому методі. Для підвищення класу чутливості методу використовують різні технології заповнення порожнин дефектів індикаторними речовинами: капілярну, вакуумну, компересійну, ультразвукову та деформаційну. При вакуумному способі деталь поміщають в герметичну камеру, з якої відкачують повітря. Після подачі

проникаючої рідини камеру розгерметизують. Рідина заповнює порожнини дефектів під дією капілярного і атмосферного тисків. При розрідженні близько 1 Па виявляються тріщини шириною на порядок менше, ніж при капілярному просоченні, [1].

Мікроскопічний перетин і довжина дефектів уподібнює їх до капілярних посудин, які здатні всмоктувати рідини, що змочують останні, під дією капілярних сил. При дефектоскопії краще змочування забезпечують рідини з малим поверхневим натягом, [2].

В якості пенетранта використовують рідини на основі гасу з барвниками та люмінофори. Наприклад, пенетрант «А» складається з 700 мл гасу, 300 мл бензину Б-70, 30 г темно-червоного барвника. Пенетрант «Е» складається з гасу (800 мл), бензолу (200 мл) і темно-червоного барвника, [1]. Для усунення забарвлення пенетранта використовують очистку гасниками, наприклад водою з кальцинованою содою або спирт з поверхнево активною речовиною.

Огляд поверхонь контролю рекомендують проводити двічі: через 5-6 хв для виявлення великих дефектів і через 25-60 хв. для виявлення дрібних. При люмінесцентному методі контролю використовують ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі 315-400 нм. Освітленість досліджуваної поверхні повинна бути не нижче 50 лк. Контроль проводять в затіненому приміщенні, а в польових умовах - при місцевому затемненні. При кольоровому контролі природне або штучне освітлення на контрольованій ділянці повинно бути не менше 3000 лк. З поверхонь деталей, що пройшли контроль і визнані придатними, видаляють проявник і сліди інших дефектоскопічних матеріалів одним з перерахованих способів: протиранням, промиванням, анодною обробкою, випалюванням, органічними розчинниками, [1].

Наведену методологію капілярного контролю було використано для контролю герметичності зварних з'єднань корпусної деталі виготовленої лазерним ручним зварюванням з листової нержавіючої сталі товщиною 1 мм. Було виявлено наскрізні пори, що утворилися у місцях замикання зварного шва, рис. 1. Для контролю використано набір кольорової дефектоскопії компанії MR Chemie GmbH: пенетрант MR68C, проявник MR70, очищувач MR 88. Для підвищення чутливості капілярного методу рекомендовано використовувати також люмінесцентні пенетранти, а також компресійний спосіб заповнення порожнин дефектів.



Рисунок 1. Кольорова дефектоскопія тонкостінної зварної конструкції

### Література

1. Сусліков Л.М., Студеняк І.П. Неруйнівні методи контролю: Навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2016. - 192 с.
2. Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2018. — 241 с.
3. Набір для проведення кольорової дефектоскопії виробництва ДП «КОЛОРАН», <<https://gp-koloran.uaprom.net/ua/a413315-instruktsiya-provedennyu-kapilyarnogo.html>>