

## УДК 621.791.3

*В.І. Завальський, студент гр. ПБ-15-1, к.т.н., асис. Чуйко М.М.*  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

### КОНТРОЛЬ ДИНАМІЧНОГО КРАЙОВОГО КУТА ЗМОЧУВАННЯ ПРИПОЯМИ ОСНОВНИХ МАТЕРІАЛІВ ПАЯННЯ

**Анотація.** В даній роботі описано метод контролю динамічного крайового кута змочування на основі вимірювання зміни висоти краплі припою при розтіканні її поверхнею основного матеріалу. Вимірювання висоти краплі виконується за допомогою інфрачервоного випромінювання. Оцінка змочувальних властивостей припоїв здійснюється за коефіцієнтом відносної зміни висоти краплі.

**Ключові слова:** припій, крапля, динамічний крайовий кут змочування, адгезія.

#### ВСТУП

Паяння, як спосіб з'єднання певних деталей, елементів, чи окремих блоків набув широкого застосування, особливо в сфері приладобудування та мікроелектроніки. Даний процес дозволяє скріплювати як дрібні SMD деталі, так і більш масивні вивідні компоненти, забезпечуючи електричний контакт та механічну міцність з'єднання.

Найважливішими характеристиками припоїв є високі адгезійні та капілярні властивості і висока текучість. Припій обирається залежно від дозволеної температури, розмірів деталей, його механічної міцності і корозійної стійкості. Для виконання процесу паяння припої повинні змочувати основний метал, розтікатися по його поверхні та заповнювати щілини. На змочування і розтікання припою значно впливають температура, стан поверхні твердого тіла, зовнішня газова або шлакова фаза.

#### ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗМОЧУВАННЯ

Для змочування необхідне встановлення зв'язків поверхневих атомів основного металу з атомами припою, що оцінюється крайовим кутом змочування. Умова рівноваги краплі припою при її розтіканні визначається рівнянням Юнга [1]:

$$\sigma_{mz} = \sigma_{mp} + \sigma_{pz} \cdot \cos\theta, \quad (1)$$

де  $\sigma_{mz}$  – коефіцієнт поверхневого натягу на межі розділу твердого тіла і газу;  
 $\sigma_{mp}$  – коефіцієнт **поверхневого** натягу на межі розділу твердого тіла з рідиною (припоєм);  $\sigma_{pz}$  – коефіцієнт поверхневого натягу рідини (припою) при контакті з газовою фазою,  $\theta$  - крайовий кут змочування.

Змочувальна здатність припою визначає його розтікання по поверхні основного металу. Розтікання визначається співвідношенням сил адгезії припою до поверхні твердого тіла і сил когезії в припої. Сили адгезії характеризують зв'язок часток припою і твердого тіла, а когезії – зв'язок між атомами припою. Розтікання краплі відбувається, якщо робота адгезії більша за роботу когезії. Різниця між цими роботами називається коефіцієнтом розтікання  $k$  [2].

Проте, на практиці взаємодію припоїв з різними матеріалами досліджують експериментально. Перш за все визначають характеристики змочування і

розтікання припоїв.

Швидкість змочування характеризується інтенсивністю зменшення кута  $\theta$ , тобто  $d\theta/dt$ , а швидкість розтікання визначається швидкістю зміни радіуса  $r$  основи краплі з часом  $t$ , тобто  $dr/dt$ . Розтікання характеризується питомою площею розтікання, тобто площею, яку займає припій після розтікання, віднесеною до одиниці його маси, наприклад мм<sup>2</sup>/мг або см<sup>2</sup>/г [2,3].

## МЕТОД КОНТРОЛЮ КРАЙОВОГО КУТА ЗМОЧУВАННЯ

Дослідження змочувальних властивостей припоїв пропонуємо здійснювати шляхом контролю динамічного крайового кута змочування  $d\theta/dt$  на основі вимірювання зміни висоти краплі припою в процесі розтікання її досліджуваною поверхнею, до моменту повного розтікання. Характер зміни висоти краплі описується гіперболічним законом, як і характер зміни крайового кута змочування. Тобто інтенсивність зміни як крайового кута змочування, так і висоті краплі буде високою в перші доли секунди розтікання і зменшуватиметься до моменту повного розтікання. Кращими змочувальними властивостями володіють ті припої, у яких є більша динаміка зміни крайового кута змочування, а отже і швидше зменшення висоті краплі.

Вимірювання висоти краплі пропонуємо здійснювати за допомогою інфрачервоних (ІЧ) перетворювачів, які забезпечать випромінювання ІЧ хвиль та реєстрацію відбитих хвиль від поверхні припою. Висоту лежачої краплі  $h_k$  визначаємо за формулою:

$$h_k = h_0 - h_n, \quad (2)$$

де  $h_0$  – фіксована віддаль від матриці перетворювачів до поверхні основи,  $h_n$  відстань від матриці перетворювачів до поверхні краплі припою.

В процесі досліджень ІЧ перетворювачі розміщуємо горизонтально над досліджуваною поверхнею твердого тіла на відстані  $h_0$  (рис. 1), яка визначається до нанесення припою в процесі калібрування. Тоді на поверхню твердого тіла наносимо краплю припою і здійснюємо вимірювання її висоти при її розтіканні поверхнею основи.

Оскільки поверхня припою є криволінійною, тому для фіксації відбитого променя від цієї поверхні необхідно використовувати не один перетворювач, а декілька, розміщених у вигляді матриці над об'єктом контролю. В даному випадку, пропонуємо використовувати матрицю ІЧ перетворювачів розміром 3x3 (рис. 1). Дана конфігурація дозволяє визначити величину максимальної висоти краплі, для якої час “повернення” відбитого променя є мінімальним. Розрахунок динаміки зміни висоти краплі при розтіканні здійснюємо на основі вимірних значень того перетворювача із матриці, який зафіксує мінімальну віддаль до поверхні припою.

Змочувальні властивості припоїв при їх розтіканні поверхнями твердих тіл оцінюємо за величиною відношення висоти краплі в момент повного розтікання  $h_{np}$  до початкової її висоти  $h_k$  – в момент нанесення припою:

$$k_{\epsilon} = h_{np} / h_{\kappa}, \quad (3)$$

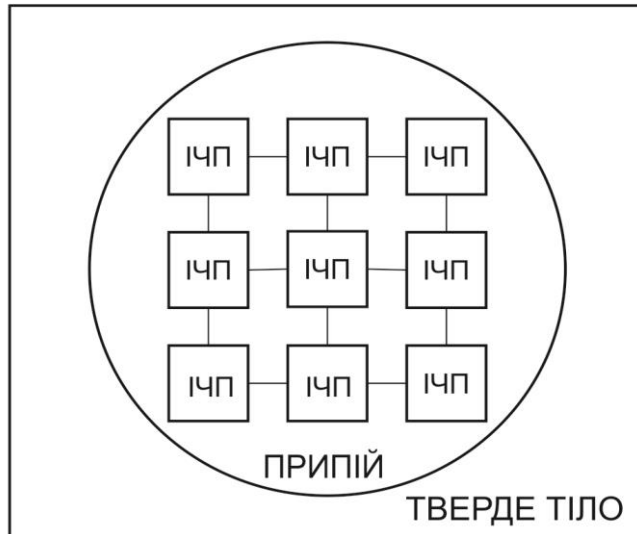
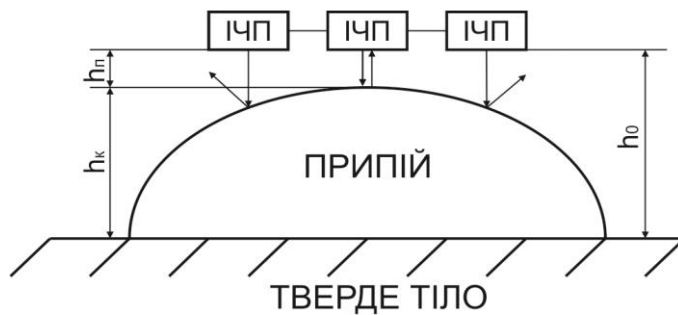


Рисунок 1. Схема контролю динамічного крайового кута змочування припою

Значення  $k_{\epsilon}$  може мінятися в межах від 0 до 1 (“0” – при повному розтіканні, для якого  $h_{np} \rightarrow 0$ ; “1” – припій не змочує контрольоване тверде тіло, для якого  $h_{np} \approx h_{\kappa}$ ).

Кращими змочувальними властивостями володіє припій, якому відповідає найменше значення  $k_{\epsilon}$  – коефіцієнт відносної зміни висоти краплі.

## ВИСНОВКИ

Запропонований метод контролю дозволяє:

- досліджувати динамічний крайовий кут змочування на основі зміни висоти краплі припою при її розтіканні поверхню основного матеріалу;
- здійснювати градацію змочувальних властивостей

припоїв за коефіцієнтом відносної висоти краплі;

— здійснювати підбір припоїв з кращими змочувальними властивостями для забезпечення якісного з’єднання деталей в процесі паяння.

Для отримання якісного з’єднання деталей, визначальними параметрами є: високі змочувальні властивості паяльних матеріалів відносно твердого тіла, що підлягає спаюванню, дотримання чистоти поверхні деталі та температурного режиму.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д.Зимон. – М.: Химия, 1974. – 416 с.
- [2] Лашко Н.Ф. Пайка металлов. / Н.Ф. Лашко, С.В. Лашко. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
- [3] Паяння металів. Дослідження фізико-хімічних процесів та технологічних факторів при паянні / [В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, Б.В. Бугаєнко, Г.В. Єрмолаєв; під редакцією В.Ф. Квасницького]. – Миколаїв: НУК, 2006. – 160 с.