

УДК 621.763

**Савчук П.П.** - кандидат технічних наук, доцент кафедри матеріалознавства  
Луцького національного технічного університету

**Кашицький В.П.** - кандидат технічних наук, доцент кафедри матеріалознавства  
Луцького національного технічного університету

**Савчук Л.А.** - кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології Волинського  
національного університету

## **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ АДГЕЗІЙНОЇ МІЦНОСТІ КЛЕЙОВИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ЕПОКСИДНИХ СМОЛ**

Робота виконана на кафедрі матеріалознавства ЛНТУ

*Проаналізовано методи оцінки адгезійної міцності епоксидних композитів. Запропонована нова методологія оцінки адгезійної міцності епоксидних полімерів. Зафіксовано кореляційний зв'язок між стандартною та розробленою методиками досліджень.*

*Ключові слова: адгезійна міцність, епоксидні полімери, кореляційний зв'язок.*

*Савчук П.П., Кашицький В.П., Савчук Л.А. Особенности оценки адгезийной крепости клеевых композиций на основе эпоксидных смол. Проанализированы методы оценки адгезийной крепости эпоксидных полимеров. Зафиксирована корреляционная связь между стандартной и разработанной методиками испытаний.*

*Ключевые слова: адгезийная крепость, эпоксидные полимеры, корреляционная связь.*

*Savchuk P.P., Kashyckiy V.P., Savchuk L.A. The Particularities of the estimation adhesive strength of glue composition on base epoxy resins. The methods of estimation of adhesive strength of epoxy composites are analysed. New methodology of estimation of adhesive strength of epoxy polymers is offered. Cross-correlation connection is fixed between the standard and developed methods of researches.*

*Key words: adhesive strength, epoxy composites, correlation connection.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Однією із найважливіших характеристик клейових систем та полімерних зв'язуючих сполук є адгезійна міцність, зокрема здатність ефективно взаємодіяти з матеріалом субстрату або твердофазними армуючими складовими епоксидного композиційного матеріалу (ЕКМ). Метод “грибків”, що представляє собою статичний метод визначення міцності системи при рівномірному відриві чи зсуві, порівняно з

іншими методами [1, 2], здатний з високою точністю оцінити цю характеристику. Однак, для кращого розуміння клейових властивостей створеного матеріалу, необхідно в комплексі аналізувати структуру та дані інших отриманих величин [3, 4].

**Цілі статті.** Метою досліджень є оптимізація методик дослідження адгезійної міцності полімерних композиційних матеріалів на прикладі епоксидно-діанових олігомерів, а також оцінка їх ефективності.

Для формування ЕКМ використано епоксидно-діанову смолу ЕД-20, пластифікатори ПДЕА, ДЕГ-1 та твердник поліетиленполіамін (ПЕПА). Композиції формували шляхом почергового введення компонентів та їх механічного суміщення. Вміст інгредієнтів змінювали у масових частинах відносно 100 мас. ч. епоксидного полімеру. Сформовані зразки після тверднення протягом 24-х год при кімнатній температурі піддавали термічній обробці. Додаткову УЗ-обробку композицій здійснювали на промисловій установці за методикою [5].

Дослідження макро- та мікроструктури епоксидних композитів проводили на оптичному мікроскопі МБС-9 при збільшенні ( $\times 30-100$ ) та металографічному мікроскопі МІМ-10 ( $\times 100-600$ ) методом пластмасографічного аналізу [6]. Характер розвиненості поверхонь часток, розподіл структурних складових в об'ємі матеріалу, наявність дефектів в системі досліджували на модульному комплексі Dimic 1000, що являє собою цифрову оптичну 3D-систему аналізу зображень. Фізико-механічні характеристики визначали за стандартними методиками.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Адгезійно-міцнісні характеристики клейової системи, адгезійна здатність захисних покриттів на основі малонаповнених ЕКМ до матеріалу субстрату вимагають пошуку шляхів досягнення максимуму значень даної характеристики.

При її дослідженні найбільш дієвим є метод “грибків”, що дозволяє оцінити границю міцності при розтязі. Також достатньо багато інформації можна отримати при аналізі поверхонь руйнування клейового шва (рис. 1). Однак, отримані зображення при зоровому сприйнятті або скануванні та наступній цифровій обробці через існуючі світлові відтінки (сіра сталева основа та напівпрозорий полімер) не дають повної уяви про стан поверхні.

Для підвищення контрастності зображень розроблено

технологію з використанням індикативної речовини.

Оцінку адгезійної міцності проводять двома шляхами: вимірюванням адгезійної міцності методом розриву і новим методом оцінки адгезійної міцності за відсотковим співвідношенням площі поверхні розриву з допомогою комп'ютерної програми Photom 3.1.1. Оцінку адгезійної міцності епоксидних композитів шляхом кількісного аналізу клейового шва з допомогою комп'ютерного продукту Photom 3.1.1 здійснюють у такій послідовності:

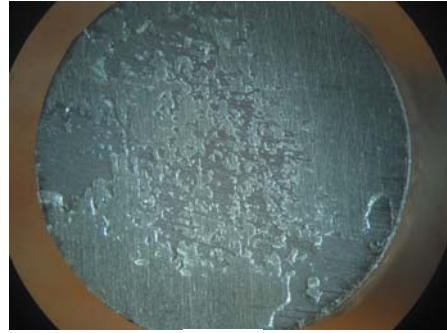
1. Формують епоксидну композицію відповідного складу.
2. ЕКМ з різними співвідношеннями масових частин наносять на попередньо підготовлені зразки (сталеві грибки) з подальшою його термічною обробкою.
3. Руйнування клейового шва проводять на розривній машині типу УУМ – 5, з швидкістю переміщення нижньої траверси – 2 мм/хв і площею поперечного перерізу зразка – 2 см<sup>2</sup>.
4. Для отримання контрасту між клейовою композицією і поверхнею металу проводять травлення першої шляхом нанесення на досліджувану поверхню індикаторної речовини (розчин йоду), оскільки він активно реагує з металом і практично не взаємодіє з епоксидним композитом. Після цього здійснюють технологічну витримку зразків протягом однієї доби з метою отримання чіткого зображення на поверхні адгезійного розриву.
5. З допомогою мікроскопа і цифрового фотоапарата фіксують зображення і переводять його в електронний варіант (рис. 2, а, б).
6. Обробка фотографії з зображенням поверхні адгезійного розриву проводять з допомогою комп'ютерної програми Adobe Photoshop, в якій зображення редагується і передається для остаточного аналізу в програму Photom 3.1.1 (рис. 3).

Програма Photom 3.1.1 призначена для кількісного відсоткового аналізу компонентів на зображенні, в даному випадку для кількісної оцінки полімерного шва після розриву та встановлення відсоткового співвідношення металу і епоксидного композиту. На основі отриманих даних оцінюють міцнісні характеристики клейового шва.

Дослідження адгезійної міцності епоксидного полімеру при введенні в композицію пластифікаторів двома різними методами призвели до отримання симбатних залежностей (рис. 4).

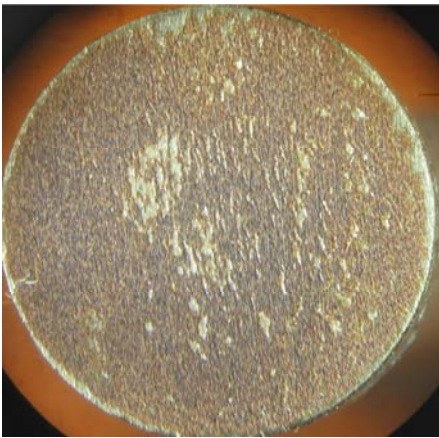


а)

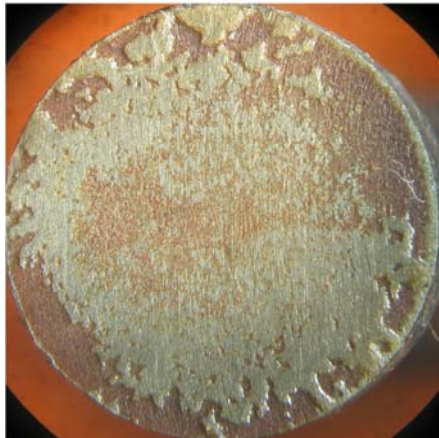


б)

Рис. 1. Характер руйнування клейового шва: а – адгезійний розрив; б – змішаний (когезійно-адгезійний) розрив



а)



б)

Рис. 2. Зображення поверхні клейового шва після нанесення індикаторної речовини: а – адгезійний розрив; б – змішаний (когезійно-адгезійний) розрив

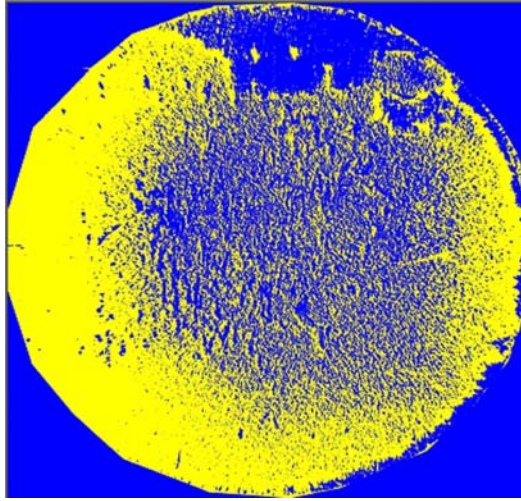


Рис. 3. Зображення поверхні клейового шва при обробці програмою Photom 3.1.1

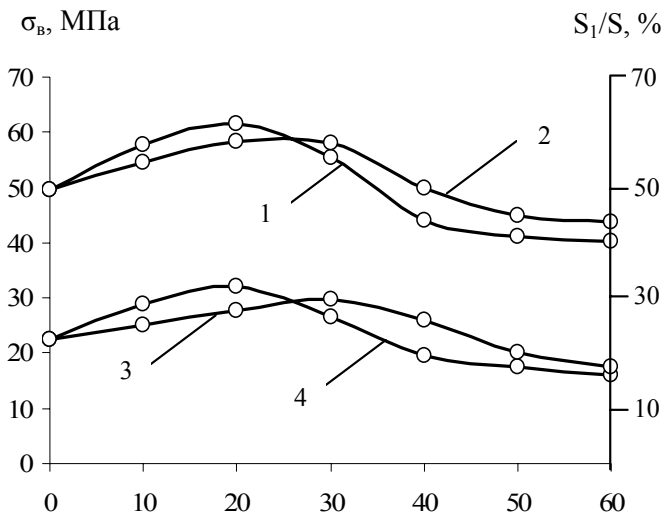


Рис. 4. Результати оцінки адгезійної міцності при розтязі методом “грибків” (1, 2) та за відсотковим співвідношенням площі поверхні розриву (3, 4): 1, 4 – пластифікатор ПДЕА; 2, 3 – пластифікатор ДЕГ-1

У випадку дослідження методом розриву результати адгезійної міцності отримували, виходячи з того, яке навантаження витримував клейовий шов. Відповідно, чим вище навантаження, тим вища адгезійна міцність. З рис. 4 видно, що найбільша міцність клейового шва спостерігається при вмісті пластифікатора ПДЕА близько 20 мас. ч., що пояснюється оптимальною щільністю структурної сітки в'язучого.

Результати вимірювання адгезійної міцності із пластифікатором ДЕГ-1 також підтвердили кореляційний зв'язок – екстремуми функцій зафіксовані при введенні інгредієнту в кількості 30 мас. ч.

Таким чином, можна стверджувати, що відповідні значення адгезійної міцності корелюють з когезійним характером руйнування клейового шва. Найбільші значення адгезійної міцності спостерігаються при вмісті пластифікаторів в концентраційному діапазоні 20-30 мас. ч.

**Висновки.** Проаналізовано методи оцінки адгезійної міцності епоксидних полімерів. Запропоновано новий метод оцінки адгезійно-міцнісних характеристик ЕКМ шляхом комплексного аналізу двовимірного цифрового зображення за допомогою програмного продукту Photom 3.1.1. Отримані результати показали кореляційний зв'язок між стандартною та розробленою методиками.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення можливостей застосування цієї методики для аналізу адгезійних характеристик ЕКМ з різним ступенем наповнення.

#### Література:

1. Аверко-Антонович И. Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров / И. Ю. Аверко-Антонович, Р. Т. Бикмуллин. – Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.
2. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
3. Савчук П. П. Методи оцінки структури модифікованих епоксидних композитів / П. П. Савчук // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2008. – Т. 13. – № 3. – С. 71–77.
4. Савчук П. П. Вплив технологічних параметрів на властивості епоксидних композиційних матеріалів / П. П. Савчук, А. Г. Косторнов, В. П. Кашицький // Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія хімія. – Івано-Франківськ: Гостинець, 2008. – Випуск VI. – С. 56–64.
5. Букетов А. В. Закономірності впливу обробки енергетичними полями зв'язуючого і наповнювачів на властивості епоксикомпозитних матеріалів для захисних покриттів: дис... д-ра техн. наук: 05.02.01 – Тернопіль: ТДТУ, 2007. – 337 с.
6. Савчук П. П. Пластмасографічний метод аналізу структур епоксидних композитів / П. П. Савчук // Доповіді НАН України. – №4. – 2009. – С. 96-99.

