

УДК 678.745.6:678.686

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ДЕФОРМАЦІЙ ЕПОКСИТІІРАНОВИХ КЛЕЇВ З МЕТАЛЕВИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

Сильченко О.Є., аспірант\*

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені  
Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062) 295-33-86

**Анотація** – роботу присвячено моделюванню розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив у зразках епокситііранових клеїв з металевими наповнювачами.

**Ключові слова** – епокситііранові клеї, наповнювач, адгезійна міцність, моделювання, деформація.

*Постановка проблеми.* На підприємствах харчових виробництв часто виникає необхідність у швидкому ремонті трубопроводів та корпусів різних технологічних апаратів. Для цього найчастіше використовують швидкотвердні клейові композиції, що характеризуються високою адгезійною міцністю, тепло-, водостійкістю, стійкістю до впливу мастил і розчинників, без усадки і розширення при отвердженні [1]. Функціональні характеристики таких клеїв залежать від складових та їх кількості, і, таким чином, можуть регулюватися. Дисперсне наповнення – прийом, що використовується у сучасній техніці з метою модифікації властивостей або здешевлення (коли частина цінного полімерного продукту замінюється більш дешевим наповнювачем) конструкційного матеріалу [2, 3]. Відомо, що у високонаповнених системах досягається значна зміна їхніх властивостей за рахунок варіювання фракційного складу наповнювача, розмірів і форми включень. Отже, структура в таких матеріалах значно впливає на їх ефективне використання.

В Україні швидкотвердні клеї представлені в основному зарубіжними виробниками, тому є актуальними дослідження, що спрямовані на розробку високонаповнених швидкотвердних епоксидних клейових композицій з підвищеними експлуатаційними властивостями для виконання термінових ремонтних робіт металевих виробів технологічного призначення на основі використання наявної більш дешевої вітчизняної сировинної бази.

---

© Сильченко О.Є., аспірант

\*Науковий керівник – к.т.н., професор Лойко Д.П.

Одним із основних етапів досліджень епоксидних клейових композицій є випробування зразків клейових з'єднань на зсув та рівномірний відрив [4]. Але при цьому не враховується розподіл деформацій, що виникають у клейовому шві. Дослідним шляхом це визначити практично неможливо, тому було прийнято рішення використовувати методи математичного моделювання. Визначення розподілу деформацій дасть змогу в майбутньому визначити оптимальні параметри клейового з'єднання.

*Аналіз останніх досліджень* показав, що на даний час моделювання розподілу деформацій у досліджуваних зразках, які виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив, не проводилось.

Виготовлення швидкотвердних клеїв є важливим завданням сучасного хімічного виробництва [5]. Важливо, які саме смоли використовуються як основний компонент. З цих позицій слід звернути увагу на тїранові сполуки. Вирішення цього питання є цікавим у декількох аспектах. По-перше, у вітчизняній промисловості тїрани не мають широкого практичного застосування, проте значні відомості про їх властивості [5-8] дозволяють вважати можливим впровадження епітіосполук у практику майбутнього. По-друге, інтерес до органічних сполук сірки обумовлений гострою необхідністю утилізації сірки, яку у великих кількостях отримують у процесі нафтопереробки. Результати експериментальних досліджень [9-14] показали принципову можливість створення епокситїранових клеїв з металевими наповнювачами.

*Формулювання цілей статті.* Метою даної роботи є моделювання розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив у зразках епокситїранових клеїв, що містять у своєму складі металеві наповнювачі.

*Основна частина.* Адгезійну міцність при зсуві ( $\tau_B$ ) і рівномірному відриві ( $\sigma_{р.в.}$ ) визначали на сталевих зразках згідно з ГОСТ 14759-69 «Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при сдвиге» та ГОСТ 14760-69 «Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при отрыве» відповідно. Об'єктами дослідження є зразки товщиною 100-150 мкм, що отримані в результаті отвердження наповнених епокситїранових смол.

Зразки клейових з'єднань кожної клейової композиції піддавали трьом випробуванням і розраховували середні значення показників адгезійної міцності при зсуві і рівномірному відриві (таблиця 1).

Дані таблиці показують, що наповнювачі суттєво впливають на адгезійні властивості клейових композицій. Найбільші значення показників адгезійної міцності клейових з'єднань при зсуві та рівномірному відриві має композиція з алюмінієвим наповнювачем.

Таблиця 1 – Результати випробувань адгезійної міцності клейових з'єднань при зсуві та рівномірному відриві

Склад композиції, мас. ч.	Адгезійна міцність клейових з'єднань					
	при зсуві, $\tau_b$ , МПа			при рівномірному відриві, $\sigma_{p.v.}$ , МПа		
	22°C/ 1 год	22°C/ 24год	22°C/ 168год	22°C/ 1 год	22°C/ 24 год	22°C/ 168 год
Тіран – 10 Отверджувач – 5	12,1	13,7	14,1	45,0	57,3	59,6
Тіран – 10 Алюмінієвий порошок – 10 + Отверджувач – 5 Алюмінієвий порошок – 10	12,0	15,0	17,9	60,0	78,0	79,8
Тіран – 10 Залізний порошок – 10 + Отверджувач – 5 Залізний порошок – 10	10,3	13,8	14,0	59,8	73,5	79,1
Тіран – 10 Мідний порошок – 10 + Отверджувач – 5 Мідний порошок – 10	9,2	12,0	12,3	60,4	76,1	77,6
Тіран – 10 Нікелевий порошок – 10 + Отверджувач – 5 Нікелевий порошок – 10	8,1	9,6	12,0	60,3	75,6	78,9

Моделювання розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив, проводилось із застосуванням методів кінцевих елементів за допомогою програмного комплексу ANSYS 14.0 (рис. 1, 2).

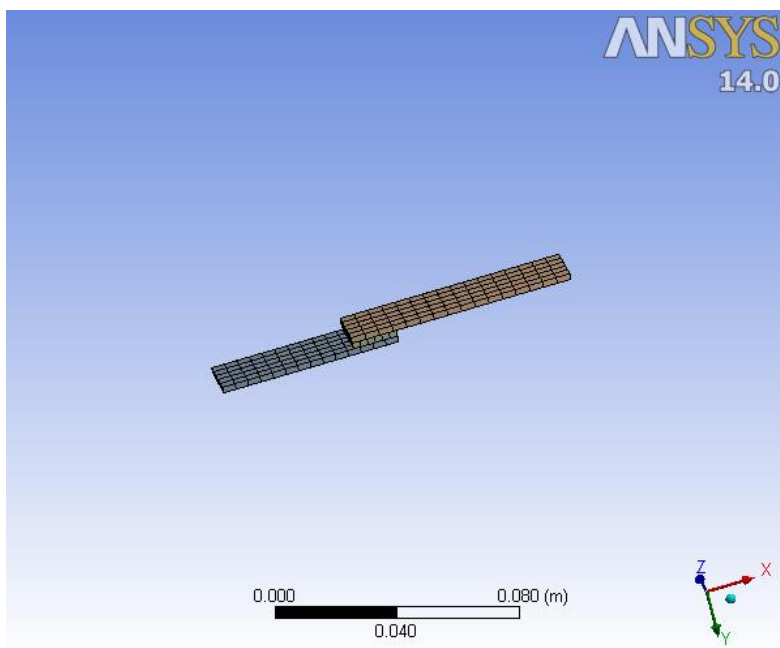


Рис. 1. Модель зразка для визначення межі міцності клейових з'єднань при зсуві.

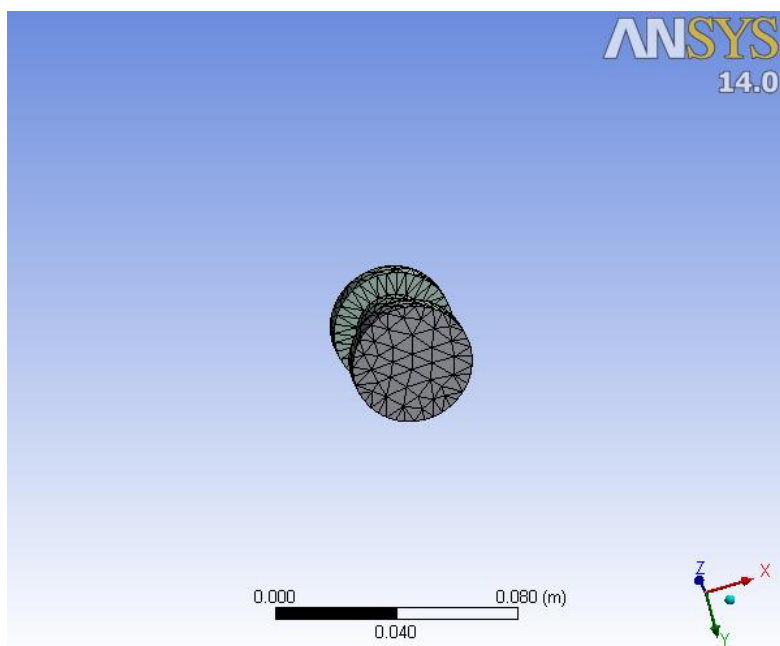


Рис. 2. Модель зразка для визначення межі міцності при рівномірному відриві.

Для моделювання експериментальних досліджень металевим пластинам були задані властивості сталі, а прошарку клею – властивості досліджуваного зразка епокситііранового клею з алюмінієвим наповнювачем; тип взаємодії пластин – «жорстке закріплення».

Відповідно до рис. 3 деформація, що виникає у клейовому з'єднанні під час випробувань на зсув, має рівномірний характер.

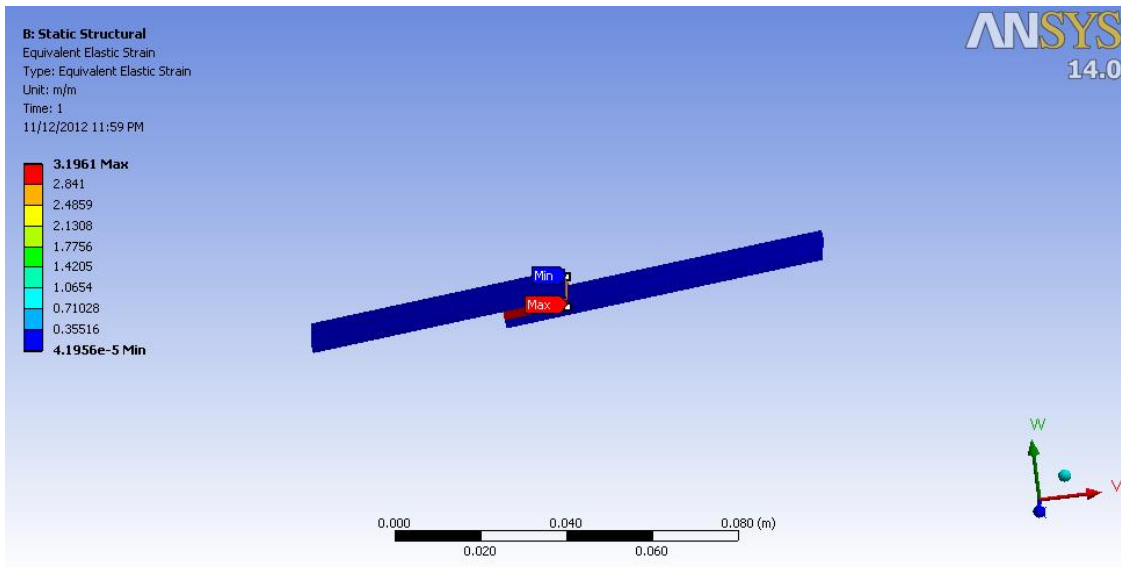


Рис. 3. Модель еквівалентної деформації при зсуві.

Відповідно до рис. 4 деформація, що виникає під час випробувань на рівномірний відрив, має нерівномірний характер.

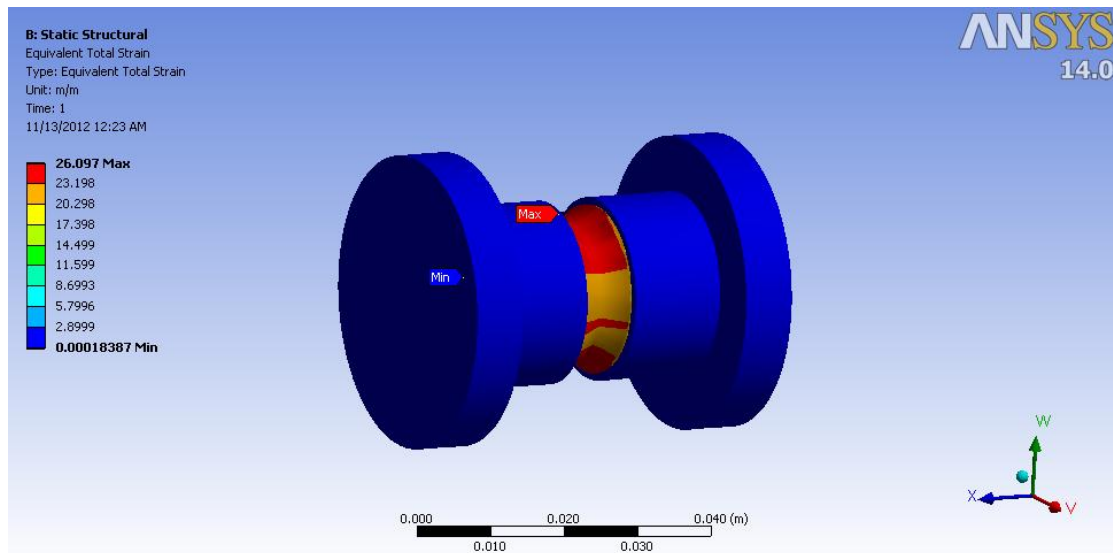


Рис. 4. Модель еквівалентної деформації при рівномірному відриві.

*Висновки.* Побудована кінцеелементна модель розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив у зразків епокситіранових клеїв, що містять у своєму складі алюмінієвий наповнювач, дозволила визначити розподіл деформацій, що виникають під час експериментальних

досліджень. Це дало змогу встановити, що під час експериментальних досліджень на зсув деформація розподіляється більш рівномірно, ніж під час випробувань на відрив.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є визначення на основі математичного моделювання оптимальних параметрів клейового з'єднання, що містять у своєму складі дрібнодисперсні порошки різних металів як наповнювачі.

#### Література:

1. *Лойко Д.П.* Перспективы применения быстро-отверждаемых эпоксидных клеевых композиций в промышленности / Д.П. Лойко, О.Е. Сильченко // Управление торговлей: теория, практика, инновации: материалы III Между-народной научно-практической конференции. М.: РУК. – 2010. – С. 127-131.
2. *Вильнав Ж.-Ж.* Клеевые соединения / Ж.-Ж. Вильнав. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
3. *Кербер М.Л.* Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер, В.М. Виноградова, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
4. *Петрова А.П.* Клеящие материалы. Справочник / Под ред. чл.-корр. РАН, д-ра техн. наук Е.Н. Каблова, д-ра техн. наук С.В. Резниченко. – М.: ЗАО «Редакция журнала «Каучук и резина», 2002. – 196 с.
5. *Сильченко О.Є.* Ринок клеїв / О.Є. Сильченко, О.С. Попова // Ринок непродовольчих товарів України: реалії та перспективи: монографія: в 3 т. / кол. авт.: О.О. Шубін, О.М. Азарян та ін.; за наук. ред О.О. Шубіна; М-во освіти і науки України, Донец. нац. Ун-т економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. – Донецьк: [ДонНУЕТ], 2010. – Т. 3 – С. 349-372.
6. *Фокин А.В.* Реакционная способность эпитисоединений / А.В. Фокин, А.Ф. Коломиец // Успехи химии. – 1976. – № 1. – С. 71-105.
7. *Фокин А.В.* Химия тиранов / А.В. Фокин, А.Ф. Коломиец. – М.: Наука, 1978. – 343 с.
8. *Фокин А.В.* Новое в химии тиранов / А.В. Фокин, М.А. Аллахвердиев, А.Ф. Коломиец // Успехи химии. – 1990. – № 5. – С. 705-737.
9. *Сильченко О.Е.* Тиоглицидиловые эфиры для быстроотверждаемых эпоксидных композиций / О.Е. Сильченко, Л.Д. Карат, Т.И. Григоренко, Ю.С. Кочергин, Е.Э. Самойлова // Композиционные материалы в промышленности: материалы Тридцатой Юбилейной международной конференции. – Киев: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2010. – С. 153-155.

10. *Silchenko O.E.* Fast-setting epoxy compositions on the base of thioglycidyl ethers / O.E. Silchenko, L.D. Karat, T.I. Grigorenko, Y.S. Kochergin // *Polymers of Special Applications: Abstracts of VI Ukrainian-Polish scientific conference.* – Dnipropetrovsk, 2010. – P. 88.

11. *Сильченко О.Є.* Деформаційно-міцнісні властивості епокситиранових клейових композицій / О.Є. Сильченко // *Товарознавство і торгівля в умовах глобалізації економіки: проблеми та досвід: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – С. 78-80.

12. *Кочергин Ю.С.* Свойства клеевых композиций на основе тирана / Ю.С. Кочергин, Л.Д. Карат, Т.И. Григоренко // *Клеи. Герметики. Технологии.* – 2012. – №12. – С. 2-8.

13. *Сильченко О.Є.* Функціональні властивості епокситиранових клеїв, наповнених металевими порошками / О.Є. Сильченко // *Товарознавство та інновації: зб. наук. пр. Вип. 4 / Голов. ред. О.О.Шубін.* – Донецьк : ДонНУЕТ, 2012. – С. 131-138.

14. *Сильченко О.Є.* Розробка епокситиранових клеїв побутового призначення / О.Є. Сильченко // *Актуальні питання сучасного товарознавства : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. – С. 91-93.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЭПОКСИТИРАНОВЫХ КЛЕЕВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

Сильченко О.Е.

**Аннотация – работа посвящена моделированию распределения деформаций, возникающих во время испытаний на сдвиг и равномерный отрыв в образцах эпокситирановых клеев с металлическими наполнителями.**

## **MODELING OF DISTRIBUTION OF DEFORMATIONS EPOXY ADHESIVES ON THE BASE OF THIIRANES WITH METAL FILLINGS**

O. Sylchenko

### *Summary*

**Work is devoted to the modelling of distribution of deformations arising at the time of testing on shift and even the difference in the samples adhesives on the base of thiiranes with metal fillings.**