

УДК 629.7.02:539.67

Мозговий О.В., канд. техн. наук, доцент  
Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського, [mavimfto@gmail.com](mailto:mavimfto@gmail.com)

## ВПЛИВ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОМОДИФІКАТОРІВ НА РОЗСПОВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОЛІМЕРНИМИ ВУГЛЕПЛАСТИКАМИ

Досліджувався вуглепластик на основі вуглецевої тканини УТ 900 саржевого плетіння і високомодульної односпрямованої вуглецевої стрічки ЕЛУР. Зв'язуючим була епоксидна термореактивна смола ЕД20. Вуглепластики отримували методом викладки з подальшим гарячим пресуванням.

Модифікували вуглепластики з метою підвищення їх фізико-механічних характеристик стандартними вуглецевими нанотрубками (ВНТ) та вуглецевими наночастинками (ВНЧ). Використання технології ультразвукового перемішування дозволило отримати рівномірне розподілення вуглецевих наномодифікаторів у епоксидному зв'язуючому. Вміст наномодифікаторів у зв'язуючому складав 1,3 – 1,5% мас. (4 – 5 % мас. по зв'язуючому).

Внутрішнє тертя композитів вимірювали оберненим крутильним маятником (частота близько 1 Гц) при збільшенні та зменшенні амплітуди деформації. Механічні згасаючі коливання звукової частоти зразків із ПКМ вивчали на спеціально виготовленій установці, що дозволяє записувати розгортку затухаючих коливань на комп'ютер [1] і подальшій обробці отриманих даних розробленою програмою Damping.

У роботі [2] показано, що величина розсіювання механічної енергії залежать від складу і структури вуглецевих гібридних полімерних композиційних матеріалів (ПКМ).

Використання у невеликій кількості (1,3-1,5% мас.) вуглецевих наномодифікаторів ВНТ та ВНЧ при збереженні густини призвело до збільшення модуля пружності на 50-60% у порівнянні з вихідним ПКМ на основі армуючої вуглецевої тканини УТ 900 та зв'язуючого ЕД20. Дослідження амплітудної залежності внутрішнього тертя (АЗВТ) не виявили великого впливу величини змінної деформації на розсіяння механічної енергії усіх досліджуваних вуглекомполімерів. Спостерігається незначне зростання величини внутрішнього тертя у досліджуваному діапазоні амплітуд: для вихідного ПКМ і з модифікатором ВНТ на 10-12% і для вуглепластика з модифікатором ВНЧ на 20-25%.

Збільшення і зменшення амплітуди деформації під час вимірювання АЗВТ викликало не велику різницю величини розсіяння механічної енергії для вихідного ПКМ і з модифікатором ВНТ. При цьому спостерігається неспівпадання кривих при збільшенні та зменшенні амплітуди деформації. Криві при зменшенні деформації проходять вище кривих, які отримані при збільшенні амплітуди деформації. Для вуглепластика з армуючою вуглетканиною УТ 900 і модифікатором ВНЧ та односпрямованого вуглепластика з вуглецевою армуючою стрічкою ЕЛУР і модифікатором ВНЧ неспівпадання кривих при збільшенні і зменшенні амплітуди деформації не спостерігається.

Введення вуглецевих нанотрубок у вуглепластик викликало підвищення фізико-механічних характеристик композиту – збільшення модуля пружності і при цьому появились додаткові центри розсіяння механічної енергії. Величина внутрішнього тертя зросла на 16%.

Вуглецеві наночастинки викликали невелике збільшення інтенсивності АЗВТ порівняно з вихідним ПКМ і модифікаторами ВНТ. Величина внутрішнього тертя композиту, армованого вуглетканиною УТ 900, у всьому діапазоні амплітуд деформації, у три рази більше за розсіяння механічної енергії односпрямованим вуглекомполімером, який армовано вуглецевою стрічкою ЕЛУР.

Дослідження у звуковому діапазоні проводили на спеціальній установці. Криві затухаючих поперечних коливань представлені на рис. 1.

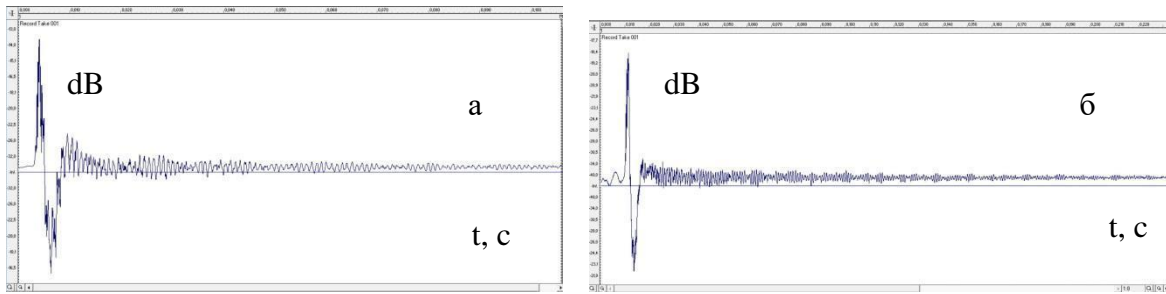


Рис. 1 – Графік затухаючих коливань – вуглепластик з армуючою вуглетканиною УТ 900 – 64,8% мас (а) і 52,9 % мас (б) – перший вимір

Із рисунку видно, що затухання відбуваються досить швидко. На характер ходу кривих має вплив відсоток армуючої вуглетканини.

Зменшення армуючої вуглетканини УТ 900 – до 68,4% мас з 69,6% мас і введення вуглецевих нанотрубок у полімерну матрицю до 1,5% мас збільшили швидкість затухання до 0,07 секунди в порівнянні з попереднім матеріалом де відсутні модифікатори ВНТ (рис. 2).

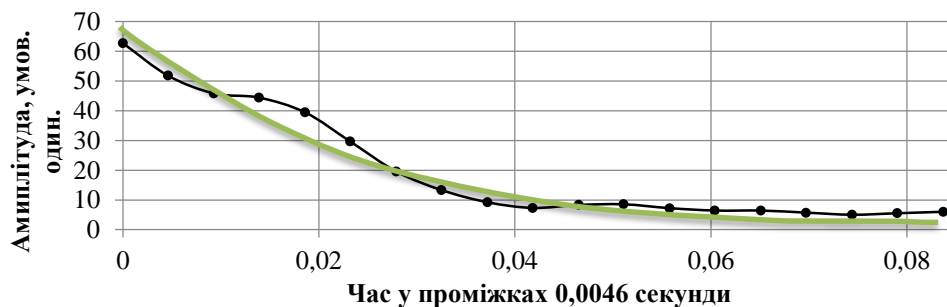


Рис. 2 – Зміна амплітуди затухаючих коливань вуглепластик - армуюча вуглетканина УТ 900 – 68,4 % мас. зв'язуюче ЕД 20 – 30,1 % мас. Модифікатор ВНТ 1,5% мас (5% мас. по зв'язуючому)

При цьому спостерігається незначне зростання середнього значення логарифмічного декременту. Частота коливань не змінюється до часу 0,03 с від початку затухання, а далі поступово зменшилась на 14%.

Регулюючи вміст матриці кількістю модифікаторів і кількістю армуючих елементів можна отримувати з необхідною величиною міцнісні і демпфуючі властивості композиту, здатність розсіювати енергію при не великих амплітудах коливань.

Проведені дослідження показали перспективність введення наномодифікаторів, які дозволяють поліпшити експлуатаційні властивості вуглекомполімерів, наприклад, трохи збільшуючи розсіяння механічної енергії. Наявність армуючої вуглетканини УТ 900 спричиняє більші втрати механічної енергії у ПКМ порівняно зі односпрямованим вуглекомполімером з армуючою стрічкою ЕЛУР.

#### Список посилань

1. Богуслаєв О. В. Діагностика лопаток ГТД звуковим методом [Текст] / О. В. Богуслаєв, О. В. Мозговий, С. В. Мозговий, А. Я. Качан, А. В. Тітов // Вісник двигунобудування, 2004. – № 1. – С. 148 – 150.
2. Вишняков Л. Р. Демпфирующие свойства гибридных полимерных композиционных материалов на основе углеродных и базальтовых волокон [Текст] / Л. Р. Вишняков, А. В. Мозговой, Б. Н. Синайский, В. П. Мороз // Композитные материалы. Международный научно-технический сборник. Днепропетровск : ДГАУ, 2010. – Т.4. – №1. – С. 58 – 60.