

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИНТЕГРАНУ ВІД ЧАСТОТИ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ

М.О. Голофеева, В.М. Тонконогий, Т.О. Редько Дослідження залежності дисипативних властивостей синтеграну від частоти вимушених коливань. Розглянуто метод дослідження характеристик розсіювання енергії, заснований на зв'язку декременту затухання коливань та швидкості розповсюдження ультразвуку в матеріалі. Отримана залежність декременту затухання коливань від швидкості розповсюдження ультразвукових хвиль в синтеграні. Доведена можливість використання описаного методу дослідження при визначенні частотної залежності дисипативних характеристик матеріалу та отримана залежність декременту затухання в синетграні від частоти вимушених коливань.

Ключові слова: синтегран, дисипативні властивості, декремент затухання коливань, ударний акустичний метод, частотна залежність.

М.А. Голофеева, В.М. Тонконогий, Т.О. Редько Исследование зависимости диссипативных свойств синтеграна от частоты вынужденных колебаний Рассмотрен метод исследования характеристик рассеивания энергии, основанный на связи декремента затухания колебаний и скорости распространения ультразвука в материале. Получена зависимость декремента затухания колебаний и скорости распространения ультразвуковых волн в синтегране. Доказана возможность использования описанного метода исследования при определении частотной зависимости диссипативных характеристик материала и получена зависимость декремента затухания в синтегране от частоты вынужденных колебаний.

Ключевые слова: синтегран, диссипативные свойства, декремент затухания колебаний, ударный акустический метод, частотная зависимость.

M.A. Golofeyeva. Budgeting uncertainties in ultrasonic quality control of products from sintegran. The international approach to evaluating the quality of measurements, including the common practice international rules of expressing the uncertainty of measurements and their summation, is considered. The budget of uncertainties in the ultrasonic method of quality control of products from sintegran is compiled.

Keywords: uncertainty, sintegran, acoustic monitoring method, the ultrasonic beam refraction.

Дослідження демпфуючої спроможності синтеграну за допомогою відомих методів може призвести до суттєвих похибок. Це пов'язано з неоднорідністю матеріалу, а відповідно, із складними процесами розсіювання енергії. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки методів експериментального визначення дійсних значень характеристик дисипації енергії [1].

Метод дослідження динамічних властивостей синтеграну заснований на взаємозв'язку декременту затухання коливань та швидкості розповсюдження ультразвуку в матеріалі. При виявленні залежності дисипативних властивостей від модуля пружності використовувався метод регресійного аналізу, тобто статистичний метод дослідження впливу однієї або декількох незалежних змінних на залежну змінну. Отримана в результаті аналізу залежність декременту затухання коливань від модуля пружності синтеграну, наведена на рисунку 1.

В результаті аналізу було встановлено, що найкраще зв'язок декременту затухання коливань в синтеграні та модуля пружності описується поліноміальною моделлю:

$$\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \cdot E^2 - 0.0017 \cdot E + 0.0328 , \quad (1)$$

де λ – декремент затухання колебаний;

E – модуль упругости материала, ГПа.

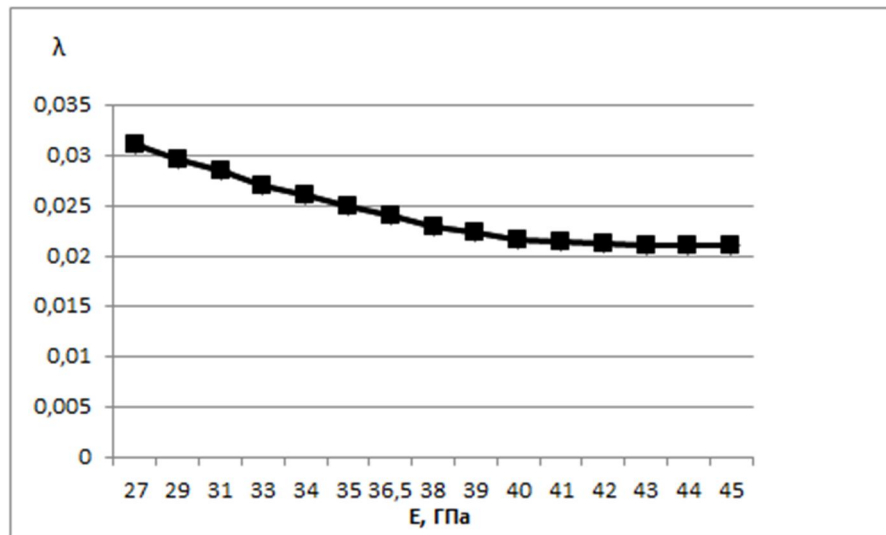


Рисунок 1 – Залежність декременту затування коливань від модуля пружності синтеграну

Стосовно швидкості розповсюдження поперечної ультразвукової хвилі в контрольованому середовищі, тобто в синтеграні, то її можна розрахувати за формулою, наведеною в [2].

$$C = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}} \quad (2)$$

де C – швидкість розповсюдження поперечної ультразвукової хвилі в синтеграні, м/с;
 ρ – щільність синтеграну, кг/м³,
 ν – коефіцієнт Пуассона.

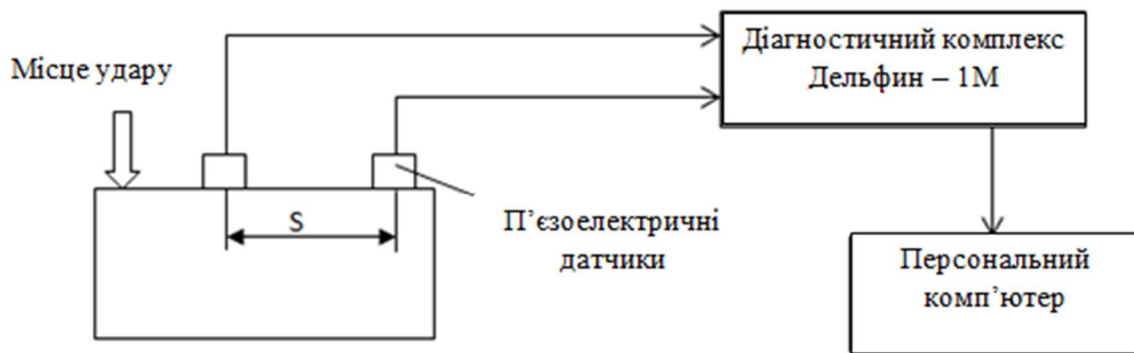
Підставивши формулу (2) у формулу (1) отримуємо залежність декременту затування коливань від швидкості ультразвукових хвиль в синтеграні:

$$\lambda = 24 \cdot 10^{-5} \cdot \rho^2 \cdot (1+\nu)^2 \cdot C^4 - 0.0034 \cdot \rho \cdot (1+\nu) \cdot C^2 + 0.0328 \quad (3)$$

На рисунку 2 представлена схема вимірювання швидкості ультразвукової поперечної хвилі, що проходить через зразок матеріалу.

З літературних джерел відомі частотні залежності модулю пружності матеріалів, а відповідно і швидкості ультразвукових хвиль, що розповсюджуються в них. Тому можна констатувати чутливість методу вимірювання декременту затування коливань до змінення параметрів коливань об'єкту дослідження.

Зразок із синтеграну консольно закріплюється на вібростолі, який дозволяє змінювати частоту коливань. На зразкові, на фіксованій відстані S (база прозвучування) встановлюються ідентичні за розмірами та масою віброакустичні п'єзоелектричні датчики АВС 117, за допомогою яких отримуються сигнали, що пропорційні переміщенню. Вимірювання декременту затуванні коливань проводиться ударним ультразвуковим методом. Під час вимірювання зразок здійснює коливальний рух з частотою, що задається вібростолом.



S – база прозвучування

Рисунок 2 – Схема вимірювання швидкості ультразвуку

Сигнали з датчиків вводяться до блоку електроніки діагностичного комплексу «Дельфин – 1М», що забезпечує комутацію, узгодження, попередню фільтрацію та введення вимірювальних даних до комп'ютера за допомогою аналогово-цифрового перетворювача. Частота опитування кожного каналу – 70000 раз на секунду.

Швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль в синтетрані визначається імпульсним методом за різницею в часі сигналів від віброакустичних датчиків у відповідності із формулою:

$$C = \frac{S}{\Delta t}, \quad (4)$$

где S – відстань між датчиками (база прозвучування), м;

$\Delta t = t_1 - t_2$ – різниця в часі сигналів від віброакустичних датчиків, с;

t_1 и t_2 – час надходження ультразвукового сигналу на перший та другий датчик відповідно, с.

Дослідження декременту затухання коливань проводилися на частотах 1750 Гц, 1800 Гц, 1850 Гц та 1920 Гц. На кожній частоті виконано по п'ять вимірювань. Результати наведені в таблиці.

Таблиця – Результати вимірювання декременту затухання коливань λ на різних частотах

Частота коливань, Гц	1750	1800	1850	1920
λ , дослід 1	0,025	0,026	0,028	0,029
λ , дослід 2	0,025	0,026	0,028	0,030
λ , дослід 3	0,026	0,027	0,029	0,031
λ , дослід 4	0,026	0,027	0,029	0,028
λ , дослід 5	0,026	0,027	0,028	0,030
Середнє значення	0,0256	0,0266	0,0284	0,0296
Стандартне відхилення	0,00055	0,00055	0,00055	0,00114

Обробка результатів вимірювання була проведена при довірчій ймовірності 0,95. Випадкова похибка вимірювання становить:

$\Delta\lambda = 0,0015$ – при вимірюваннях з частотою вимушених коливань 1750 Гц, 1800 Гц та 1850 Гц;

$\Delta\lambda = 0,0032$ – при вимірюваннях з частотою вимушених коливань 1920 Гц.

З результатів вимірювання видно, що декремент затухання коливань збільшується з ростом частоти коливань зразка. На рисунку 3 представлена залежність вказаних величин.



Рисунок 3 – Залежність декременту затування коливань від частоти

В результаті аналізу було виявлено, що найкраще залежність декременту затування коливань від частоти описується поліноміальною моделлю:

$$\lambda = 5 \cdot 10^{-5} f^2 + 0.0011f + 0.0244 , \quad (4)$$

де f – частота вимушених коливань

Висновки:

Розглянутий метод дослідження характеристик розсіювання енергії заснований на зв'язку декременту затування коливань та швидкості розповсюдження ультразвукових хвиль в матеріалі. Отримана залежність декременту затування коливань від швидкості ультразвукових хвиль.

Доведена можливість використання описаного методу дослідження при визначенні частотної залежності дисипативних характеристик матеріалу та отримана залежність декременту затування в синтеграні від частоти вимушених коливань.

Література:

1. Экспериментальные методы исследования динамических свойств композиционных структур / Пелех Б.Л., Салык Б.И.; Отв. ред. В.В. Васильев; АН УССР Ин-т прикладных проблем механики и математики. – Киев: Наук. думка, 1990. – 136 с. – ISBN 5-12-0011312-0.
2. Голофеева М.А. Акустический метод контроля синтеграновых изделий // Проблемы техники. - 2013. - №3. - С. 119 – 124.

References

1. Eksperimental'nye metody issledovania dinamicheskikh svoystv kompozitsionnykh struktur / Peleh B.L., Salyak B.I.; Otv. red. V.V. Vasil'ev; AN USSR In-t prikladnyh problem mehaniki I matematiki. – Kiev: Nauk. dumka , 1990. – 136 s. – ISBN 5-12-0011312-0.
2. Golofeyeva M.A. Akusticheskiy metod kontrolya sintegranovykh izdeliy [Acoustic method of control of sintegranov's wares] // Problemy tehniki [Problems of Technics]. – 2013. - №3 – S. 119-124.

.....