

## ВПЛИВ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ НА ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕННЯ НЕПРУЖНИХ ЕФЕКТІВ У ВОЛОКНИСТОМУ КОМПОЗИЦІЙНОМУ МАТЕРІАЛІ АД-33В

<sup>1</sup>ДНЗ «Вище професійне училище №7 м. Вінниця»

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет. Кафедра загальної фізики

### Анотація

Методом механічної спектроскопії було діагностовано стан дефектної структури ВКМ АД33-В. Встановлено, що параметри амплітудної і температурної залежності внутрішнього тертя дають можливість визначити величину попередньої деформації ВКМ на основі алюмінію.

**Ключові слова:** волокна бору, композиційні матеріали, субструктурне зміцнення, внутрішнє тертя, дислокації, термоциклювання.

### Abstract

The method of mechanical spectroscopy is to diagnose the condition of the defected structure of fibrous composite materials AD33-B. The parameters of amplitude and temperature depend on internal friction which can determine the amount of composites deformation based on aluminum.

**Key words:** boron fibers, composite materials, sub-structural reinforcement, internal friction, dislocations, thermocycling.

### Вступ

Пошук і розробка науково обґрунтованих, принципово нових прогресивних технологій обробки металічних матеріалів на підставі знання механізмів і кінетики структурних і фазових перетворень, що в них відбуваються, з врахуванням стану кристалічної ґратки, наявності дефектів структури, процесів їх взаємодії і перерозподілу допомагає швидко і якісно вирішити задачу поліпшення техніко-економічних і міцнісних характеристик конструкційних матеріалів при створенні нової прогресивної техніки і реалізації ресурсозберігаючого напрямку в розвитку економіки. Важливе значення в процесі виготовлення і експлуатації авіаційної і космічної техніки займає діагностика пошкодження конструкційних матеріалів а також волокнистих композиційних матеріалів (ВКМ). Механічна спектроскопія дозволяє отримати дані про зміну дислокаційної структури та інших дефектів, що зумовлюють виникнення дефектних структур і зміцнення матеріалів.

### Результати дослідження

Дослідження проводилися на ВКМ з алюмінієвою матрицею, яка була армована волокнами бору. Об'ємна доля волокон складала для АД33-В – 45%. Внутрішнє тертя вимірялося в інтервалах температур 800-300 К. Дослідження проводилися на релаксаторі типу оберненого крутильного маятника. Амплітуда деформації кручення була  $(1 - 155) \cdot 10^{-5}$ , частота коливань – 1Гц. Зразки вирізалися електроіскровим методом з різних місць П - подібного ребра жорсткої стрінгерної панелі, при виготовленні якої використовувався волокнистий композиційний матеріал АД33-В. Суть режимів термоциклювання полягала в утворенні підвищеної щільності дислокацій в композиті з наступним перерозподілом даних дислокацій і утворенням даної субструктури. Вимірюючи характеристики АЗВТ (критичні амплітуди деформації, тангенс кута нахилу АЗВТ), виходячи з теорії Келера-Гранато-Люкке, які прямо пов'язані з параметрами дислокаційної структури (величиною енергії зв'язку дислокаційної лінії з точковими дефектами і вузлами дислокаційної стінки, довжиною сегментів і щільністю дислокацій), тому механічна спектроскопія дозволяє оцінити весь комплекс характеристик

дислокаційної структури, а також простежити за їх розвитком під дією температурно-часових і силових факторів.

Під час термічних, термоциклічних обробок, в процесі пластичної деформації у матриці утворюється велика кількість дефектів (дислокацій). А також під час виготовлення П - подібного ребра жорсткої стрінгерної панелі різні місця зазнавали не однакою величину попередньої деформації, тому криві амплітудно-залежного і температурно-залежного внутрішнього тертя вирізаних з різних місць мали відмінний хід кривих.

В зразках які вирізані з місця 1 чітко проявлявся перегин при амплітуді деформації  $\gamma_{кр2}=(60-65) \cdot 10^{-5}$ , при якій розпочинається процес утворення і розмноження дислокацій і поява дислокаційних петель ( друга критична амплітуда).

Для зразків з місць 2 спостерігається два перегина ( при  $\gamma=35 \cdot 10^{-5}$  і  $\gamma=69 \cdot 10^{-5}$ ). В місцях 3 і 4, які відповідають найбільшій щільності дислокацій утворюється найбільша кількість перегинів.

Величина  $\tan \alpha$  для останнього перегибу АЗВТ з місць 3 і 4 менше, ніж для місць 1 і 2. Це пов'язано із закріпленням дислокацій окремими атомами. Закріплення дислокацій підтверджується зростанням другої критичної амплітуди деформації. При нагріванні на температурній залежності внутрішнього тертя спостерігається чіткий ефект поглинання механічної енергії при температурі 475 К. Для зразків з місць, які зазнавали більшої попередньої деформації даний ефект зміщувався в бік зростання амплітуди (486 К). На кривих ТЗВТ спостерігається гістерезис нагрівання і охолодження. Величина площі якого залежить від величини залишкових напружень, що підтверджує експеримент.

Оскільки алюмінієва матриця і волокна бору мають різні коефіцієнти температурного розширення під час термоциклювання, тому в композиті виникають напруження, які зумовлюють пластичну деформацію.

### Висновки

Методом механічної спектроскопії було діагностовано стан дефектної структури ВКМ АД-33-В. Встановлено параметри амплітудної і температурної залежності внутрішнього тертя які дають можливість визначити величину попередньої деформації ВКМ на основі алюмінію.

Виявлено, що в місцях які піддавалися найбільшій деформації, під час виготовлення стрінгерної панелі із армованої алюмінієвої пластини уже при першому нагріванні формується субструктура, яка і обумовлює їх зміцнення. Сформована субструктура знаходиться в значних полях внутрішніх напружень. Нагрівання і охолодження так композитів супроводжується активним перерозподілом дислокацій в об'ємах субзерен.

Запропоновані оптимальні режими термоциклювання, що обумовлюють формування в компонентах субструктури за механізмами полігонізації та коміркової фрагментації, а відтак істотно підвищують їх жароміцні властивості.

У зв'язку з різними коефіцієнтами термічного розширення матеріалів волокна і матриці в зразках композитів виникають значні термічні напруги, які при підвищених температурах викликають пластичну течію матриці, що обумовлює релаксацію напружень.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зузяк П. М. Явления поглощения энергии в метастабильных материалах. Физика твердого тела. Киев – Донецк:Высшая школа, 1988. Вып.18.С. 32-40.
2. Лисий М. В. Субструктурне зміцнення волокнистих композиційних матеріалів /М. В. Лисий, П. М. Зузяк, Ю. О.Чернуха, В. М. Сайчук // Металлофизика и новейшие технологии, 2003 – №3. – С.279 – 285.
3. Karbivskiy O.F. Impact of thermocycling on aluminum alloy polygonal structure / O.F.Karbivskiy, A. I. Biliuk, M.V.Lysiy, V.I.Savulyak //Tehnomus.-2017,Romania.- S. 117-122.

*Лиса Галина Василівна* – викладач фізики вищої категорії, «викладач-методист» Державного навчального закладу «Вище професійне училище №7 м. Вінниці».

*Лисий Михайло Вікторович.* – доцент кафедри фізики, кандидат фізико-математичних наук, ВНТУ, E - mail: m.lysyi64@gmail.com.