

ВПЛИВ ЦИКЛІЧНИХ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВНУТРІШНЄ ТЕРТЯ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ АМГ6-В, ТА АД1-В.

¹Вінницький національний технічний університет

²ДНЗ «Вище професійне училище №7 м.Вінниці»

Анотація: Експериментально досліджено вплив циклічних динамічних навантажень на внутрішнє тертя волокнистого композиційного матеріалу з алюмінієвою матрицею з метою досягнення більш зміцненого стану для розширення підвищених експлуатаційних характеристик.

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

Abstract: The effect of cyclic dynamic loads on the internal friction of a fibrous composite material with an aluminum matrix was experimentally investigated in order to achieve a more strengthened state for the expansion of enhanced performance characteristics.

Keywords: composite materials, sub-structural reinforcement, internal friction, dislocations, thermocycling.

Вступ

Волокнисті композиційні матеріали (ВКМ) – дуже перспективна група матеріалів, яка широко використовується в різних галузях науки і техніки. Розширення області використання ВКМ висуває високі вимоги до методів контролю і дослідження їх властивостей, так як можливість підвищити їх статистичну міцність в поперечному, відносно армуючи волокон, напрямі і циклічну міцність вздовж волокон лімітується головним чином властивостями матриці.

Результати досліджень

В роботі, як метод впливу на структурні зміни в матеріали, використано циклічні динамічні навантаження і як інформативний – динамічний метод неруйнівного контролю, метод внутрішнього тертя. Висока структурна чутливість, точність і універсальність методу дозволяє отримати за допомогою нього інформацію про структуру і властивості матеріалу, отримання якої за допомогою інших методів дуже важке або взагалі неможливе. Вимірювані характеристики АЗВТ (критичні амплітуди деформацій, температура конденсації та тангенс кута нахилу АЗВТ, згідно теорії Келера-Гранато-Люкке прямо зв'язані з параметрами дислокаційної структури (величина енергії зв'язку дислокаційної лінії з точковими дефектами і вузлами дислокаційної стінки, довжиною сегментів і щільністю дислокацій). Циклічні динамічні навантаження полягають у циклічних деформаціях матеріалу із збільшенням кожного разу амплітуди деформації до певного її максимального значення (один цикл).

Амплітудні залежності внутрішнього тертя (АЗВТ) і дефект модуля (квадрат частоти) ВКМ АМГ6-В, АД1-В і алюмінієвого сплаву АМГ6 в процесі циклічних динамічних навантажень вимірювались на релаксаторі типу оберненого крутильного маятника. Зразки вирізали електроіскровим методом із листа ВКМ, виготовленого дифузійним спіканням під тиском шарів фольги алюмінію і одно напрямлених волокон бору. Об'ємний вміст волокон 45%, $f=0,5^2$ Гц, $\gamma=1\ldots 170\cdot 10^{-5}$.

Армування алюмінію борними волокнами значно змінює його поведінку в процесі циклічної зміни динамічних навантажень. При невеликих амплітудах деформації ($\gamma=2\cdot 10^{-4}$) величина фону внутрішнього тертя ВКМ АД1-В (рисунок 1, крива 1) починає зростати після двох циклів, а для АМГ6-В (рисунок 1, крива 3) вона збільшилась приблизно в 1,5 рази після першого циклу і, трохи зменшившись, далі не змінювалась. Для сплаву АМГ6 (рисунок 1, крива 5) фон повільно зменшується. Потім, після чотирьох циклів, поступово зростає.

На рисунку 2 показана зміна тангенса кута нахилу ($tg\alpha$) амплітуднозалежної кривої внутрішнього тертя для системи АМГ6-В, який характеризує інтенсивність відриву дислокацій від точок

закріплення. На початку циклювання величина tga найбільша. Потім, в процесі циклічної заміни динамічних навантажень, tga поступово зменшується. Після 5 циклів величина його падає майже на 50%. При цьому модуль зсуву зростає на 20-30% при малих амплітудах деформації і підвищується на 40% після амплітуд $\gamma=12 \cdot 10^{-4}$.

Зменшення тангенса кута нахилу АЗВТ, а також збільшення модуля зсуву критичних амплітуд деформації свідчить про зміцнення матеріалу за рахунок перерозподілу дислокацій в процесі динамічного циклювання. У армованих системах матричний матеріал знаходиться в полі значних залишкових напруг внаслідок наявності армуючих волокон. Тому на початку циклювання дислокації вакансії набувають деякої рухливості і при цьому значення кута нахилу АЗВТ зростає. Наступне циклювання призводить до генерації нових дислокацій і їх закріплення, що викликає зміцнення досліджуваного матеріалу.

Циклічні динамічні навантаження по різному впливають на величину демпфуючих властивостей досліджуваних матеріалів. Сплав АМг6 при малих амплітудах деформації має невеликі демпфуючі властивості, які в процесі циклювання змінюються мало (рисунок 1, криві 5,6). Введення борних волокон в сплав викликало підвищення демпфуючих властивостей ВКМ приблизно в 5 разів (рисунок 1, крива 3,4). Збільшення кількості циклів показало (рисунок 3), що при $\gamma=6 \cdot 10^{-4}$ циклювання не впливає на демпфуючі властивості композиційного матеріалу. При менших значеннях амплітуди деформації третій цикл викликає зменшення, а при більших – зростання величини демпфуючих властивостей АМг6-В. Наступний цикл, навпаки, призвів до збільшення при амплітудах деформацій менших $6 \cdot 10^{-4}$, а при більших $6 \cdot 10^{-4}$ – до зменшення і наступної стабілізації величини затухання коливань.

Для системи АД1-В при різних значеннях амплітуд деформації і в залежності від кількості циклів динамічних навантажень демпфуючі властивості змінювались мало. Це пояснюється великим вмістом домішок у сплаві алюмінію АМг6 порівняно з АД1. Вони служать «стопорами» для дислокацій і при різних значеннях амплітуд деформацій в полі залишкових напруг по різному впливають на механізми релаксації механічних коливань у досліджуваних матеріалах. Зміна величини модуля зсуву із приведеними даними.

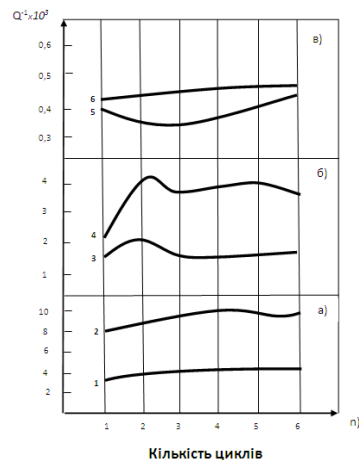


Рисунок 1 Залежність величини внутрішнього тертя АД1-В (а), АМг6-В (б) та АМг6 (в) від кількості циклів динамічних навантажень при амплітуді деформації $\gamma = 2 \cdot 10^{-4}$. Криві 1,3,5 відповідають значенням величини внутрішнього тертя при мінімальній амплітуді деформації

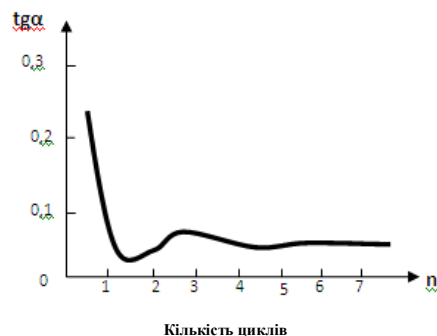


Рисунок 2 Залежність тангенса кута нахилу АЗВТ для системи АМг6-В від кількості циклів динамічних

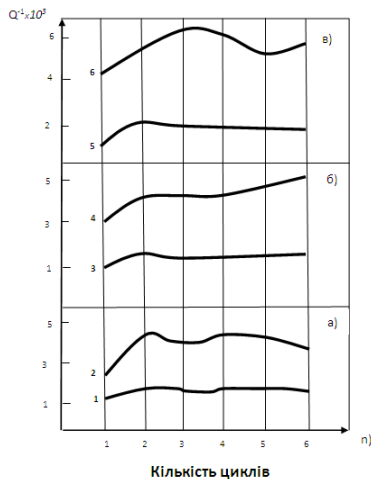


Рисунок 3 Залежність величини внутрішнього тертя АМг6-В від кількості циклів динамічних навантажень при амплітудах деформації а) $\gamma = 4 \cdot 10^{-4}$; б) $\gamma = 6 \cdot 10^{-4}$; в) $\gamma = 14 \cdot 10^{-4}$. Криві 1,3,5 відповідають величині внутрішнього тертя при мінімальній амплітуді деформації.

Висновки

Дослідження температурної та амплітудної залежності внутрішнього тертя дає можливість не тільки судити про характер та величину попередньої деформації композиту, але й виявити зміну механізмів втрат механічної енергії в матеріалі, обумовлених характером поведінки дислокацій та дислокаційних петель, а відтак, і зміну механізмів еволюції структури композиційного матеріалу.

Отримані результати досліджень підтверджують перспективність проведення циклічних динамічних навантажень ВКМ, з метою зміцнення матеріалу, а також стабілізації і прогнозування поведінки їх демпфуючих властивостей при різних амплітудах деформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисий М.В. Вплив термоциклічної обробки на субструктурне зміцнення композиційних матеріалів з алюмінієвою матрицею/ М.В.Лисий, А.І.Білюк, А.Д. Слободяник//Проблеми трибології - 1.2017 Хмельницький –с.63-67.
2. Лисий М.В. Формування зміцнюючої субструктури в композиційних матеріалах на основі алюмінію/Лисий М.В, О.В.Мозговий, А.І.Білюк//Вісник ВПІ. – №3.- 2012.С.148-153.

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

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