

ВНУТРІШНЄ ТЕРТЯ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ АЛЮМІНІЙ-БОР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Методом механічної спектроскопії було досліджено стан дефектної структури волокнистого композиційного матеріалу алюміній-бор на основі алюмінієвого сплаву М-40, Аmгб. Аналіз наявності ступеня утворення субструктури досліджувався шляхом вимірювання температурної і амплітудної залежності внутрішнього тертя. Встановлено можливість забезпечення високоміцного стану композиційних матеріалів на основі алюмінію та його сплавів, армованих волокнами бору, шляхом формування в матриці субструктури та її стабілізації домішковими атомами, комплексами таких атомів і дисперсними фазами.

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

Abstract

The method of mechanical spectroscopy is to diagnose the condition of the defected structure of fibrous composite materials of aluminum-boron based on aluminum alloys M-40, Amgб. Analysis of the presence and degree of perfection of the existing substructure was carried out measuring the temperature and amplitude dependence of internal friction. The possibilities are revealed to ensure the high-strength state of composite materials based on aluminum and its alloys armoured with boron fibres by forming substructure in a matrix and its stabilizing with impurity atoms, Complexes of such atoms, and disperse phases.

Keywords: composite materials, iub-structural reinforcement, internal friction, dislocations, thermocycling, boron fibers.

Вступ

Вибір методів дослідження продиктований потребою достатньо точної фіксації і визначення кінетики структурних процесів у матриці волокнистих композиційних матеріалів при формуванні і стабілізації в ній зміцнюючої субструктури, а також суті фізико-хімічних процесів на межі волокно – матриця під впливом температурно-часових і силових факторів. Внутрішнє тертя дозволяє отримати дані про зміну дислокаційної структури та інших дефектів, що зумовлюють виникнення дефектних структур і зміцнення матеріалів.

Результати дослідження

Вивчення частотної, температурної, амплітудної та інших залежностей внутрішнього тертя забезпечує, при раціональній обробці результатів вимірювань і їх обґрунтованій трактовці, глибoku і різнобічну інформацію про дислокаційну структуру металу, про взаємодію точкових і лінійних дефектів, про енергію активації різних процесів, про кількість домішок і їх рухливість та інш. Обґрунтування застосування внутрішнього тертя в металознавстві приведено в роботах А. Ф. Йоффе, Кен Тін-Суй, в монографіях В. С. Постнікова, М. Л. Криштала, Л. К. Гордієнка, С. А. Головіна, в докторських дисертаціях Ю. В. Пігузова і П. М. Зузяк.

Амплітудна залежність внутрішнього тертя (АЗВТ) пояснюється взаємодією дислокацій з точковими дефектами. Серед різних моделей АЗВТ найбільш універсальною є модель Гранато-Люкке [1]. Виміряні характеристики амплітудної залежності внутрішнього тертя на пряму пов'язані з параметрами дислокаційної структури: величиною енергії зв'язку дислокаційної лінії з точковими дефектами і вузлами дислокаційної сітки, довжиною відрізків, сегментів і густиною дислокацій. Тому в роботі зроблена оцінка вказаних параметрів дислокаційної структури по кривим амплітудної залежності внутрішнього тертя. В роботі було досліджено волокнистий композиційний матеріал алюміній-бор. В ролі матриці використано алюмінієві сплави М-40 і Аmг-6. Армування здійснено паралельними одно напрямленими неперервними волокнами бору. Термоцикування (ТЦО)

проводилося в інтервалі температур $150^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$, $300^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$, $500^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$. Внутрішнє тертя (ВТ) вимірювали на низькочастотному (1Гц) приладі типу оберненого крутильного маятника. Характеристики структури які розраховані за результатами експериментів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – параметри дислокаційної структури після термоциклювання

Матеріал	термообробка	0 ТЦО					38 ТЦО				
		$\gamma_{кр.2}$ 10^{-5}	$\gamma_{кр.2}$ 10^{-4}	L_N 10^{-6}	L_C 10^{-8}	ρ 10^{13}	$\gamma_{кр.1}$ 10^{-5}	$\gamma_{кр.2}$ 10^{-4}	L_N 10^{-6}	L_C 10^{-8}	ρ 10^{13}
		м	м	м	м	м	м	м	м	м	м
Al-B (М-40)	$150^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$	7	3,33	0,84	3,87	5,49	6,5	1,67	1,68	5,1	2,56
	$300^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$	8	2,27	1,23	4,47	2,73	6	3,13	0,89	4,08	5,46
	$500^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$	7	2,5	1,12	5,00	1,7	7,1	2,27	1,23	4,87	2,02
Al-B (Амгб)	$150^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$	8	2,08	1,35	4,1	0,81	7,4	2,38	1,18	4,75	1,25
	$300^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$	12	3,45	0,81	3,57	1,89	9,0	2,7	1,04	3,83	2,78
	$500^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 20^{\circ}\text{C}$	7,4	1,92	1,46	6,2	1,35	6,6	1,89	1,48	6	1,5

$\gamma_{кр.1}$, $\gamma_{кр.2}$ – критична амплітуда деформації, L_N – довжина дислокаційного сегменту, L_C – довжина дислокації між сильними точками закріплення, ρ – густина дислокації.

Проведені дослідження свідчать, що при ТЦО максимальне значення ρ і мінімальне L_N досягається протягом перших 35 – 40 термоциклів. Подальше термоциклювання суттєвих змін не вносить. Оптимальний режим термоциклювання $300^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$. Зменшення тангенса кута нахилу АЗВТ, а також збільшення модуля зсуву, критичних амплітуд деформації свідчать про зміцнення матеріалу за рахунок перерозподілу дислокацій в процесі термоциклювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. V. Granato, K. Lucke // J. Appl. Phys. – 1981. V.52. -№12. –P.7136-7142
2. O.F. Karbivskii, Impact of thermocycling on aluminum alloy polygonal structure/ O.F. Karbivskii, A.I. Biliuk, M.V. Lysiy, V.I. Savulyak // Tehnomus.-2017, Romania. –S. 117-122.

Лисий Михайло Вікторович – канд. фізико-матиматичних наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Lysyi Mykhailo – Cand. Sc. (Physic-Mathematics), Assistant Profesor of Departament of Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsa