

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЛАМИНАТОВ Ni+Cu и Ni+Ti+Cu АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Безымянный Ю.Г., Высоцкий А.Н., Колесников А.Н.,
Назаренко В.А., Талько О.В.

*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН
Украины, г.Киев, 03142, ул.Кржижановского, 3, bezimyni@i.com.ua*

Одним из перспективных направлений создания композитов с новым полезным комплексом физико-механических свойств является формирование многослойных материалов на основе чередующихся по толщине фольг из разнородных металлов [1]. Рассчитать характеристики такого композита исходя из свойств исходных компонентов не всегда представляется возможным вследствие влияния большого количества различных факторов. Поэтому представляет интерес сопоставление реальных характеристик этих материалов, полученных в результате измерений, с их расчётными значениями. Такое сопоставление проведено на примере модуля упругости ламинатов Ni+Cu и Ni+Ti+Cu.

Для проведения исследований путём прокатки заготовок из поочередно расположенных Ni и Cu-вых или Ni, Cu и Ti-вых фольг (каждой по 10 шт.) в обойме на валках диаметром 500 мм при температуре 800 °С были изготовлены 8 вариантов ламинатов. Варианты отличались наличием компонентов (1-4 – Ni+Cu, 5-8 – Ni+Cu+Ti), толщиной образца (нечётные – 100, чётные – 200 мкм), направлением прокатки (1, 2, 5, 6 – вдоль, 3, 4, 7, 8 – поперёк образца). Для сравнения были изготовлены образцы из чистых Ni, Cu и Ti (варианты 9, 10, 11, соответственно) толщиной 200, 90 и 120 мкм, соответственно.

Для получения корректных результатов по рекомендациям [2] проведена адаптация метода измерения к структуре и форме образцов материала. Была выбрана модель эксперимента, позволяющая определять эффективный модуль упругости E по измеренным значениям скорости распространения нормальной симметричной упругой волны в пластине (c_{ps}). Эта скорость при $\lambda \gg h$ связана с модулем упругости выражением [3]:

$$c_{ps} = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}$$

где λ – длина упругой волны; h – толщина образца; ρ – плотность; ν – коэффициент Пуассона. Эту скорость измеряли по длине (40 мм при прокатке вдоль и 20 – поперёк) образцов на частоте 5 МГц методом радиоимпульса с дискретной задержкой [2] при ударном возбуждении преобразователя [3] и сквозном прозвучивании образцов. Погрешность таких измерений не превышала 0,5 %. Коэффициент Пуассона выбран равным 0,35 для всех исходных материалов, а плотности рассчитаны как среднеарифметическое плотностей компонентов [4].

Результаты экспериментального определения модуля упругости приведены на рис. 1 (точки). Там же для сравнения сплошными линиями нанесены табличные значения [4] модулей упругости компонентов (N_i – верхняя, S_u – средняя, T_i – нижняя прямая) и результаты теоретических расчётов по методу Фойгхта[5], где учтены только свойства исходных компонентов (пунктирные прямые).

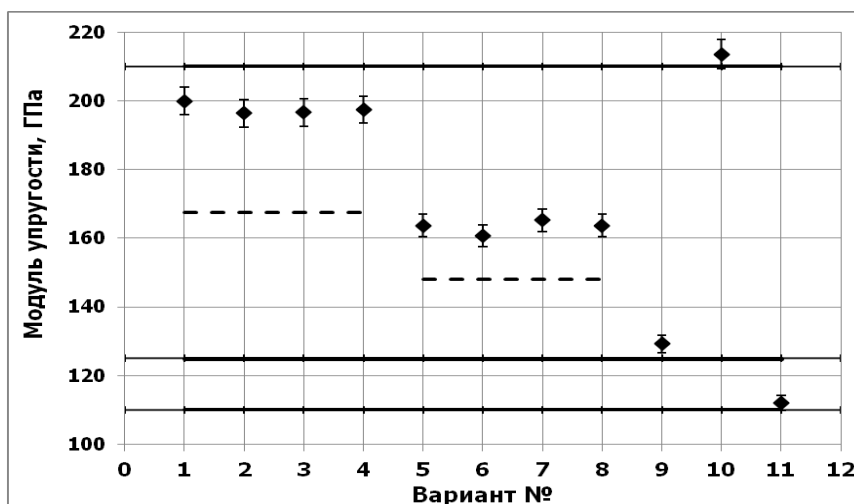


Рисунок 1 – Результаты исследований

Из рис. 1. видно, что все ламинаты в направлении прозвучивания имеют модули упругости, величины которых лежат между значениями для материалов, составляющих их слои. При этом, в пределах погрешностей измерений, не обнаружено влияние направления прокатки и изменения толщины образца на свойства ламината. Добавка T_i уменьшает модуль упругости ламината почти на 20 %, что связано с уменьшением плотности материала. Расчётные значения модуля упругости лежат ниже, что можно объяснить взаимодействием компонентов на границах фаз при прокатке.

Список литературы

1. Вишняков Л.Р. Композиционные материалы // Неорганическое материаловедение: Энциклопед. изд.: В 2 т. / под ред. Г.Гнесина, В.В.Скорохода. – Т.2. Кн.1. А – О: Материалы и технологии. – Киев: Наукова думка, 2008. – С.434-445.
2. Безьянный Ю.Г. Акустическое отображение материалов с развитой мезоструктурой // Акустичний вісник. – 2006. – Т. 9, № 2. – С. 3-16.
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. / Под общ.ред. В.В.Клюева. Т. 3: И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге. Ультразвуковой контроль. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
4. Физические величины: Справочник / Под ред. И.С.Григорьева, Е.З.Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232с.
5. Скороход В.В. Теория физических свойств пористых и композиционных материалов и принципы управления их микроструктурой в технологических процессах // Порошковая металлургия. – 1995. – № 1/2. – С.53-70.