ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

**посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/83

ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ, АРМИРОВАННЫХ НАНОПОЛНИТЕЛЯМИ, ПРИ УДАРНОМ, СТАТИЧЕСКОМ И ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

^{1,2}Еремин А.В., ^{1,2}Бурков М.В., ¹Любути П.С.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*НИ Томский политехнический университет, Томск*

Сформировавшийся за последнее десятилетие тренд в гражданском авиастроении это повсеместное использование композиционных материалов (КМ), таких как угле- и стеклопластики в обшивке и силовом наборе летательных аппаратов, что позволяет снизить вес и тем самым увеличивает грузоподъемность, снижает расход топлива и повышает экономическую эффективность самолета. Однако, одним из основных недостатков использования КМ с точки зрения их функциональных свойств является низкая электро- и теплопроводность, а также низкая ударная вязкость. Добавление дисперсных наполнителей позволяет успешно решать эту проблему, но при этом могут существенно изменяться механические свойства, как в сторону снижения, так и в сторону повышения. В данной работе ставится задача комплексного исследования механических свойств углепластиковых композиционных материалов с добавлением одностенных нанотрубок в различной концентрации.

В качестве материала для исследования использовались образцы композитов, состоящих из полимерной эпоксидной матрицы (R&G Ероху L с отвердителем GL2), армированной биаксильной углетканью (CBX300) и дополнительным дисперсным армированием углеродными нанотрубками (УНТ). Укладка композита симметричная псевдоизотропная - [0/90;+45/-45]4S. Содержание нанотрубок варьировалось для определения концентрации, позволяющей получить максимальный прирост тепло-, электропроводности и механических характеристик. Исследованы концентрации УНТ: 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 вес%. В работе были проведены испытания на ударный изгиб по методу Шарпи, статическое растяжение, трехточечный изгиб и циклическое нагружение.

При трехточечном изгибе материал одновременно находится в растянутом и сжатом состоянии, при этом огромное значение играет межслоевая прочность. Среднее значение предела изгибной прочности углепластика на основе исходной эпоксидной смолы составило 649 МПа, а изгибного модуля упругости 53,5 ГПа. При добавлении углеродных нанотрубок значение предела прочности растет на 6,7-14,3%. Среднеквадратичное отклонение составляет 20-40 МПа для различных составов. При этом рост в зависимости от концентрации является практически линейным. Среднее значение модуля упругости практически не меняется, при этом разброс значений с ростом концентрации УНТ увеличивается.

Испытания на ударную вязкость выполнялись в двух ориентациях образцов. Ударная вязкость образцов с продольной ориентацией (L) составила 23 Дж/см², а для поперечной (Т) – 15,7 Дж/см². Для направления L при добавлении УНТ наблюдается незначительный рост ударной вязкости, достигающий максимума в 24,3 Дж/см² для концентрации 0,3%. Прочностные свойства в направлении Т, наоборот, несколько снижаются.

Полученные результаты по испытаниям на растяжение показывают, что аналогично испытаниям на изгиб, добавление УНТ приводит к повышению предела прочности на растяжение: предел прочности исходных образцов составил 684 МПа, а модифицированных 720-740 МПа. Стоит отметить, что при такой схеме испытаний межслоевая прочность имеет меньшее влияние, так как несущая способность определяется в первую очередь волокнами, расположенными вдоль оси нагружения. Однако более высокие свойства матрицы могут привести к повышению свойств благодаря более эффективному перераспределению напряжений между волокнами в случае недостаточно хорошо ориентированной укладки ткани (волнистость волокон, отклонение от номинального направления).

Секция 2. Неустойчивость, локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

Проведены испытания по определению усталостной долговечности при циклическом растяжении образцов с отверстием (ASTM D3479). Получены следующие значения усталостной долговечности: исходные образцы - 64650 циклов со стандартным отклонением 36900 циклов. Добавление же CNT оказывает существенное положительное влияние на циклическую долговечность (повышение в несколько раз).