

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ВВЕДЕНИЕМ В НИХ НАНОУГЛЕРОДА

После того как современная физика материалов подробно разъяснила нам причины их пластичности, прочности и ее увеличения, началась интенсивная систематическая разработка новых материалов. Два перспективных пути открывают комбинированные материалы, усиленные либо волокнами, либо диспергированными твердыми частицами. У первых в неорганическую металлическую или органическую полимерную матрицу введены тончайшие высокопрочные волокна из стекла, углерода, бора, бериллия, стали или нитевидные монокристаллы. В результате этого комбинирования максимальная прочность сочетается с высоким модулем упругости и небольшой плотностью. Именно такими материалами будущего являются композиционные материалы.

Композиционный материал – конструкционный (металлический или неметаллический) материал, в котором имеются усиливающие его элементы в виде нитей, волокон или хлопьев более прочного материала. Примеры композиционных материалов: пластик, армированный борными, углеродными, стеклянными волокнами, жгутами или тканями на их основе. Комбинируя объемное содержание компонентов, можно получать материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создавать композиции с необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами. Армирование углеродными материалами весьма распространено в области композитных материалов. Но армирующие добавки находились ранее в миллиметровом диапазоне размеров.

Композиционные материалы с полимерной матрицей и углеродными волокнами и стали объектом исследования. Армирование производилось нанокристаллическими волокнами, так как на наномасштабе проявляются двойственные свойства материалов как макро-, так и микромира. Их основные достоинства заключаются в:

- высоких прочностных характеристиках, (модуль упругости: трубки – 1060 ГПа, волокна – 750 ГПа, сталь – 500 ГПа);
- химической стойкости;
- термостабильности;
- тепло- и электропроводности.

Высокие механические характеристики позволяют использовать эти материалы в качестве армирующих добавок.

Углеродные нановолокна имеют весьма изогнутую форму, что помогает им сплетаться в клубки, а силы межмолекулярного притяжения помогают им удерживаться в столь плотной связи. Но введение их в таком состоянии не повышает прочность, а наоборот, являясь концентраторами напряжений, они ухудшают прочностные характеристики композиционного материала на основе эпоксидной смолы до 15 % по отношению к чистому полимеру. Есть два пути правильного внесения углеродного наноматериала в полимерную матрицу:

1) подбор специального компонента, который одновременно обволакивал бы нановолокна или нанотрубки, разделяя их, и, прикрепляясь к молекуле полимера, обеспечивал идеальное распределение армирующих добавок практически на молекулярном уровне;

2) механическое разбиение фракталов нанокристаллического углерода (наиболее подходящий метод – ультразвуковое диспергирование).

Были проведены опыты по диспергированию нанокристаллического углерода непосредственно в эпоксидной смоле и жидких растворителях. Наиболее лучшее распределение было достигнуто в жидких растворителях, что видно из рис. 1.

Углеродный продукт вводился в смесь растворителей с последующим добавлением в них эпоксидной смолы при незначительном нагреве и частичной выпарке растворителей до 80 %. Образцы, изготовленные таким образом, подвергались дальнейшим исследованиям и испытаниям.

Испытания цилиндрических образцов диаметром 7 мм высотой 20 мм на сжатие и изгиб производились на универсальном прессе на кафедре Сопротивления материалов. Результаты этих испытаний приведены рис. 2, 3.

Испытания в соответствии с ГОСТ проводились ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» Санкт-Петербурга:

ГОСТ 25.602–80 – РИП. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов) на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах;

ГОСТ 25.604–82 – РИП. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов) на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах.

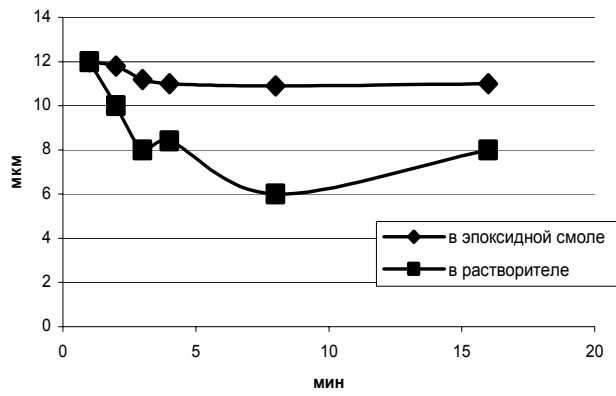


Рис. 1. Зависимость размера частиц от времени диспергирования

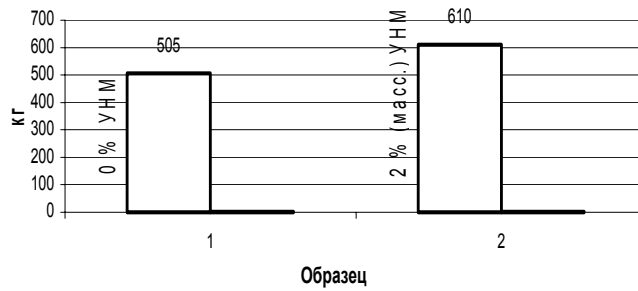


Рис. 2. Испытание на сжатие

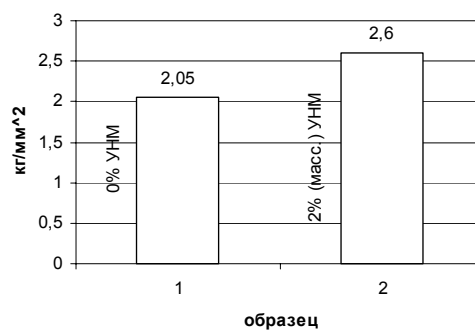


Рис. 3. Испытание на изгиб

Приведенные к одной площади сечения результаты полностью коррелируются.

Испытания на термостабильность показали, что при 180 °С ненаполненный УНМ образец начал плавиться, а образец из композиционного материала с 2 % содержанием УНМ потерял свои механические характеристики только при 320 °С, начав термически разлагаться.

Кафедра «Техника и технологии машиностроительных производств»