

Инновации и рынок машин и оборудования

Руководитель программы к.т.н., проф. Ткачев А. Г.

Блохин А. Н.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ АРМИРОВАНИЕ УНМ НА ПРИМЕРЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Негров В. Л.

*ТГТУ, Кафедра «Техника и технология
машиностроительных производств»*

После того как современная физика металлов подробно разъяснила нам причины их пластичности, прочности и ее увеличения, началась интенсивная систематическая разработка новых материалов. Это приведет, вероятно, уже в обозримом будущем к созданию материалов с прочностью, во много раз превышающей ее значения у обычных сегодня сплавов. При этом большое внимание будет уделяться уже известным механизмам закалки стали и старения алюминиевых сплавов, комбинациям этих известных механизмов с процессами формирования и многочисленными возможностями создания комбинированных 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 такого 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 борны-

ми, углеродными, стеклянными волокнами, жгутами или тканями на их основе. Комбинируя объемное содержание компонентов, можно получать композиционные материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создавать композиции с необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами. Композиционные материалы делятся на два вида:

1. Композиционные материалы с металлической матрицей.

Композиционные материалы состоят из металлической матрицы (чаще Al, Mg, Ni и их сплавы), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные материалы). Металлическая матрица связывает волокна (дисперсные частицы) в единое целое. Волокно (дисперсные частицы) плюс связка (матрица), составляющие ту или иную композицию, получили название композиционные материалы.

2. Композиционные материалы с неметаллической матрицей.

Композиционные материалы с неметаллической матрицей нашли широкое применение. В качестве неметаллических матриц используют полимерные, углеродные и керамические материалы. Из полимерных матриц наибольшее распространение получили эпоксидная, фенолоформальдегидная и полиамидная. Упрочнителями служат волокна: стеклянные, углеродные, борные, органические, на основе нитевидных кристаллов (оксидов, карбидов, боридов, нитридов и других), а также металлические (проволоки), обладающие высокой прочностью и жесткостью.

Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними. Армирующие материалы могут быть в виде волокон, жгутов, нитей, лент, многослойных тканей.

Содержание упрочнителя в ориентированных материалах составляет 60-80 об. %, в неориентированных (с дискретными волокнами и нитевидными кристаллами) – 20-30 об. %. Чем выше прочность и модуль упругости волокон, тем выше прочность и жесткость композиционного материала. Свойства матрицы определяют прочность композиции при сдвиге и сжатии и сопротивление усталостному разрушению.

По виду упрочнителя композиционные материалы классифицируют на стекловолокниты, карбоволокниты с углеродными волокнами, боро-волокниты и органоволокниты.

Композиционные материалы с полимерной матрицей и углеродными волокнами и стали объектом исследования. Но армирование производилось наноглеродными волокнами, т.к. на нано уровне проявляются двойственные свойства материалов, как макромира, так и микро. В силу

того что они получают всё более широкое применение в промышленно-сти. Их основные достоинства заключаются в следующем:

- высокие прочностные характеристики, (модуль упругости 1060 гПа – трубки, 750 гПа – волокна, к примеру у стали 500 гПа)

- химическая стойкость

- термостабильность

- тепло- и электропроводность

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

Армирование углеродными материалами весьма распространено в этой области материалов. Но армирующие добавки находились ранее в миллиметровом диапазоне размеров.

Углеродные нановолокна имеют весьма изогнутую форму, что помогает им сплетаться в клубки, также силы межмолекулярного притяжения помогают им удерживаться в столь плотной связи. И конечно введение их в таком состоянии не даёт ни какого прочностного улучшения, а наоборот являясь концентраторами напряжений ухудшают прочностные характеристики композиционного материала на основе эпоксидной смолы до 15% по отношению к чистому полимеру. Есть два пути правильно-го внедрения углеродного наноматериала:

1. подбор специального компонента, который в свою очередь при-креплялся бы к нановолокну или к нанотрубке, тем самым облепляя её и разделяя их между собой, и в тоже время он прикреплялся к молекуле полимера, тем самым обеспечивая идеальное распределения армирую-щих добавок практически на молекулярном уровне.

2. механическое разбиение этого клубка, здесь наиболее подходя-щий метод – это ультразвуковое диспергирование.

Были проведены опыты по диспергированию углеродного наноугле-рода непосредственно в эпоксидной смоле и в жидких растворителях. Наиболее лучшее распределение было в жидких растворителях, что вид-но из приведённого ниже графика (рис. 1).

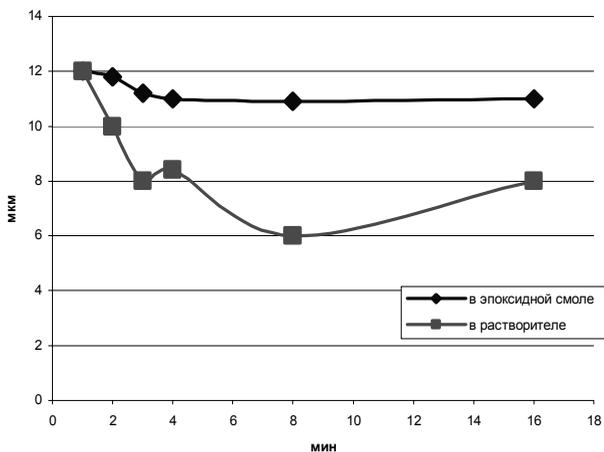


Рис. 1. Зависимость размера частиц от времени диспергирования

Было решено вводить углеродный продукт в смесь растворителей, с последующим добавлением в них эпоксидной смолы при незначительном нагреве и частичной выпаркой растворителей до 80%. Образцы изготовленные таким образом и подвергались дальнейшим исследованиям и испытаниям.

Из рисунка (рис. 2) видно, что вязкость связующего, содержащего 2% нанотрубок в области низких (до 900С) температур ниже по сравнению с более наполненным образцом (3%), затем их поведение практически одинаково. Отверждение начинается при температуре ≈ 130 0С, температура стеклования ≈ 195 0С для обеих композиций. Характер поведения кривой немодифицированной эпоксидной матрицы отличается. Прежде всего более низкой температурой стеклования (≈ 180 0С), более высокой вязкостью, отверждение начинается при температуре (≈ 110 0С).

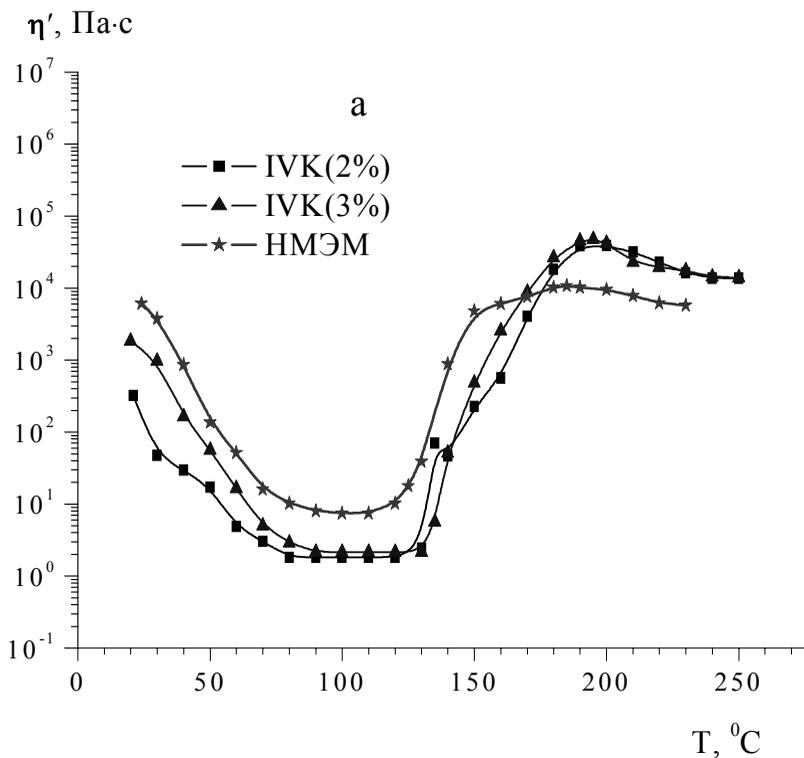


Рис. 2. Зависимость вязкости композита от процентного содержания углерода

Испытания стандартных образцов из углепластика на растяжение, сжатие, изгиб проводились по ГОСТ 25.601-80, ГОСТ 25.602-80, ГОСТ 25.604-82 на универсальных испытательных машинах. Результаты этих испытаний приведены ниже (рис. 3,4).

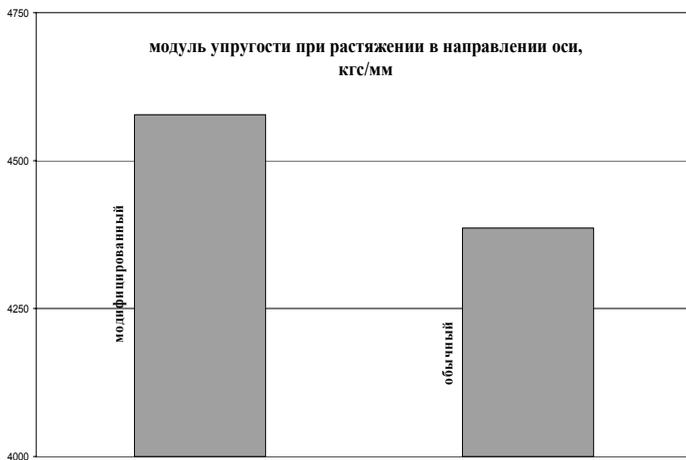


Рис. 3. Модуль упругости при растяжении образца из композита
предел прочности при сжатии, кгс/мм

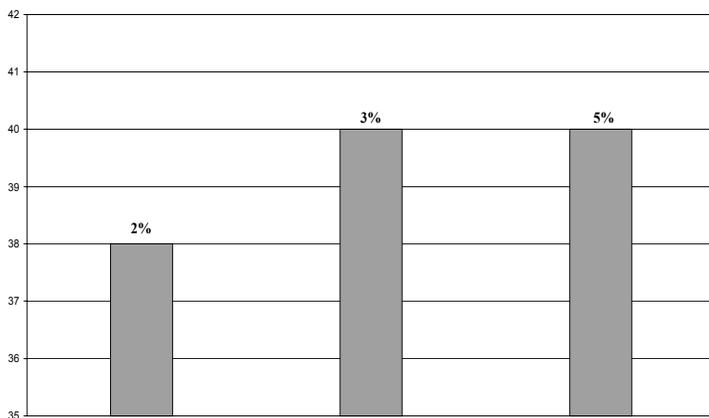


Рис. 4. Предел прочности при сжатии

Из последней диаграммы было определено оптимальное количество нанокремнеземного композита – 2% (об.).