ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/15

**ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ НА МОДУЛЬ УПРУГОСТИ
ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ИСПОЛЬЗУЯ МОДЕЛИ
ГОМОГЕНИЗАЦИИ**

Филиппов А.А.

*ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия*

Перспективным направлением повышения эксплуатационных характеристик эпоксидных смол является использование добавок-модификаторов различной природы. В результате получается гетерогенный материал, представляющий из себя сочетание разнородных компонентов, один из которых образует матрицу (связующее), а другой (наполнитель) обладает высокой прочностью и определенными функциональными свойствами [1-2].

При применении эпоксидной смолы в промышленности необходимо знать ее механические свойства. Теоретические исследования на микро- и макромасштабных уровнях прочностных и упругих свойств полимерных материалов при добавлении добавок проводятся с использованием методов механики сплошных сред, позволяющих описывать как поведение микрообъемов, так и элементов конструкций. Целью настоящей работы является получение зависимости механических характеристик от размера частиц наполнителя. В настоящей работе в качестве матрицы использована термореактивная эпоксидная смола D.E.R.-330 (Dow Chemical), отверждаемая изометилтетрогидрофталевым ангидридом (ИМТГФА, ТУ 8.103149-85). В качестве наполнителей использованы 6 типов ультрадисперсных порошков диоксида кремния: 3 порошка производства компании Evonik [3] и 3 порошка, полученного в ИТПМ СО РАН [4]. Представленные порошки отличаются средним размером частиц.

Таблица 1. Характеристики используемых порошков диоксида кремния

Название порошка	Удельная площадь поверхности, м ² /г	Насыпная плотность, г/м ³	Средний диаметр частиц порошка теоретический, нм	Диаметр частиц по SEM-изображениям, нм
Aerosil A-200	199	50-60	12	8-30
Aerosil A-300	280	50-60	8	5-30
Aerosil A-380	242	50-60	10	5-30
Tarkosil T-05	50	70-80	48	10-70
Tarkosil T-15	96	70-80	25	10-60
Tarkosil T-20	134	60-70	18	10-50

Технология приготовления смесей эпоксидной смолы с порошками диоксида кремния подробно описана в [5]. Из полученных полимерных пластин, наполненных наночастицами (рис.1), вырезались образцы для механических испытаний на растяжение в виде прямоугольных призм 160х3х7 мм³.

Рис.1 ТЭМ-изображение частиц диоксида кремния в эпоксидной смоле

Секция 1. Основные принципы и методология физической мезомеханики материалов с иерархической структурой

Испытания образцов на одноосное растяжение в клиновидных захватах производились в испытательной машине Zwick/Roell Z 005 со скоростью 400 Н/мин при комнатной температуре 25 °С. Для уменьшения нелинейных эффектов, возникающих из-за небольшого смещения зажимов, образцы предварительно нагружались на 50Н. Предел нагружения составлял 35 МПа. Модуль упругости рассчитывался на кривой напряжение-деформация методом секущей на участке деформации 1-2%. Для каждого типа порошка было испытано по 3 образца.

Рис 2. Зависимость модуля упругости от размера порошка диоксида кремния: (а) – кривые напряжение-деформация для Аэросилов и Таркосилов, б - связь относительного модуля упругости от диаметра частиц диоксида кремния

В результате поставленных экспериментов получены кривые напряжение-деформация для наполненных эпоксидных смол, содержащих порошки диоксида кремния различной дисперсности при постоянной объемной концентрации 1,1% (рис.2.). Наполнитель оказывает достаточно существенное влияния уже при небольших степенях наполнения. Линейный участок зависимости напряжение-деформация позволяет рассчитать модуль упругости наполненного полимера. Видно, что значения для Аэросила и Таркосила различаются. Для Таркосила видна однозначная тенденция роста модуля упругости по сравнению с чистой эпоксидной смолой с уменьшением размера частиц порошка. В целом усиление эпоксидного состава у Таркосила выше, чем для Аэросилов. Особенно следует отметить разницу в упругих свойствах гетерогенных материалов с изменением среднего размера частиц. Несмотря на такое же количество наполнителя, упругие свойства полимерного композита выше, когда размер частиц меньше. Такой эксперимент может свидетельствовать об изменении упругих свойств от макрообъекта к нанообъекту.

Литература

1. Т. А. Brusentseva et al., Mechanics of Composite Materials. 2015 № 51(4). pp. 531-538
2. T.H. Hsieh et al., Polymer 2010 №51. pp 6284-6294
3. Evonik Industries AG; Silica Business Line AEROSIL – Fumed Silica Technical Overview
4. S. P. Bardakhanov et al., Material. Science. and Engineering B 2006 №132, pp. 204–208
5. T. A. Vaganova et. al., Journal of Polymer. Research 2014 №21:588