



# ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ

В.Лысенко, д.ф.-м.н., С.Бардаханов, д.ф.-м.н. / vl@itam.nsc.ru

**И**сследуются прочностные свойства композиционного материала на базе эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 и полиэтиленполиамина с добавкой наноразмерного диоксида кремния "Таркосил". Эксперименты показали, что такие добавки (до 2%) повышают прочность и упругость композита.

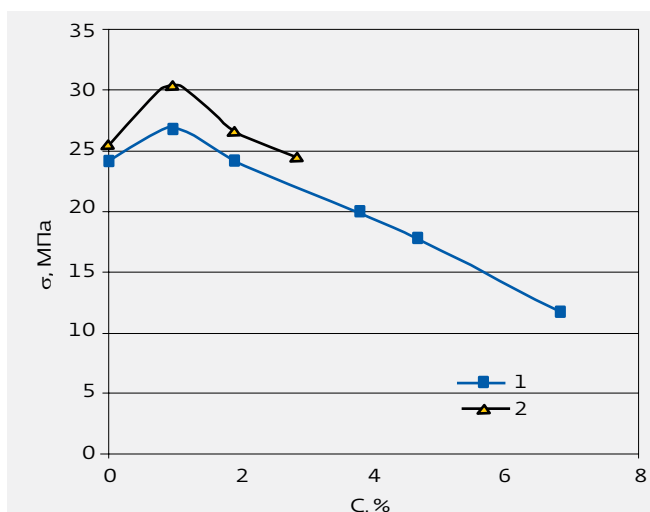
В технике все больше внимания уделяется созданию новых материалов с заранее известными свойствами. Их использование в конструкции определяется совокупностью таких свойств, как прочность, пластичность, вязкость разрушения и др. В гетерогенных материалах сочетаются разнородные компоненты, один из которых образует матрицу (связующее), а другой (наполнитель) обладает высокой прочностью и другими функциональными свойствами, причем в случае эпоксидных композитов свойства их можно еще более изменить с помощью добавки наноразмерных порошков.

Наночастицы размером менее 100 нм придают материалу новые свойства. Влияние наноразмерных порошков на свойства эпоксидных композитов в целом изучено еще недостаточно. Одна из причин этого – сложность производства нанопорошков. В работе использовался нанопорошок диоксида кремния "Таркосил" Т-20 (удельная поверхность 139,5 м<sup>2</sup>/г, средний размер частиц около 20 нм), полученный в ИТПМ СО РАН и ИЯФ СО РАН на ускорителе электронов [1, 2]. Процесс основан на испарении вещества под воздействием электронного пучка, создаваемого электронным ускорителем.

Цель работы – исследование прочностных и упругих свойств композита на базе эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 и полиэтиленполиамина (отвердителя) при добавке наноразмерного порошка "Таркосил". Влияние его концентрации на предел прочности на растяжение и модуль упругости Юнга определялось с помощью

машины для прочностных испытаний Zwick/Roell Z005 (Германия). Использовались образцы при концентрации добавок нанопорошка Т-20 – от 0 до 11%. Размер поперечного сечения образцов составлял примерно 10×5 мм.

Так как при перемешивании смолы, отвердителя и порошка в композите возникали пузырьки воздуха, испытания проводились для двух групп образцов – застывавших при атмосферном давлении и для создаваемых с помощью низковакуумного насоса в разреженном воздухе (давление 0,05–0,1 атм).



Зависимость предела прочности на растяжение эпоксидного композита от концентрации в нем "Таркосила"



На рисунке приведены зависимости предела прочности на растяжение композита от концентрации в нем нанопорошка. Кривая 1 соответствует данным, полученным при атмосферном давлении, а кривая 2 – при вакуумировании. Видно, что при росте концентрации нанопорошка предел прочности на растяжение сначала возрастает, а затем падает. Максимальная прочность композита достигалась при концентрации порошка "Таркосил" примерно 1%.

Модуль упругости Юнга при добавке 1% "Таркосила" (без вакуумирования) возрос по сравнению с отсутствием нанопорошка на 14% – с 1,37 до 1,56 ГПа, а его максимум наблюдался при концентрации "Таркосила" 2–2,5%. При такой концентрации и вакуумировании модуль Юнга вырос более чем на 30%.

Таким образом, эксперименты показали, что небольшие добавки наноразмерного порошка диоксида кремния (до 2%) повышают прочность и упругость композиционного материала на базе

эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 и полиэтиленполиамин – повышаются его предел прочности на растяжение и модуль упругости Юнга, причем максимальная прочность достигается при концентрации порошка примерно 1%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ №2067077. Способ получения ультрадисперсной двуокиси кремния, устройство для его осуществления и ультрадисперсная двуокись кремния. / Лукашов В.П., Бардаханов С.П., Салимов Р.А., Корчагин А.И., Фадеев С.Н., Лаврухин А.В. – Бюл. №27, 1996.
2. Бардаханов С.П., Корчагин А.И., Куксанов Н.К., Лаврухин А.В., Салимов Р.А., Фадеев С.Н., Черепков В.В. Получение нанопорошков испарением исходных веществ на ускорителе электронов при атмосферном давлении. – ДАН, 2006, т.409, №3, с.320–323.

## INFLUENCE OF NANO-SIZED SILICON DIOXIDE ON DURABILITY OF EPOXY COMPOSITES

V.Lysenko, D.Sc., S.Bardakhanov, D.Sc. / vl@itam.nsc.ru

**The subject of the study is the strength characteristic of a composite material based on ED-20 epoxy-dian resin and polyethylenepolyamine with Tarkosil nano-sized silicon dioxide added. Experiments have shown that such additives (up to 2 %) raise a composite's durability and elasticity.**

Technologies demand development of more and more new materials with preset properties. Their importance is determined by a set of such properties as durability, plasticity, crack resistance, etc. In heterogeneous materials diverse components are combined, one of which forms a matrix (binding), and another (filler) – has high durability and other functional properties, and in case of epoxy composites their properties can be changed even more by adding nano-sized powders.

Nanoparticles of size less than 100 nanometers give new properties to a material. The influence of nano-sized powders on the properties of epoxy composites as a whole has not been studied enough. One of the reasons for this is complexity of manufacture of nanopowders. In this work we used Tarkosil T-20 nanopowder of silicon dioxide (specific surface 139.5, average size of particles about 20 nanometers), obtained in ITPM of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and IYaF, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, on an electron accelerator [1-2]. The process is based on evaporation of a substance under the influence of an electronic beam generated by an electronic accelerator.

Aim of the work is study of the strength and elastic properties of a composite based on ED-20 epoxy-dian resin and polyethylenepolyamine with Tarkosil nano-sized silicon dioxide added. The influence of its concentration on stretching and Young modulus of elasticity were determined by means of Zwick/RoellZ005 machine for strength tests (Germany). We used samples with concentration of additives of nanopowder T-20 – from 0 up to 11 %. The size of a cross-section section of the samples was approximately 10 x 5 mm.

Thus, when the resin was mixed with a hardener and a powder, bubbles of air appeared in the composite. Tests were done with two groups of samples – one with samples stiffened under the atmospheric pressure and another – in the conditions of a negative air pressure created with the help of a low-vacuum pump (pressure of 0.05-0.1 atmospheres).

Figure below demonstrates dependency of the tensile strength of a composite upon a concentration of nanopowder in it. Curve 1 corresponds to the data obtained at the atmospheric pressure, and Curve 2 – at a negative air pressure. It is visible, that at with a growth of the concentration of the nanopowder at first the tensile strength increases, and then falls. The maximum strength of a composite was reached with a concentration of Tarkosil powder about 1%.

( $\sigma$ , MPa)

Fig. Dependency of a tensile strength of an epoxy composite upon the concentration of Tarkosil in it

When 1 % of Tarkosil was added, Young modulus of elasticity (without pumping out) increased by 14 % – from 1.37 GPa up to 1.56 GPa, and its maximum was observed with a concentration of Tarkosil of 2-2 %. With such a concentration and pumping out applied Young modulus of elasticity grew by more than 30 %.

Thus, experiments have shown, that small additives of nano-sized powder of silicon dioxide (up to 2 %) increase durability and elasticity of a composite material based on ED-20 epoxy-dian resin and polyethylenepolyamine – its tensile strength and Young modulus of elasticity are improved, while the maximum strength is reached with a concentration of the powder of about 1 %.

Literature