

## ОГНЕТЕПЛОСТОЙКИЕ ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ, НАПОЛНЕННЫЕ КАРБИДОМ КРЕМНИЯ

Каблов В.Ф., Лифанов В.С., Логвинова М. Я., Кочетков В.Г.

*Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет» (ВПИ (филиал) ВолгГТУ), Волжский, Россия (404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42 а, e-mail: [www.volpi.ru](http://www.volpi.ru)), [pichuginam@mail.ru](mailto:pichuginam@mail.ru).*

Одним из перспективных направлений для решения задачи повышения огнестойкости эпоксидных композиций является использование в их составе высокодисперсного карбида кремния. Карбид кремния нашел применение во многих областях промышленности благодаря особенностям своей структуры, высокой твердости и инертности ко многим агрессивным средам. Изучена возможность применения высокодисперсного карбида кремния в составе эпоксидных композиций с целью повышения огнестойкости. Показано, что карбид кремния может быть использован для эффективного повышения огнестойкости отвержденных эпоксидных композиций и их удешевления.

Ключевые слова: карбид кремния, эпоксидная смола, наполнители, огнестойкость.

## FIRE AND HEAT RESISTANT EPOXY COMPOSITES FILLED WITH SILICA CARBIDE

Kablov V.F., Lifanov V.S., Logvinova M.Y., Kochetkov V.G.

*Volzhsky Polytechnical Institute (branch) Volgograd State Technical University, 42a Engelsa Street, Volzhsky, Volgograd Region, 404121, Russian Federation, E-mail: [pichuginam@mail.ru](mailto:pichuginam@mail.ru); [www.volpi.ru](http://www.volpi.ru)*

One of the promising directions for solving the problem of increasing fire resistance of epoxy compositions is use of high dispersive silica carbide in their formulations. Silica carbide found its application in different industrial areas due to its special structure features, high hardness and inertness to many aggressive environments. The possibility of high dispersive silica carbide application in formulations of epoxy compositions with a purpose of increasing fire and heat resistance has been studied in the work. It has been shown that the silica carbide can be used to effectively increase fire and heat resistance of hardened epoxy composites and make them cheaper.

Keywords: silica carbide, epoxy resin, fillers, fire resistance.

### Введение

Эпоксидные полимеры обладают таким комплексом свойств (адгезионных, механических, электрических и др.), который во многих случаях делает их незаменимыми в качестве основы клеев, лакокрасочных покрытий, компаундов и армированных пластиков. Благодаря этому эпоксидные смолы заняли важное место в ряду промышленных полимерных материалов. Это относится не столько к объему их производства, сколько к их роли, так как в ряде случаев эпоксидные смолы используют для создания наиболее ответственных изделий. Промышленный выпуск, применение и разработка новых эпоксидных полимеров и композиций на их основе развиваются быстрыми темпами [1]. Но эпоксидная смола не лишена недостатков. Одним из них является повышенная горючесть. Материалы на основе эпоксидных смол при поджигании воспламеняются и горят. Основными летучими продуктами горения являются  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ , в продуктах сгорания находят также муравьиную кислоту и другие вещества [2, 3].

Одним из перспективных направлений для решения задачи повышения огнестойкости эпоксидных композиций является использование в их составе высокодисперсного карбида

кремния (КК). Карбид кремния нашел применение во многих областях промышленности благодаря особенностям своей структуры, высокой твердости и инертности ко многим агрессивным средам. А также в качестве добавки, повышающей огнетеплостойкость резин [4, 5].

**Цель исследования** – изучение возможности применения высокодисперсного карбида кремния в составе эпоксидных композиций с целью повышения огнетеплостойкости.

#### **Материалы и методы исследования**

Эпоксидные композиции получали на основе эпоксидной смолы (ЭС) путем последовательного смешения компонентов: смолы ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), высокодисперсного карбида кремния, отвердителя – полиэтиленполиамина (ТУ 2413-357-00203447-99). Характеристика карбида кремния представлена в табл. 1. Готовили образцы с разным содержанием карбида кремния от 5 до 200 % на 100 масс. ч. смолы ЭД-20. Полученные реакционные смеси заливали в формы, и проводили отверждение без подвода тепла в течение 24 ч. Плотность эпоксидных композиций лежала в пределах от 1,33 до 1,95 г/см<sup>3</sup>. В качестве контрольного образца применяли эпоксидную композицию, полученную без карбида кремния.

#### **Результаты исследования**

Исследование эпоксидных композиций с добавлением карбида кремния на огнетеплозащитные свойства проводилось воздействием на образец источника открытого огня, используя плазматрон Multiplaz 3500. С помощью пирометра С-300.3 (ГОСТ 28243-96) регистрировали изменение температуры на не обогреваемой поверхности опытного образца в течение заданного времени или до момента достижения предельного состояния опытного образца. За предельное состояние материала была принята потеря целостности образца. Образцы для измерений представляли собой шайбы диаметром 50 мм, толщиной 5 мм. Изменение температуры на не обогреваемой поверхности образца в зависимости от содержания карбида кремния представлено на рис.1.

Таблица 1

Характеристика высокодисперсного карбида кремния

Наименование материала	Зерновой состав					Содержание SiC
	+106 мкм	+75 мкм	+63 мкм	+53 мкм	+45 мкм	
F220	0 %	9 %	46 %	28 %	10 %	97 %

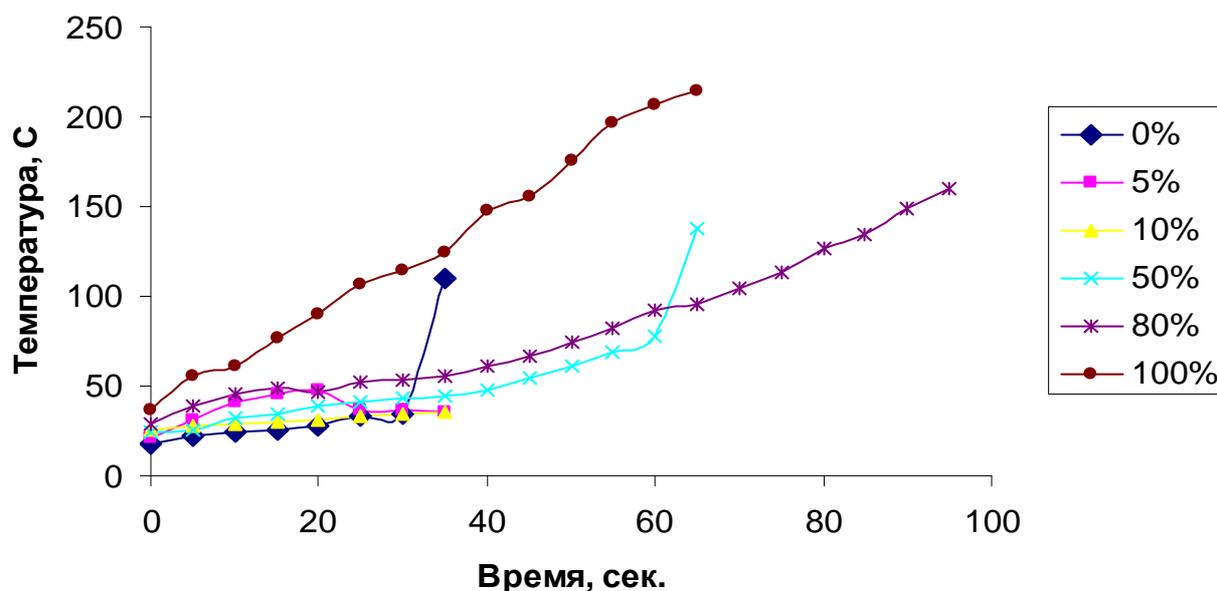


Рис. 1. Изменение температуры на необогреваемой поверхности образца в зависимости от содержания карбида кремния

Изменения огнетеплозащитных свойств покрытий разработанных композитов (рис. 1) подтверждают, что введение карбида кремния в эпоксидную композицию позволяет значительно дольше удерживать температуру необогреваемой поверхности образца вплоть до 240 °С. При введении карбида кремния в эпоксидную смолу повышаются огнетеплозащитные свойства покрытий, а также увеличивается время до достижения предельного состояния опытных образцов от 35 сек до 98 сек.

Эффективность покрытий в значительной мере зависит также от способности покрытия сохранять целостность при эксплуатации. Поэтому в данной работе была определена прочность данных композиций при ударе. Результаты представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что добавление карбида кремния в эпоксидную смолу повышает её ударную прочность, при этом многократное периодическое изменение температуры образцов не приводит к нарушению целостности покрытия.

Таблица 2

Содержание КК, масс.ч. КК на 100 масс.ч. ЭС	Высота подъема груза массой 1 кг, см								
	10			20			30		
	Видимые механические повреждения								
	В	П	О	В	П	О	В	П	О
Контрольный образец	-	-	+	-	-	+	+	+	+
5	+	-	-	+	-	-	+	-	+
10	+	-	-	+	-	-	+	-	+
50	-	-	-	+	-	-	+	-	-

80	-	-	-	+	-	-	+	-	-
100	-	-	-	+	-	-	+	-	-
200	-	-	-	+	-	-	+	-	-

Прочность композиций на основе карбида кремния и эпоксидной смолы ЭД-20 при ударе

Примечание: В – вмятины, П – поры, О – отслаивание.

Стойкость к термоокислительной деструкции эпоксидных композиций с добавлением карбида кремния оценивали по величине коксового остатка, который определяли по формуле:

$$К. О. = (m_1 - m_2) * 100 / m_1,$$

где  $m_1$  – масса образца до прогрева, г;  $m_2$  – масса образца после прогрева, г.

Таблица 3

**Значение коксового остатка (КО) композитов на основе эпоксидной смолы и карбида кремния**

Содерж. КК, %	Коксовый остаток, %	Превышение значения КО над аддитивным. %
0	60	
4,76	76,5	4,76
9,09	77,3	3,97
33,3	81,1	7,77
44,4	95	17,26
50	96,8	16,8
66,6	97,6	11

Образцы прогревали при 300 °С в течении 40 мин. Результаты испытаний представлены табл. 3. Из таблицы 3 видно, что введение карбида кремния в эпоксидных композициях приводит к существенно большему увеличению коксового остатка по сравнению с аддитивным. Это свидетельствует об усилении коксообразования в присутствии карбида кремния – своеобразному катализу процесса коксования. Вероятно, происходит коксование на гранях и вершинах карбида кремния, имеющих неспаренные электроны и повышенную поверхностную энергию. Следует отметить, что максимальный эффект ускорения коксообразования наблюдается при примерно равных содержаниях смолы и карбида кремния.

**Выводы**

В работе разработаны и исследованы свойства эпоксидных композитов с добавлением карбида кремния и показана возможность применения высокодисперсного карбида кремния в качестве добавок, повышающих огнетеплостойкость отвержденных эпоксидных композиций.

## Список литературы

1. Каблов В.Ф., Новопольцева О.М., Кочетков В.Г., Кейбал Н.А., Лифанов В.С., Гарашенко Г.Н. Разработка и исследование огнетеплозащитных материалов для экстремальных условий эксплуатации // 24-ый Симпозиум «Проблемы шин и резинокордных композитов». Москва, 14-18 окт. 2013 г. / ООО НТЦ «НИИШП» [и др.]. – М., 2013. – С. 42-46.
2. Кодолов В. И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. – М.: Химия, 1976. – 160 с.
3. Копылов В.В. Полимерные материалы с пониженной горючестью / В.В. Копылов, С.Н. Новиков. – М.: Химия, 1986. – 224 с.
4. Лифанов В.С., Каблов В.Ф., Новопольцева О.М., Лапин С.В., Кочетков В.Г. Исследование эластомерных материалов с микродисперсными отходами карбида кремния // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: [www.science-education.ru/110-9971;1](http://www.science-education.ru/110-9971;1).
5. Чернин И.З., Смехов Ф. М., Жердев Ю. В. Эпоксидные полимеры и композиции. – М.: Химия, 1982. – 232 с., ил.

### Рецензенты:

Шиповский И.Я., д.т.н., профессор кафедры «Химическая технология полимеров и промышленная экология», Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет» (ВПИ (филиал) ВолгГТУ), г. Волжский.

Тишин О.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологические машины и оборудование, Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет» (ВПИ (филиал) ВолгГТУ), г. Волжский.