

---

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

---

УДК 678.046.3:678.046.78:678.063.5

**Композиционные материалы  
на основе волластонита для автомобилестроения**

И. А. БОРОДИНА, В. В. КОЗИК

*Томский государственный университет,  
проспект Ленина, 36, Томск 634050 (Россия)**E-mail: sasha@elefot.tsu.ru***Аннотация**

Исследовано влияние наполнения ненасыщенной полиэфирной смолы волластонитом на основные физико-механические и эксплуатационные свойства отвержденного композиционного материала.

**ВВЕДЕНИЕ**

Развитие автомобильной промышленности требует создания новых полимерных материалов с заданным сочетанием свойств, в первую очередь с повышенными прочностью, жесткостью, тепло-, термо- и влагостойкостью, а также низкой стоимостью. Требуемые характеристики наиболее легко достигаются созданием наполненных полимерных композиционных материалов, компоненты которых при совместной работе способны оказывать синергетический эффект [1]. Экономически выгодно наполнение полиэфирных смол неорганическими, и в первую очередь природными, минеральными добавками (силикатные материалы, тальк, сажа и др.). В этом плане весьма перспективен распространенный в Сибири природный силикат – волластонит. Игольчатая форма кристаллов позволяет использовать его в качестве усиливающего наполнителя, аналогично другим коротковолнистым наполнителям, например асбесту, но в отличие от последнего волластонит совершенно безвреден.

В данной работе исследованы основные физико-химические показатели волласто-

ни-та  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  Синюхинского месторождения и его влияние как наполнителя на деформационно-прочностные и эксплуатационные свойства композиционных материалов (КМ) на его основе.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Для приготовления композиции ортофталевую полиэфирную смолу марки S280E (фирма Neste) смешивали с навеской наполнителя при температуре 20 °С в течение 15 мин, затем вводили отвердитель – пероксид метилэтилкетона (массовая доля 2 %). Основные характеристики смолы: содержание стирола 30 %, вязкость 0.70 Па·с, температура термической деформации 60 °С.

Размер частиц волластонита определяли седиментационным методом, площадь удельной поверхности – по методу Клячко – Гурвича [2], кислотно-основные свойства – с помощью универсального иономера ЭВ-74. Термический анализ проводили на дериватографе Q-1500 в интервале температур 20–700 °С в атмосфере воздуха. Макро- и микроструктуры изучали с помощью электронного сканирующего микроскопа SEM-130.

ТАБЛИЦА 2

Свойства композиционных материалов на основе волластонита и полиэфирной смолы

Показатель	Незаполненная композиция	Массовая доля волластонита, %		
		30	50	55
Исходная вязкость, Па·с	0.70	1.30	5.45	7.05
Исходная плотность, г/см <sup>3</sup>	1.12	1.36	1.50	1.53
Разрушающее напряжение, МПа:				
при сжатии	101.1	109.2	115.2	111.3
при растяжении	30.3	38.1	34.3	29.1
при изгибе	71.2	60.3	65.8	63.1
Температура начала разложения, °С	125	145	175	180
Водопоглощение за 30 сут, % (по массе)	0.54	0.56	0.58	0.59
Объемная усадка, %	8.1	5.6	4.0	3.5

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Волластонитовая порода содержит следующие компоненты (массовая доля), %: SiO<sub>2</sub> 49.11, CaO 46.09, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.98, K<sub>2</sub>O 0.17, Na<sub>2</sub>O 0.17. Основные физико-химические показатели волластонита: плотность 2.85 г/см<sup>3</sup>, среднemasсовый размер частиц (14.90 ± 4.1) мкм, площадь удельной поверхности  $S_{уд} = 1.6 \text{ м}^2/\text{г}$  (ошибка измерения составляет 10 %), щелочность водной суспензии pH (9.81 ± 0.02), твердость по Моосу 5.

Для определения физико-механических и эксплуатационных свойств полученных композиций были изготовлены стандартные образцы методом свободной заливки.

Свойства КМ на основе волластонита и ненасыщенной полиэфирной смолы приведены в табл. 1.

Существенное изменение характеристик наполненных полимеров, в особенности реологических и физико-механических, обусловлено влиянием наполнителя на структуру и свойства граничного слоя полимера, а также взаимодействием частиц наполнителя между собой. Из табл. 1 видно, с увеличением массовой доли волластонита (от 30 до 55 %) прочность КМ при сжатии на 8–15 % выше по сравнению с незаполненной смолой. Это объясняется тем, что при сжатии часть внешней нагрузки воспринимается жесткими частицами наполнителя, поэтому твердые наполнители повышают прочность при условии, что адгезия наполнителя к связующему равна или выше когезионной прочности матрицы.

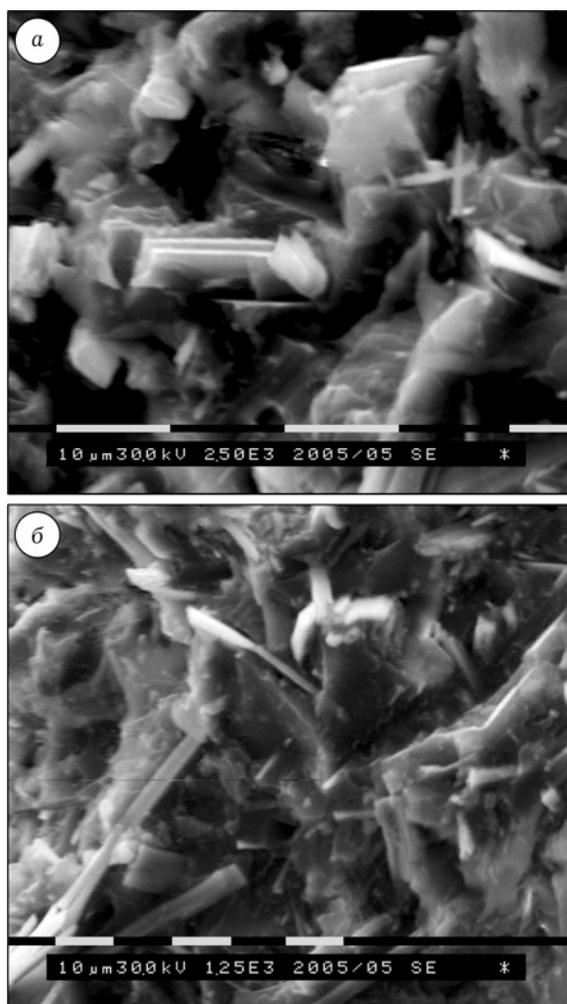


Рис. 1 Микроструктура композиционных материалов на основе волластонита с массовой долей наполнителя 30 (а) и 50 % (б).

волластонита обладают высокой прочностью при растяжении. Так, при введении в смолу 30 % волластонита эта величина возрастает на 26 %, а при дальнейшем наполнении наблюдается характерный спад разрушающего напряжения.

Авторы [4] связывают эффект усиления прочности полимерных КМ с развитием коагуляционных сетчатых структур, образующихся в результате сцепления частиц наполнителя через тонкие адсорбционно-сольватные слои полимера. С повышением наполнения композита доля адсорбционно-сольватных пленок полимера увеличивается до тех пор, пока полимер полностью не переходит в пленочное состояние. Дальнейшее наполнение приводит к дефициту полимерного связующего (недостаток которого в высоконаполненных КМ обуславливает дробление пленочной структуры полимера) и интенсивному порообразованию, что сопровождается снижением прочности композита [3].

По данным термического анализа (см. табл. 1), введение волластонита замедляет процесс деструкции, сдвигая начальную температуру разложения КМ в область более высоких значений. Повышение термостойкости наполненных полимеров, очевидно, обусловлено снижением кинетической подвижности макромолекул вследствие их адсорбционного взаимодействия с поверхностью наполнителя.

Изучение водопоглощения полиэфирной смолы и КМ на основе волластонита показало, что сорбционное равновесие достигается после 24–30 сут экспозиции в дистиллированной воде. Водопоглощение образцов, содержащих волластонит, незначительно выше такового (на 0.02–0.05 %) для ненаполненного образца.

На рис. 1 приведена микроструктура полученных материалов. Видно, что волластонит в композитах сохраняет свою структуру, а это позволяет получить переплетенную армирующую сетку из кристаллов и способствует увеличению механической прочности КМ на его основе.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, введение в полиэфирную смолу волластонита позволило на 8–26 % улучшить прочностные показатели КМ, повысить температурный интервал его эксплуатации до 180 °С и снизить усадку материалов на 3–5 %, а в конечном счете, учитывая его низкую стоимость и наличие больших запасов в Сибири, – значительно уменьшить цену конечной продукции. Сконструированные материалы могут найти применение в автомобилестроении при создании деталей, узлов и конструкций, работающих в условиях одновременного воздействия высоких температур, нагрузки на растяжение и сжатие и повышенной влажности среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 А. А. Батаев, Композиционные материалы: строение, получение, применение, Изд-во НГТУ, Новосибирск, 2002, 384 с.
- 2 Практикум по полимерному материаловедению, Под ред. П. Г. Бабаевского, Химия, Москва, 1980, 256 с.
- 3 В. И. Соломатов, А. Н. Бобрышев, К. Г. Химмлер, Полимерные композиционные материалы в строительстве, Под ред. В. И. Соломатова, Стройиздат, Москва, 1988, 312 с.
- 4 П. А. Ребиндер, Е. Д. Шукин, *Успехи физ. наук*, 9 (1972) 182.