

Определение кажущейся плотности композиционных материалов на основе эпоксидной смолы и прогнозирование эрозионной стойкости полученных композитов

Магистрант гр.18- МАШ(мг) Цветков И.С.
 Научный руководитель Котлярова И.А.
 Брянский государственный технический университет
 г. Брянск

Композиционные материалы на основе эпоксидной смолы широко используются для ремонта поврежденного оборудования и получения изделий различной сложности. Срок службы полученных изделий и клеевых соединений зависит от эрозионной стойкости композиционного материала, которая прямо пропорциональна истинной плотности и обратно пропорциональна пористости [1]. Истинная плотность – это величина, определяемая отношением массы однородного материала к занимаемому им объему в абсолютно плотном состоянии, т.е. без пор и пустот. Пористость материала характеризует степень заполнения объема материала порами [2].

Априори понятно, получение бездефектных композиционных материалов – практически труднореализуемая задача, поэтому истинную плотность теоретически рассчитывают по правилу смесей. Прямые методы измерения пористости материалов чрезвычайно сложны и этот показатель оценивают путем экспериментального определения свойств, зависящих от пористости, например, кажущейся плотности и водопоглощения.

В связи с этим целью нашей работы стало получение наполненных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы и прогнозирование их эрозионной стойкости по значению кажущейся плотности полученных композитов.

Наполненные композиционные материалы получали путем смешения связующего (100 частей ЭД-20, 12 частей отвердителя (полиэтиленполиамина), 5 частей пластификатора (трибутилфталата)) с 20 частями наполнителя. Компоненты смешивали на водяной бане, температура воды – 45 °С и отверждали в течение 24 часов. В качестве наполнителей использовали кремнезем, маршаллит, алюминиевую пудру, кристаллический графит, дубовую пыль. Предварительно определяли гравиметрическим методом содержание адсорбированной воды в наполнителях. Наличие влаги – причина дефектов в композитах (наличие пор, пустот), поэтому наполнители прокаливали в печи при температуре 100 °С в течение 30 мин для удаления физически связанной воды, табл.1.

Таблица 1 - Определение влажности дисперсных наполнителей гравиметрическим методом

Наполнитель	Масса до прокаливания m, г	Масса после прокаливания m ₀ , г	Содержание адсорбированной воды ω ¹ , %
Кремнезем	35,7	32,2	9,8
Маршаллит	13,1	11,0	16,0
Алюминиевая пудра	4,1	3,9	4,9
Кристаллический графит	13,3	13,0	2,2
Дубовая пыль	6,0	5,2	13,3

¹ω = (m-m₀)/m, где ω – содержание адсорбированной воды в долях от единицы; m – масса наполнителя до высушивания, г; m₀ – масса наполнителя после высушивания, г

Кажущуюся плотность полученных образцов, рис.1, определяли методом гидростатического взвешивания. Метод состоит во взвешивании образцов в воздухе, а затем в воде и вычислении их плотности по формуле

$$\rho_{\text{образца}} = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m_{\text{воздух}}}{m_{\text{воздух}} - m_{\text{вода}}},$$

где $m_{\text{воздух}}$ – масса образца, взвешенного в воздухе, г; $m_{\text{вода}}$ – масса образца, взвешенного в воде, г; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность воды, г/см³. Температура воды – 14 °С, $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0,99927$ г/см³.



Рис.1. Образцы композитов на основе эпоксидной смолы с различными наполнителями (слева на направо: дубовая пыль, маршалит, графит, без наполнителя, кремнезем, алюминиевая пудра)

Полученные экспериментальные данные представлены в табл.2.

Таблица 2 -Определение кажущейся плотности композитов методом гидростатического взвешивания

Образец	$m_{\text{воздух}}$	$m_{\text{вода}}$	ρ , г/см ³	Образец	$m_{\text{воздух}}$	$m_{\text{вода}}$	ρ , г/см ³
ЭД+ дубовая пыль	8,83	1,43	1,192	ЭД	13,76	1,09	1,085
ЭД+ маршалит	10,21	2,27	1,285	ЭД + кремнезем	9,60	0,78	1,088
ЭД + графит	11,88	2,74	1,299	ЭД + алюминиевая пудра	10,10	1,25	1,140

Проведенный эксперимент позволяет сделать следующие выводы:

1. Добавление наполнителей в эпоксидное связующее приводит к увеличению плотности материала (плотность увеличивается в ряду: ЭД → ЭД + кремнезем → ЭД + алюминиевая пудра → ЭД + дубовая пыль → ЭД + маршалит → ЭД + графит);

2. Учитывая, что нет прямой корреляции между плотностью используемых наполнителей (дубовая пыль – 2,27 г/см³, маршалит – 2,55 г/см³, графит – 2,26 г/см³, кремнезем – 2,65 г/см³, алюминиевая пудра – 2,55 г/см³), можно предположить о влиянии наполнителей на пористость полученного материала и, следовательно, на его эрозионную устойчивость.

3. Наибольшей устойчивостью к разрушению характеризуется эпоксидный композит, наполненный графитом; наименьшей – образец без наполнителя.

[1]. Ряшенцев М.С, Колесников С.А. Определение кажущейся и истинной плотностей углерод-углеродных композиционных материалов и конструкционных графитов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016 г. №7, том 82. С.43-44.

[2]. Ольхов А.А., Григорьева Е.А., Хватов А.В., Колесникова Н.Н., Попов А.А., Заиков Г.Ф. О методике определения плотности вспененных полимерных композиционных материалов // Вестн. Волгogr. гос. ун-та. Сер. 10, Иннов. деят. 2014. № 1 (10). С.55 – 60.