

КВ анионных красителей при крашении ПАН волокон, полученных путем инклюзионной модификации гель-волокон, в меньшей степени, по сравнению образцами, полученными путем введения в прядильный раствор, зависит от природы красителя.

Таким образом, установлена возможность модификации ПАН волокон путем введения катамина АБ в прядильный раствор. Волокна, содержащие катамин АБ, приобретают способность окрашиваться анионными красителями (в зависимости от содержания модификаторов можно подбирать глубину крашения ПАН волокон), что делает реальной возможность совместного крашения модифицированных ПАН волокон и шерсти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пчелова, Н.В. Исследование влияния условий формирования на окрашиваемость гель-волокон из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты / Н.В. Пчелова, Л.А. Щербина, И.С. Городнякова, И.А. Будкуте // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – № 2 (39). – С. 118-129. DOI: org/10.24411/2079-7958-2020-13912.

УДК 543.632.54

Лаптик И.О., Прокопчук Н.Р.

(Белорусский государственный технологический университет)

Постников Д.П.

(ООО «МагКомпозит»)

ПОВЫШЕНИЕ НАНОЧАСТИЦАМИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

Полимерная композитная арматура на основе эпоксидных, ненасыщенных полиэфирных смол и различных волокнистых наполнителей все больше применяется взамен стальной, так как не подвержена коррозии во время эксплуатации. Долговечность композитной арматуры прогнозируется до 50 лет на основе кинетики снижения механических свойств. Методы повышения долговечности композитной арматуры системно не исследуются. В данной работе впервые выполнено исследование по влиянию щелочной среды бетонной массы на понижение долговечности арматуры на основе эпоксидной смолы. Предложен и изучен способ возможного повышения долговечности данного вида арматуры введением в систему эпоксидного связующего наночастиц.

Наночастицы, имея на своей поверхности электрический заряд, физически взаимодействуют с оставшимися после отверждения в молекулах эпоксидной смолы полярными группами (эпоксидными, гидроксильными), усиливая тем самым межмолекулярные взаимодействия.

В результате можно было ожидать замедления движений звеньев олигомерных молекул эпоксидной смолы, повышения потенциального барьера разрушения химических связей внутри макромолекул и соответственного роста долговечности в заданных условиях эксплуатации арматуры.

Оценку долговечности было целесообразно провести экспресс-методом для изделий полимерных в строительстве согласно СТБ [1].

Для доказательства усиления наночастицами межмолекулярных взаимодействий в отвержденных композициях были исследованы гель-фракция и водопоглощение образцов.

В таблице 1 представлены основные характеристики наночастиц АШ-А (ТУ РБ 100056180.003- 2003) (НПЗ АО «Синта» (Минск)).

В результате научного эксперимента были определены: температура отверждения – 180 °С, время отверждения – 20 минут.

Таблица 1 – Характеристика АШ-А

Наименование показателя	АШ-А
Метод получения	Детонационный синтез
Внешний вид	Черный порошок
Размер и форма	Полидисперсный порошок (1–100 мкм) с неправильными частицами округлой формы
Размер единичного кристалла, нм	10
Окисляемые формы углерода, %	53,4
Удельная поверхность, м ² /г	404
Объем пор, см ³ /г	1,245
Функциональные поверхностные группы:	COOH, CH _x , C ₆ H ₆

В таблице 2 представлены основные характеристики наночастиц диоксида титана.

Таблица 2 – Характеристика TiO₂

Характеристики	TiO ₂ (1791-003-36280340-2008)
Химическое наименование	Порошок оксида титана
Химическая формула	TiO ₂
Фазовый состав	Смесь фаз анатаз и рутил
Внешний вид и цвет	Индивидуальные частицы преимущественно сферической формы. Цвет - белый
Насыпная плотность, г/см ³	0,5–2,0
Площадь удельной поверхности, м ² /г	12,5

В эпоксидные композиции дополнительно введены наночастицы TiO_2 и АШ-А в количестве 0,01 мас. %. Для равномерного распределения наночастиц в объеме полимерной матрицы и предотвращения их агрегации и последующей агломерации готовили дисперсии наноматериалов в различных растворителях.

Методика введения наночастиц в эпоксидную смолу заключалась в предварительном диспергировании их в растворителе в ячейке ультразвуковой ванны BandelineSonorex в течение 30 мин с последующим смешением 10 мин.

Изучение термических характеристик образцов покрытий на основе эпоксидных материалов проводили с использованием термоаналитической системы TGA/DSC1 «Mettler Toledo» (Швейцария) в определенном температурном интервале при скорости линейного повышения температуры 5 °С/мин.

Методом Бройдо по данным динамической термогравиметрии рассчитывается энергия активации термоокислительной деструкции E_d . Интервал деструкции макромолекул для каждого полимера устанавливается экспериментально по кривой ДТГ.

Анализ полученных результатов показал:

- Наномодифицирование композитов на основе эпоксидной смолы увеличивает содержание гель-фракции в них, замедляет водопоглощение и незначительно повышает параметр E_d ;

- Впервые произведена количественная оценка влияния щелочной среды бетона на снижение параметра E_d , что позволяет более точно рассчитать долговечность композитной арматуры в реальных условиях ее эксплуатации [2];

- Немодифицированные композиты в результате действия щелочной среды снижают потенциальный барьер разрушения с 97 кДж/моль до 87 кДж/моль, т.е. на 10 кДж/моль, а наномодифицированные композиты – с 99 кДж/моль до 93 кДж/моль, т.е. на 6 кДж/моль;

- Рассмотренное влияние щелочной среды на параметр E_d согласуется с ее влиянием на содержание гель-фракции в композитах – немодифицированные композиты снижают гель-фракцию с 81 % до 75 %, т.е. на 6 %, а наномодифицированные с 98 % до 91 %, т.е. на 7 %. Однако при этом общий уровень гель-фракции у наномодифицированных образцов остается существенно выше.

При эксплуатации стеновых конструкций на арматуру композитную действуют следующие факторы:

- Механические нагрузки. Поскольку адгезия смолы к стеклонити высокая, образующийся после отверждения смолы композит имеет высокие прочности на сжатие, изгиб, растяжение. Значение прочности

стеклокомпозита на сжатие (основного вида нагружения арматуры) составляет 300 МПа. При коэффициенте запаса прочности равному 1,5 максимально допустимая нагрузка на арматуру не превышает $300/1,5 = 200$ (МПа). Так как диаметр арматуры равен 6 мм, то площадь его поперечного сечения равна $(3,14 \times 36)/4 = 28 \text{ мм}^2$. На 1 мм^2 площади сечения действует внутреннее напряжение $\sigma_{\text{вн}} = 200/28 = 7$ (МПа). Структурно-чувствительный коэффициент γ , входящий в уравнение Журкова С.Н., имеет относительно низкое значение 2,5 кДж/моль $\times$ МПа для сшитых полимерных систем с плотной упаковкой макромолекул (СТБ 1333.2–2002). Тогда понижение параметра E_d механическим напряжением $\Delta E_{\text{мех}}$ составляет: $\Delta E_{\text{мех}} = \sigma_{\text{вн}} \times \gamma = 7 \times 2,5 = 18$ кДж/моль.

– Химическая агрессивность окружающего бетона. Воздействие водной щелочной среды с достаточно высоким рН на связующее арматуры композитной составляет 10 кДж/моль, а у наномодифицированных образцов – 7 кДж/моль.

Средняя температура композита в весенне-осенний период в дневное время на солнечной стороне в стеновых панелях не будет превышать 40 °С, а в ночное время – 20 °С. Тогда среднесуточная температура составит 30 °С. В зимний период стеклокомпозит арматуры прогревается не более чем на 15 °С. Поэтому среднегодовая температура арматуры составит $(30 + 15)/2 = 22,5$ °С в самых жестких условиях эксплуатации в РБ. Для последующего расчета долговечности арматуры стеновых бетонных панелей принимается температура 23 °С.

Расчетное значение энергии активации $E_{\text{расч}}$, определяющее долговечность арматуры композитной, составляет для немодифицированных образцов 69 кДж/моль (значение долговечности составляет 30 лет), а наномодифицированных образцов 74 кДж/моль (значение долговечности составляет 59 лет).

Таким образом, наномодифицированием арматуры композитной на основе эпоксидной смолы можно добиться увеличения долговечности в реальных условиях ее эксплуатации практически вдвое.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 1333.0–2002 «Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности по энергии активации термоокислительной деструкции полимерных материалов» – Введ. 28.06.2002 (впервые). – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2002. – 8 с.

2. ГОСТ 32487–2013 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик стойкости к агрессивным средам. – М.: Межгосударственный стандарт, 2013. – 7 с.