

УДК 691.175:620.18

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И УПРУГИХ СВОЙСТВ  
ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА  
ПРИ ВВЕДЕНИИ В СОСТАВ ГРАФИТА

Э. А. Черников

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

В состав полимерного композиционного материала, применяемого для производства плит и блоков kolejных покрытий временных автомобильных дорог как лесовозного, так и общего назначения, с целью повышения водостойкости, снижения внутренних напряжений введена графитовая электродная мука.

Теоретическая проработка материала по данному вопросу показала, что по данным В. Ш. Барбакадзе [1] и В. И. Соломатова [2], полимербетон с графитовым наполнителем за 80 суток выдерживания в воде понизил прочность лишь на 24 %, в то время как снижение прочности полимербетона с кварцевым наполнителем достигло 40 % начального значения.

По данным И. М. Елшина [3], введение в состав полимербетона графитового наполнителя способствует повышению его морозостойкости. Падение прочности после 300 циклов замораживания составляет около 40 %.

Результаты экспериментальных исследований, по данным И. М. Елшина [3] и В. В. Патуроева [4], показали, что у полимербетонных, содержащих в качестве активных наполнителей кварцевую или андезитовую муку, введение 5 % по общей массе графитовой муки снижает внутренние напряжения на 25 ... 30 % при сохранении исходных прочностных характеристик.

Для подтверждения изложенных данных и определения наиболее эффективного содержания графита в составе полимерной части матрицы полимерного композиционного материала [5] испытывались серии образцов, вводя 1; 2; 3; 4; 5 и 6 % графита от ее массы, в частях или % по массе: ФАМ – 5.7 (25.9); БСК – 1.2 (5.45); андезит (молотый песок) – 15.0 (68.2); стеклосетка – 0.11 (0.45). Кроме того, испытывали контрольную серию без графита. Число образцов серии на каждую экспериментальную точку равнялось трем. Эксперименты проводили на чистый изгиб и сжатие для определений значений пределов прочности –  $\sigma_{чи}$  и  $\sigma_{сж}$ , модулей упру-

гости –  $E_{чи}$  и  $E_{сж}$  и предельной растяжимости –  $\varepsilon_p$  при соответствующем содержании компонента в композите (табл. 1). Результаты экспериментов обрабатывали по программе с описанием зависимостей полиномами третьей степени.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики матрицы полимерного композиционного материала в зависимости от количества графита в ее полимерной части

Количество компонента, %	Предел прочности, Мпа		Модуль упругости, $10^4$ МПа		Предельная растяжимость $\varepsilon_p$ , %
	чистый изгиб $\sigma_{чи}$	сжатие, $\sigma_{сж}$	чистый изгиб $E_{чи}$	сжатие, $E_{сж}$	
0	18,83	83,36	1,60	1,30	0,52
1,0	20,43	65,64	1,73	1,04	0,53
2,0	22,86	69,28	1,93	1,11	0,55
2,5	24,23	75,37	2,05	1,21	0,57
3,0	25,62	82,29	2,17	1,32	0,58
3,5	26,97	88,54	2,28	1,43	0,60
4,0	28,21	92,64	2,39	1,48	0,61
4,5	29,29	93,08	2,48	1,49	0,62
5,0	30,14	88,36	2,55	1,41	0,63
5,5	30,76	76,97	2,60	1,23	0,63
6,0	30,90	57,43	2,61	0,92	0,62

Для более наглядного представления зависимостей пределов прочности и модулей упругости при "чистом изгибе" и сжатии, а также предельной растяжимости от количества графита в составе полимерной части матрицы и затем создания математической модели наилучшего состава полимерного композиционного материала, в полученные эмпирические формулы вводили также результаты дополнительно проведенных экспериментов с промежуточным содержанием в ней графита.

Результаты представлены в сводной таблице 2.

Полученные зависимости требуют объективного анализа. На графике видно, что при введении в состав небольших количеств до 1 % графита, наблюдается падение прочности и модулей упругости.

В. В.Патуроев [7] объясняет первоначальное снижение прочности графитопластов на фенольных смолах тем, что частицы наполнителя обуславливают появление в связующем различных неоднородностей, повышение дефектности его структуры и возникновение опасных зародышей разрушения. Таким обра-

зом, снижение прочности композита при малом наполнении следует объяснять появлением концентраторов напряжений в первоначально однородной структуре полимерной матрицы.

Таблица 2 – Выявление границ зоны благоприятных свойств матрицы полимерного композиционного материала по формулам зависимостей его характеристик от содержания графита

Формула зависимостей характеристик от содержания графита	Количество графита, %	Максимальные значения характеристики
$\sigma_{\text{чи}} = 18.8334 + 1.01175Гр + 0.666733Гр^2 - 0.0833404Гр^3$	6.0	31.0 МПа
$E_{\text{чи}} = (1.59524 + 0.0830444Гр + 0.0577431Гр^2 - 0.0072228Гр^3) \cdot 10^4$	6.0	$2.6 \cdot 10^4$ МПа
$\sigma_{\text{сж}} = 83.3574 - 32.394Гр + 16.6791Гр^2 - 2.00005Гр^3$	4.3	93.5 МПа
$E_{\text{сж}} = (1.30667 - 0.493508Гр + 0.259888Гр^2 - 0.0313897Гр^3) \cdot 10^4$	4.3	$1.5 \cdot 10^4$ МПа
$\varepsilon_p = 0.52119 - 0.0061888Гр + 0.0138089Гр^2 - 0.0016666Гр^3$	5.3	0.63 %

Структурообразующая роль графита повышается при введении его в состав матрицы в количестве 1,0 ... 4,3 % по массе. При этом заполняются "пустые" пространства между зернами андезита (молотого песка), структура композита становится более плотной, в результате чего повышается физико-механические свойства материала.

При количестве 4,3 % графита от массы базового состава полимерной матрицы (табл. 2) композит достигает наилучших прочностных свойств при испытании на сжатие.

С дальнейшим увеличением его количества наблюдается резкое снижение прочности, что может быть объяснено "расползанием" частиц под нагрузкой по графитовой смазке. Вместе с тем, продолжается рост прочностных и упругих характеристик при чистом изгибе и растяжении, которые по тем же причинам начинают снижаться при 5 ... 6 % содержания графита.

Рассматривая весь комплекс зависимостей прочностных характеристик от содержания графита в базовом составе полимерной матрицы (табл. 2), приходим к выводу, что "зона благоприятных свойств" материала для данного модифицирующего компонента полимерного композиционного материала теоретически находится в пределах 4,3 ... 6,0 % содержания в нем графита. Что согласуется с данными работ В. И. Соломатова, И. М. Елшина и В. В. Патуроева и уточняет их.

Библиографический список

- 1 Долговечность строительных конструкций и сооружений из композиционных материалов / В. Ш. Барбакадзе, В. В. Козлов, В. Г. Микульский ; Под ред. В. Г. Микульского. – М. : Стройиздат, 1993. – 256 с.
- 2 Армополимербетоны в транспортном строительстве. / Под ред. В. И. Соломатова. – М. : Транспорт, 1979. – 232 с.
- 3 Ельшин И. М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве. – М. : Стройиздат, 1980. – 192 с.
- 4 Патуроев В. В. Полимербетоны / НИИ бетона и железобетона. – М. : Стройиздат, 1987. – 286 с.
- 5 Харчевников В. И., Зобов С. Ю., Бондарев Б. А. Новый композиционный материал для железнодорожных шпал. // Научно-технические достижения в области дорожных строительных материалов, строительства, реконструкции и искусственных сооружений : Тез. докл. науч. конф. – Липецк, 1995. – С. 25-26.
- 6 Патуроев, В. В. Технология полимербетонов / Физико-химические основы. – М. : Стройиздат, 1977. – 236 с.
- 7 Цетлин Б. Л. и др. // В кн. : Углеродистые материалы и их применение в аппаратостроении. – М. : Профиздат, 1958. – С. 25-30.