

УДК 678.5/6:677.4:538.12

СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ, АРМИРОВАННЫХ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРНОЙ АРМАТУРОЙ

¹Черемухина И.В., ¹Студецов В.Н., ²Иващенко Ю.Г.

¹ФГБОУ ВО «Энгельский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.», Энгельс, e-mail: eti@techn.sstu.ru;

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Энгельс, e-mail: sstu@mail.ru

Мы изучили влияние модифицированных полимерных стержней на свойства цементных бетонов. Получили результаты физико-механических характеристик бетонных образцов на основе модифицированных ультрафиолетовым излучением (УФИ) полимерных стержней. Рассчитаны следующие характеристики материалов: усилие, вызывающее разрушение при статическом изгибе, МПа; прочность при сжатии, МПа; суточное водопоглощение, %; плотность, кг/м³. Полимерная арматура содержит шитую термореактивную смолу и армирующие волокна: полиакрилонитрильные (нитрон), стеклянные волокна (СВ) или вискозные волокна (ВВ). Для направленного регулирования эксплуатационных свойств армированных полимерных композиционных материалов на основе термореактивных матриц широко используются физические методы модификации волокнистых наполнителей. Обработка препрегов ультрафиолетовым излучением (УФИ) это физическая модификация. Главное преимущество новых материалов: увеличенные удельные прочностные характеристики по сравнению с традиционной сталью, уменьшенная плотность, увеличенная химическая стойкость.

Ключевые слова: армированные полимерные композиционные материалы, ультрафиолетовое излучение, физическая модификация

PROPERTIES OF CEMENT CONCRETES, REINFORCED BY MODIFIED POLYMER ARMATURE

¹Cheryomuhina I.V., ¹Studentsov V.N., ²Ivaschenko Y.G.

¹Engels Technological Institute of Yuri Gagarin Saratov State Technical University of Saratov, Engels, e-mail: eti@techn.sstu.ru;

²Yuri Gagarin Saratov State Technical University of Saratov, Engels, e-mail: sstu@mail.ru

We have researched the influence of modified polymer pivots on the properties of cements concretes. We got the results of physical and mechanical characteristics for concrete samples. It was made with the physical modification ultraviolet radiation (UVR) polymer rods. Following material characteristics are analyzed: stress causing failure under static bending, MPa; pressing strength, MPa; daily water absorption, %; density, kg/m³. Polymer armature consists cross-linked thermoset and reinforcing fibers: polyacrylonitrile (Nitron), glass fibers (GF) or viscose fibers (VF). Treatment prepreps by ultraviolet radiation (UVR) is physical modification. Main advantages of new materials: increased resisted strength characteristics in comparison with traditional steel, decreased density and increased chemical firm. The processes in aggressive and environments are studied also.

Keywords: reinforced polymeric composite materials, ultraviolet radiation, physical modification

Плотность волокнаполненных реактопластов в зависимости от плотности применяемых волокнистых наполнителей составляет не более 1000–1500 кг/м³, что значительно меньше плотности цементных бетонов с заполнителями в виде песка и щебня (плотность около 2000 кг/м³). Стальная арматура (плотность 9000 кг/м³) всегда увеличивает плотность изделия. Следовательно, применение полимерной арматуры в цементных бетонах позволяет не только упрочнить, но и облегчить изделие, а также снизить их водопоглощение и повысить их химическую стойкость. Применение различных физических воздействий, а в данном случае, ультрафиолетового излучения (УФИ) позволяет целенаправленно регулировать свойства получаемой полимерной арматуры.

Цель работы состоит в изучении химических и физико-механических свойств цементных бетонов с использованием модифицированной полимерной арматуры.

Исходные компоненты для получения полимерной арматуры: в качестве связующего использовали эпоксициановую смолу ЭД-20, (ГОСТ 10587-93), отверждаемую полиэтиленполиамином (ПЭПА), ТУ 6-02-594-85), а в качестве армирующих наполнителей – полиакрилонитрильный жгутик (ПАН), ТУ 13-239-79) и вискозную техническую нить (ВН). В качестве источника УФИ применяли облучатель бактерицидный настенный ОБН-150 с лампой ДБ-30 при длине волны 253,7 нм. В опытах контролировали линейную плотность (г/м) исходных и пропитанных нитей и степень превращения X, массовые проценты, исход-

ного олигомерного связующего в нерастворимый сетчатый продукт. Величину X определяли методом экстракции золя ацетоном при комнатной температуре.

Компоненты бетона: цемент марки 400, речной песок, известняковый щебень.

Для испытаний изготавливали малые образцы армированного и неармированного бетона размером 4x4x16 см и большие образцы размером 10x10x25 см. Малые образцы наполняли либо щебнем, либо полимерной арматурой, а большие образцы наполняли и тем и другим одновременно. В армированные образцы вводили арматуру в виде стандартных стержней диаметром 10 мм и длиной 200 мм с утолщениями на концах, необходимыми для механических испытаний стержней.

Однонаправленные армированные стержни указанных размеров формовали в стальной разъемной форме с последующим отверждением. Продолжительность твердения бетона – четыре недели.

Для бетонных образцов определяли следующие характеристики: разрушающее напряжение при статическом изгибе $\sigma_{и}$, кПа; разрушающее напряжение при сжатии $\sigma_{сж}$, кПа; суточное водопоглощение w , %; плотность ρ , кг/м³.

Для получения бетонных конструкций бетонную смесь после тщательного перемешивания заливают в формы с заранее установленными в них полимерными каркасами, после застывания бетонной смеси получают бетонные образцы, армированные полимерной арматурой.

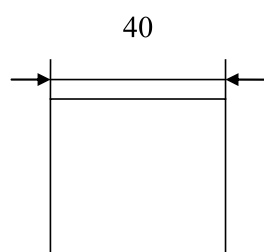


Рис. 1. Малое, неармированное бетонное изделие

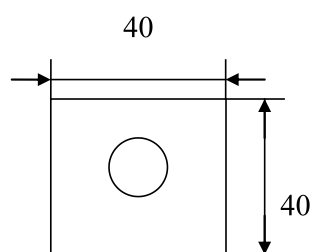


Рис. 2. Малое бетонное изделие, армированное полимерной арматурой

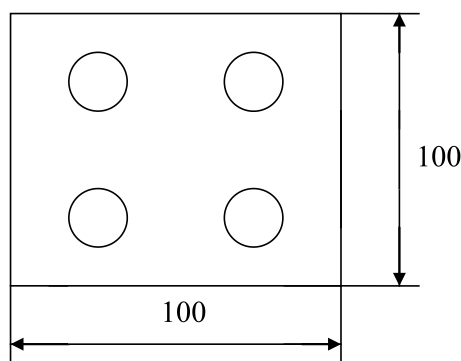


Рис. 3. Большое изделие, армированное полимерной арматурой

Таблица 1

Сравнение физико-механических характеристик бетонных изделий без арматуры и изделий, армированных арматурой (малые изделия: 40 мм×40 мм×160 мм)

Вид изделия	$\sigma_{и}$, МПа	$\Delta\sigma_{и}$, %	$\sigma_{сж}$, кПа	$\Delta\sigma_{сж}$, %	$\alpha_{уд}$, кг/Дж/м ²	$\Delta\alpha_{уд}$, %	ρ , кг/см ³	$\Delta\rho$, %	W, %	ΔW , %
Без арматуры	1,6	–	44	–	18	–	1850	–	11	–
Изделия с ТПАНЖ	2,4	50	11	–75	–	–	1573	–15	14	27
Изделия с ВН	2,2	38	9	–80	–	–	1694	–8	13	18
Изделия с СН	4,7	42	–	–	40	122	1900	3	11	00

Для изучения основных физико-механических характеристик бетонных изделий были изготовлены большие и малые бетонные изделия, армированные и неармированные полимерной арматурой со следующими размерами: 40 мм×40 мм×160 мм – малые изделия (рис. 1, 2) и 10 см×10 см×26 см – большие изделия (рис. 3).

Значения $\alpha_{уд}$ изделий, армированных модифицированной стеклонаполненной арматурой, увеличивается в 2 раза по сравнению с неармированными изделиями. Применение арматуры приводит также к увеличению прочности бетонных изделий. Использование СН для армирования малых изделий можно рекомендовать с целью повышения $\sigma_{и}$ ($\sigma_{и} = + 42\%$).

Применение полимерной арматуры приводит к снижению плотности изделий по сравнению с неармированным бетоном, за исключением арматуры, наполненной СН, поскольку стекло имеет большую плотность, чем отвержденное вяжущее. Любая полимерная арматура снижает плотность изделий по сравнению с бетоном, армированным сталью.

Сравнение результатов испытаний малых и больших изделий показало, что для объективной оценки влияния арматуры требуется учитывать масштабный фактор. Для малых изделий, сечение которых соизмеримо с сечением арматуры ($S_{арм} = 0,78 \text{ см}^2$), величины $\sigma_{и}$ и $\sigma_{сж}$ сравнительно малы, влия-

ние арматуры лежит в пределах погрешности измерений.

Разрушающее напряжение при сжатии армированных изделий уменьшается по сравнению с неармированными, в силу различия деформационных свойств отвержденного вяжущего и арматуры, при этом плотность изделия уменьшается, что является положительным явлением, а точное водопоглощение возрастает, в силу образования дефектов на границе «арматура – вяжущее».

Для изучения влияния среды, неармированные и армированные полимерной арматурой изделия, помещали в деценормальный (0,1н) раствор соляной кислоты (HCl), продолжительность выдержки образцов составила два месяца.

Измельчённое вяжущее отбирали из объёма и из поверхностных слоёв бетонных изделий.

Под действием соляной кислоты (HCl) в бетонных изделиях, не армированных полимерной арматурой, происходит увеличение содержания групп CH_2 , это может быть связано с ростом бактерий в кислой среде. Так как HCl – сильная кислота, то происходит разрушение карбонатов с образованием дополнительного количества анионов CO_3 , также происходит незначительное окисление алюминия (Al) и кремния (Si), причём кремний в кислой среде окисляется сильнее, чем алюминий.

Таблица 2

Сравнение физико-механических характеристик бетонных изделий без арматуры и изделий, армированных арматурой (большие изделия: 10 см×10 см×26 см)

Вид изделия	ρ , кг/см ³	$\Delta\rho$, %	$\sigma_{и}$, МПа	$\Delta\sigma_{и}$, %
Без арматуры	2150	–	23	–
Изделия со стальной арматурой	2576	20	110	378
Изделия с ТПАНЖ	2040	– 5	47	104
Изделия с ВН	2076	– 3	50	117
Изделие с СН	2346	9	57	147

Таблица 3

Влияние воздуха и кислоты на интенсивность пропускания полос ИКС, %

Среда	Бетонные изделия без арматуры										
	n ОН, см ⁻¹	n CH ₂ , см ⁻¹		v ₃ CO ₃ ²⁻ , см ⁻¹		v ₂ CO ₃ ²⁻ , см ⁻¹	n Al ₂ O ₃ , см ⁻¹			n Si ₂ O ₃ , см ⁻¹	n SiO ₄ , см ⁻¹
	3425	2921	2852	1736	1467	876	1089	693	592	1089	797
Объём, возд.	40	29	19	7	33	–	53	14	11	53	30
Объём, кисл.	38	38	27	12	42	17	67	14	12	67	37
Бетонные изделия, армированные модифицированной полимерной арматурой на основе ТПАНЖ											
Гран. слой, возд.	43	43	29	12	40	15	65	15	13	72	45
Гран. слой, кисл.	43	28	19	5	54	27	57	18	9	74	39

В бетонных изделиях, армированных полимерной арматурой, снижение групп CH_2 свидетельствует о разрушении полимеров в переходном слое, поскольку CH_2 содержится в наполнителе ТПАНЖ и в связующем полиэпоксиде. Соляная кислота разрушает карбонаты цемента. Присутствие арматуры препятствует окислению кремния.

В переходном слое заметно больше групп OH и возрастает количество CH_2 и CO_3 групп, т.к. происходит разложение карбонатов под действием арматуры. Арматура усиливает окисление алюминия и кремния.

Кислота разлагает полимерную арматуру, поэтому количество групп CH_2 уменьшается, снижается также количество Al_2O_3 , а содержание SiO_4 возрастает. Всё это свидетельствует о химическом взаимодействии арматуры с вяжущим.

Выводы

1. Главным преимуществом разработанных изделий, предназначенных для армирования бетонов, является их повышенная удельная прочность по сравнению с традиционной арматурой. Перспективность новых изделий обусловлена их пониженной плотностью и их высокими удельными прочностными характеристиками.

2. Соляная кислота разрушает карбонаты цемента, а присутствие арматуры препятствует окислению кремния.

Список литературы

1. Кузнецов В.А. Свойства цементных бетонов, армированных стержнями из реактопластов / А.В. Кузнецов, В.Н. Студенцов, И.В. Черемухина. Перспективные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология: доклады Международной конференции «Композит 2010». – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 404–409. – ISBN 978-5-7433-2275-6.

2. Пат. 2324709 Российская Федерация, МПК С08 J 5/24, С 08 J5/06, С 08 L 63/02, С 08 G 59/56, В29С 35/08.

Способ получения армированного полимерного композиционного материала / Мурадов А.Б., Черемухина И.В., Студенцов В.Н., Кузнецов В.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет». – № 2007109590; заявл. 15.03.2007; опубл. 20.05.2008, Бюл. № 14. – 10 с.

3. Черемухина И.В. Применение полимерных стержней из реактопластов для армирования цементных бетонов / И.В. Черемухина, В.Н. Студенцов, В.А. Кузнецов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 4, Вып. 1. – С. 139–142.

4. Cheryomuhina I.V. Modification of reinforced thermosetting plastic with ultraviolet radiation Fibre / I.V. Cheryomuhina, V.N. Stoudentsov, N.V. Zubtsova // Fibre Chemistry. – 2008. – Vol. 40, № 1. – P. 57–60.

5. Cheryomuhina I.V. Evaluation of the effectiveness of methods of physical modification in production of reinforced thermosetting plastics / V.N. Stoudentsov, I.V. Cheryomuhina, A.N. Golyshev // Fibre Chemistry. – 2008. – Vol. 40, № 6. – P. 493–495.

References

1. Kuznecov V.A. Svojstva cementnyh betonov, armirovannyh sterzhnjami iz reaktoplastov / A.V. Kuznecov, V.N. Studencov, I.V. Cheryomuhina. Perspektivnye kompozicionnye materialy. Alternativnye tehnologii. Pererabotka. Primenenie. Jekologija: doklady Mezhdunarodnoj konferencii «Kompozit 2010». Saratov: Sarat. gos. tehn. un-t, 2010. pp. 404–409. ISBN 978-5-7433-2275-6.

2. Pat. 2324709 Rossijskaja Federacija, MPK S08 J 5/24, C 08 J5/06, C 08 L 63/02, C 08 G 59/56, V29S 35/08. Sposob poluchenija armirovannogo polimernogo kompozicionnogo materiala / Muradov A.B., Cheryomuhina I.V., Studencov V.N., Kuznecov V.A.; zjavitel i patentoobladatel GOU VPO «Saratovskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet». no. 2007109590; zjavl. 15.03.2007; opubl. 20.05.2008, Bjul. no. 14. 10 p.

3. Cheryomuhina I.V. Primenenie polimernyh sterzhnej iz reaktoplastov dlja armirovanija cementnyh betonov / I.V. Cheryomuhina, V.N. Studencov, V.A. Kuznecov // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2011. no. 4, Vyp. 1. pp. 139–142.

4. Sheryomuhina I.V. Modification of reinforced thermosetting plastic with ultraviolet radiation Fibre / I.V. Cheryomuhina, V.N. Stoudentsov, N.V. Zubtsova // Fibre Chemistry. 2008. Vol. 40, no. 1. pp. 57–60.

5. Cheryomuhina I.V. Evaluation of the effectiveness of methods of physical modification in production of reinforced thermosetting plastics / V.N. Stoudentsov, I.V. Cheryomuhina, A.N. Golyshev // Fibre Chemistry. 2008. Vol. 40, no. 6. pp. 493–495.