

Д. А. ОРЕШКИН, В. А. ЧЕМУРАНОВ, А. В. БЛИЗНЮК

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Широкое применение композитов сдерживалось, в основном, из-за отсутствия промышленной технологии, которая позволила бы наладить массовый выпуск изделий со сложной конфигурацией с требуемой точностью размеров.

Рассмотрены вопросы создания технологии производства стекло- и базальтопластиковой арматуры периодического профиля для армирования цементобетона и определение химической стойкости композитной арматуры.

В основу технологии было положено формование арматурного стержня методом пуллвиндинга - технологии, совмещающей протяжку предварительно пропитанного связующим непрерывного армирующего волокна с его обмоткой нитями из стеклянного, базальтового или углеродного волокна в едином технологическом бесфильтрном процессе. Технология получения арматурного стержня методом бесфильтрной роллтрюзии является практически безотходным и высокопроизводительным процессом в виду своей непрерывности. Принципиальными отличиями предлагаемой арматуры является наличие на протяжении всей длины основного (силового) цилиндрического композитного стержня и стоя анкеровки - спирально деформированного слоя на поверхности арматурного стержня из того же композита, но с меньшим процентом содержания армирующего наполнителя.

Установлено, что арматура композитная может быть использована для армирования бетона, подвергающегося воздействию кислотных и щелочных агрессивных сред, в том числе и бетонов, применяемых для строительства очистных сооружений.

Результаты исследований положены в основу разработки Указаний по проектированию и изготовлению бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой на основе базальто- и стекловолокна

Ключевые слова: стеклопластик, базальтопластик, арматура, бетон, химическая стойкость.

Д. О. ОРЄШКІН, В. А. ЧЕМУРАНОВ, О. В. БЛИЗНЮК

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ ПЕРІОДИЧНОГО ПРОФІЛЮ

Широкое застосування композитів стримувалося, в основному, через відсутність промислової технології, яка дозволила б налагодити масовий випуск виробів зі складною конфігурацією з необхідною точністю розмірів.

Розглянуто питання створення технології виробництва скло і базальтопластикової арматури періодичного профілю для армування цементобетона і визначення хімічної стійкості композитної арматури.

В основу технології було покладено формування арматурного стержня методом пуллвіндинга - технології, що поєднує протяжку попередньо просоченого сполучною безперервного армирующего волокна з його обмоткою нитками зі скляного, базальтового або вуглецевого волокна в єдиному технологічному бесфільтрному процесі. Технологія отримання арматурного стержня методом бесфільтрної роллтрюзії є практично безвідходним і високопродуктивним процесом з причини своєї безперервності. Принциповими відмінностями запропонованої арматури є наявність протягом всієї довжини основного (силового) циліндричного композитного стрижня і стоячі анкерування - спірально деформованого шару на поверхні арматурного стрижня з того ж композиту, але з меншим відсотком вмісту армирующего наповнювача.

Встановлено, що арматура композитна може бути використана для армування бетону, що піддається впливу кислотних і лужних агресивних середовищ, в тому числі і бетонів, що використовуються для будівництва очисних споруд.

Результати досліджень покладені в основу розробки Вказівок з проектування і виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і скловолокна

Ключові слова: склопластик, базальтопластик, арматура, бетон, хімічна стійкість.

D A. ORESHKIN, V. A. CHEMURANOV, A. V. BLYZNYUK

TECHNOLOGY OF MANUFACTURING COMPOSITE VALVES OF A PERIODIC PROFILE

The widespread use of composites was restrained, mainly due to the lack of industrial technology that would allow mass production of products with a complex configuration with the required dimensional accuracy.

The issues of creating a technology for the production of glass and basalt plastic reinforcement of a periodic profile for the reinforcement of cement concrete and the determination of the chemical resistance of composite reinforcement are considered.

The technology was based on the formation of a reinforcing bar by pulling method - a technology that combines the broaching of pre-impregnated with a binder of continuous reinforcing fiber with its winding threads of glass, basalt or carbon fiber in a single technological non-filter process. The technology for producing a rebar by the method of non-filtering rolltrusion is a practically waste-free and high-performance process due to its continuity. The principal differences of the proposed reinforcement is the presence throughout the entire length of the main (power) cylindrical composite rod and standing anchoring - a spirally deformed layer on the surface of the reinforcing rod of the same composite, but with a smaller percentage of reinforcing filler.

It has been established that composite reinforcement can be used for the reinforcement of concrete exposed to acidic and alkaline corrosive media, including concrete, used for the construction of sewage treatment plants.

The research results form the basis for the development of guidelines for the design and manufacture of concrete structures with non-metallic composite reinforcement based on basalt and glass roving

Keywords: fiberglass, basalt plastic, reinforcement, concrete, chemical resistance.

Введение. До недавнего времени композитные материалы использовались преимущественно в самолёто- и кораблестроении, космической технике. Они прочнее и значительно легче стали, выгодно отличаются от неё химической стойкостью и диэлектрическими свойствами [1]. Широкое применение композитов сдерживалось, в основном, из-за отсутствия промыш-

ленной технологии, которая позволила бы наладить массовый выпуск изделий со сложной конфигурацией с требуемой точностью размеров.

Особый интерес представляет создание и использование в строительстве стеклопластиковой арматуры. Это обусловлено преждевременным выходом из строя стратегически важных дорогостоящих желе-

© Д. А. Орешкин, В. А. Чемуранов, А. В. Близнюк, 2018

Вісник Національного технічного університету «ХПІ»

Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія, № 39(1315) 2018

зобетонных сооружений: мостов, шлюзов, причалов по причине коррозии и разрушения стальной арматуры [2].

Наиболее простым видом стеклопластиковой арматуры являются стержни нужной длины, которые применяются взамен стальных. Не уступая стали по прочности, стеклопластиковые стержни значительно превосходят их по коррозионной стойкости и поэтому используются в конструкциях, в которых существует опасность коррозии арматуры. Скреплять стеклопластиковые стержни в каркасы можно с помощью самозащелкивающихся пластмассовых элементов или связыванием.

Наиболее опасна для конструкций железобетона сероводородная биохимическая коррозия. Ее сущность заключается в том, что сероводород, выходя в надводную зону коллектора и достигая сырых поверхностей отделки, преобразуется действием бактерий (тиобациловыми микробами) в серную кислоту, что в сочетании со снижением значений pH настенной слизи до 1–3 вызывает экстенсивное разрушение бетона и металлической арматуры.

Цель работы. Целью работы является создание технологии производства стекло- и базальтопластиковой арматуры периодического профиля для армирования цементобетона и определение химической стойкости изготовленной арматуры.

Постановка задачи. Основной проблемой внедрения стеклопластиковой арматуры в строительстве является придание ей необходимого сцепления с цементными материалами. Технически эта задача может быть решена, например формированием на концах стеклопластиковых стержней анкерных утолщений [3]. Такая арматура может быть применена в конкретном типе изделия и не отличается универсальностью

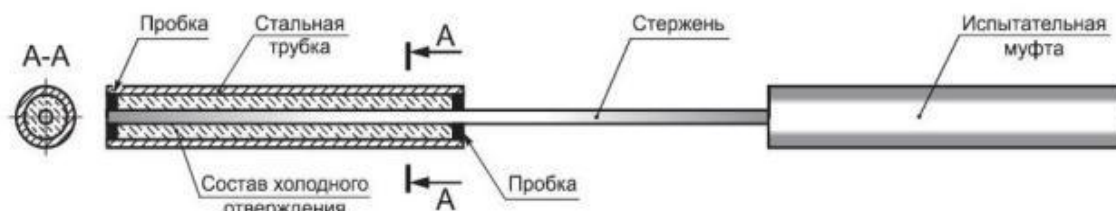


Рис. 1 – Схема сборки опытного образца стержня композитной арматуры

Оценка стойкости арматуры к действию химических сред проводилась по ГОСТ 12020-72 «Методы определения стойкости к действию химических сред» по п. 2. Определение изменения свойств образцов пластмасс (Испытания в ненапряженном состоянии).

Испытания проводились на образцах путем выдерживания и кипячения образцов в растворах 10 % серной кислоте, 10 % гидроксида натрия по следующему режиму: 72 – 48 – 60 (часов), где – 72 часа – предварительное выдерживание образцов в растворе при $T = 15 - 20$ °С; – 48 часов – кипячение в растворе; – 60 часов – охлаждение и последующее выдерживание образцов в растворе при $T = 15 - 20$ °С.

Химическую стойкость оценивали по изменению прочности при растяжении и внешнему виду образца. Вычисляют отношение конечного значения показателя к исходному значению в процентах.

и высоким сцеплением с бетоном.

Известны технологии, которые позволяют создать на арматуре незначительные поверхностные углубления [4] или поверхностные выступы путем обмотки [5], что способствует повышению адгезионных свойств к бетонной матрице.

Методика проведения эксперимента. Образцы для испытаний представляли собой стержни композитной арматуры на концах которых на клеевом слое установлены испытательные муфты.

Условия проведения испытаний: температура окружающей среды – 19 – 21 °С, относительная влажность – 70 – 75 %, атмосферное давление – 740 – 755 мм рт. ст. Испытательное оборудование: гидравлическая разрывная машина ГРМ-24А, индикаторное приспособление – 2 шт. № 4197148, 4216125.

Исследования на определение предела прочности при растяжении, модуля упругости и относительного удлинения при осевом растяжении проводили согласно ГОСТ 31938, для испытаний использовались партии стержней различных диаметров из композитной арматуры периодического и условно-гладкого профиля из стеклянных и базальтовых волокон на разрывных машинах в анкерных испытательных муфтах.

Разрушающее напряжение ($\sigma_{вр}$) в МПа вычисляли по формуле :

$$\sigma_{вр} = \frac{P_{max}}{A_0},$$

где P_{max} – максимальная нагрузка при испытании на растяжение (временное сопротивление, Н; A_0 – начальное поперечное сечение образца, м²

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Нами разработана технология получения стеклопластиковой арматуры периодического профиля [6] характеризующаяся высоким сцеплением с бетоном. В основу технологии было положено формирование арматурного стержня методом пуллвиндинга – технологии, совмещающей протяжку предварительно пропитанного связующим непрерывного армирующего волокна с его обмоткой нитями из стеклянного, базальтового или углеродного волокна в едином технологическом бесфильтрном процессе. После вытягивания из калибрующего и обмоточного узла, арматурный стержень отверждается в проходной тоннельной камере полимеризации. Далее композитный арматурный стержень кондиционируется и режется на отрезки необходимой длины. Технология получения арматурного стержня методом бесфильтрной ролл-

рузии является практически безотходным и высокопроизводительным процессом в виду своей непрерывности.

Поставленная задача решается тем, что композитная арматура состоящая из цилиндрического композитного профиля, который изготовлен из связующего и армирован стеклянными, базальтовыми или углеродными волокнами, а его поверхность дополнительно содержит положенные вдоль неуплотненные волокна, которые пропитаны полимерным связующим, а также волокна, накрученные в виде спиралей по всей длине композитной арматуры.

Принципиальными отличиями предлагаемой арматуры от известной [3 – 5] является наличие на протяжении всей длины основного (силового) цилиндрического композитного стержня и стоя анкеровки – спирально деформированного слоя на поверхности арматурного стержня из того же композита, но с меньшим процентом содержания армирующего наполнителя, (рис. 1). Спиральная деформированный слой анкеровки производится обмоткой ровингами из стеклянного, базальтового или углеродного волокна. Формирование основного (силового) стержня и спирально деформированного внешнего слоя анкеровки осуществляется одновременно, за счет чего они объединяются между собой путем протекания химической реакции структурирования.



Рис. 2 – Общий вид изготовленной композитной арматуры

Геометрия и конструкция композитного стержня за счет оптимально подобранного для различных диаметров арматуры соотношения сечений основного (силового) и анкерочного слоя обеспечивают высокие механические характеристики композитного арматурного стержня в продольном направлении, а одновременное структурирование полимерного связу-

ющего в обоих слоях арматурного стержня обеспечивает прочность и надежность анкеровки в бетоне арматурного стержня во всем диапазоне рабочих нагрузок за счет образования «механических замков» в виде анкерных конусов распора в теле бетона в направлении усилия выдергивания. При нагрузках, превышающих предел прочности, разрыв арматурного композитного стержня по сечению происходит раньше, чем выдергивание арматурного стержня из бетона или разрушение арматурного стержня вследствие межслоевого сдвига внешнего слоя анкеровки относительно внутреннего силового стержня.



Рис. 3 – Общий вид изготовленной композитной арматуры

Получаемый по технологии пулвиндинга цилиндрический арматурный композитный профиль с оребренной поверхностью формируется за счет подачи пропитанного и отжатого от избытка связующего ровинга на обмоточное устройство, где осуществляется укладка анкерующего слоя с избыточным содержанием связующего поверх силового стержня с одновременной обмоткой в несколько заходов непрерывными нитями из того же армирующего волокна. Благодаря натяжению ровингов армирующего волокна силового стержня и обмоточных нитей, создается деформация поверхности композитного стержня в виде периодического непрерывного спирального оребрения. Далее профилированный композитный стержень подается в термокамеру, где осуществляется структурирование полимерного связующего. В зоне структурирования устанавливается температура 80 – 200 °С, в конце зоны постепенно снижается до 55 – 65 °С. Температурно-временной режим в зоне структурирования устанавливается в зависимости от вида полимерного связующего, который приводится в технической документации на связующее.

Арматуру изготавливают по следующей технологической схеме (рис. 4).

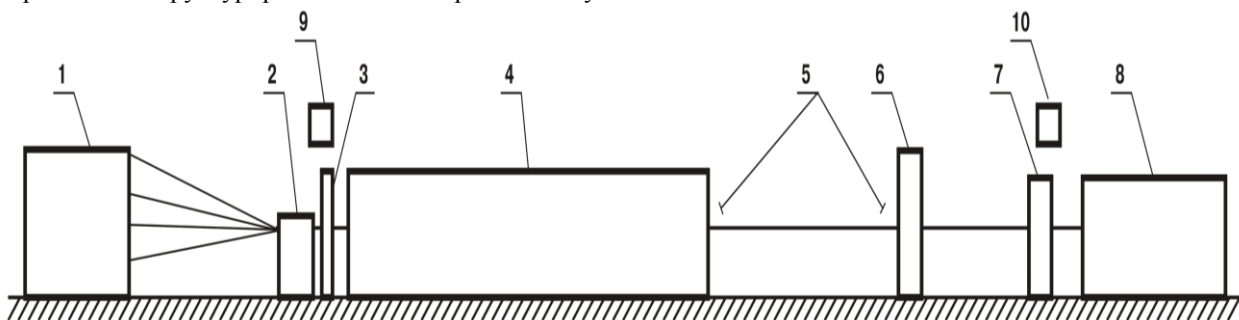


Рис. 4 – Схема опытно-промышленной установки:

1 – шпулярник; 2 – ванна пропитки ровинга; 3 – обмотчик арматуры; 4 – зона нагрева; 5 – зона охлаждения; 6 – механизм тянущий; 7 – механизм порезки арматуры в размер; 8 – накопитель арматуры; 9 – общий пульт управления; 10 – пульт установки размеров и учета готовой продукции

Структурированная композитная арматура подается на режущее устройство, где нарезается на отрезки заданной длины и штабелируются в пакеты.

По указанной технологии получена [7] арматура композитная стеклопластиковая (АКС) и базальтопластиковая (АКБ). Физико – механические свойства арматуры приведены ниже, общие свойства полученной композитной арматуры приведены в таблице 1 ниже.

На диаграмме приведены данные по прочности фиксации полученной композитной арматуры марки АКС, и известным решением [5].

Таблица 1 – Свойства композитной арматуры

Наименование показателя	Вид арматуры	
	АКС	АКБ
Внешний вид	бежевого цвета без пор и пустот	черного цвета без пор и пустот
Плотность, т/м ³	1,9...2,0	2,0...2,1
Предел прочности при растяжении, МПа, не менее	800	800
Модуль упругости, ГПа, не менее	50	50
Относительное удлинение при разрыве, %, не более	3,0	3,0
Группа горючести	Г1 (низкой горючести)	Г1

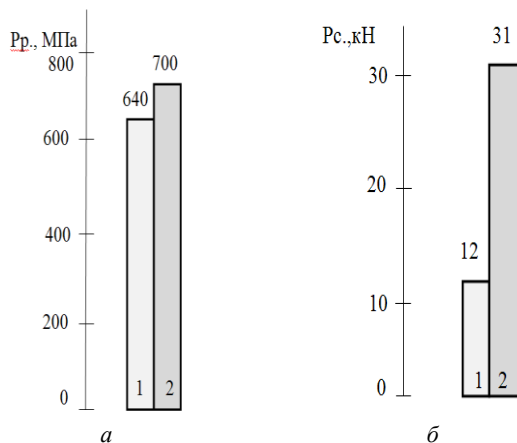


Рис. 4 – Диаграммы прочности при растяжении (а) – прочности сцепления (б) с бетоном марки М400 композитной арматуры: 1 – по источнику [5]; 2 – с периодическим профилем

Из диаграммы видно, что прочность при растяжении полученной композитной арматуры и сцепление с бетоном значительно превышает эти показатели для известной [5] композитной арматуры.

Оценку стойкости пластмасс к действию химического раствора проводят по изменению показателя разрушающего напряжения арматуры.

Результаты определений показателей разрушающего напряжения и внешнего вида до и после выдержки образцов арматуры в химических растворах и их изменения в процентах приведены в таблице 2.



Рис. 5 – Образцы арматуры композитной после экспозиции в расплаве битума до испытания на механическую прочность. Концы образцов были защищены от воздействия битумного расплава

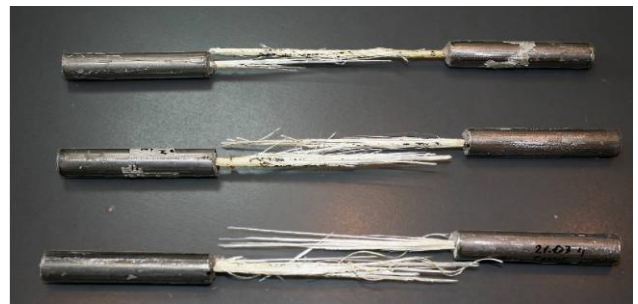


Рис. 6 – Образцы арматуры композитной после проведения испытания на механическую прочность

Таблица 2 – Результаты определений

Раствор	σ разр МПа	% отношение к исходным образцам	Внешний вид
Без обработки (исходный образец)	937	100	Желтоватая глянцевая поверхность
10 % раствор гидроксида натрия	829	88,4	Желтоватая матовая с оголившейся в некоторых местах стекловолоконной арматурой поверхность
10 % раствор серной кислоты	825	88	Желтоватая глянцевая поверхность

В соответствии с ГОСТ 12020-72 уменьшение показателя разрушающего напряжения арматуры после воздействия химических растворов для:

10 % раствор гидроксида натрия составило 11,6 %

10 % раствор серной кислоты – 12 %

По таблице 1 (тип пластмассы – Реактопласты) арматуру композитную по воздействию химических растворов считают:

10 % раствор гидроксида натрия – стойкость к действию хорошая (изменение показателя, % допускается до 15 %, в результате испытаний – 11,6 %)

10 % раствор серной кислоты – стойкость к действию хорошая (изменение показателя, % допускается до 15 %, в результате испытаний – 12 %).

Выводы. Таким образом, создана и реализована опытно–промышленная технология производства стекло- и базальтокомпозитной арматуры периодического профиля обладающая высокими физико – механическими свойствами и хорошим сцеплением с цементобетоном.

Арматура композитная может быть использована для армирования бетона, подвергающегося воздействию кислот и щелочных агрессивных сред, в том числе и бетонов, применяемых для строительства очистных сооружений .

Результаты исследований положены в основу разработки Указаний по проектированию и изготовлению бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой на основе базальто- и стеклоармирования [9].

Список литературы

1. Cosenza E., Manfredi G., Nanni A. Composites in Construction: A Reality // Proceedings, International Workshop. Capri: Italy. 2001. 277 p.
2. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary // ACI Committee 318. – American Concrete Institute. 2005. 430 p.
3. ТУ 2296-001-20994511-06 Технічне свідоцтво № ТС 07-1349-06.
4. Пат. 5727357 США, МПК E04C5/07. Composite reinforcement / P.Arumugasaamy, M.E. Greenwood; Заявл. 22.05.1996; Опубл. 17.03.1998.
5. Пат. 1347114 EP, МПК B29C70/52. Composite reinforcement / A.Weber; Заявл. 06.03.2003; Опубл. 10.12.2003.
6. Пат. 98513 Україна, МПК E04C5/07. Композитная арматура / Д.О.Оршикин, І.В.Дмитришва, В.А.Чемуранов (UA); Заявл. 21.05.2010; Опубл. 25.05.2012, Бюл. N 10.
7. ТУ У 25.2-21191464-023:2008 Арматура композитна гладкого і періодичного профілю. Технічні умови.
8. ГОСТ 32492-2013 Арматура композитная полимерная для ар-

мирования бетонных конструкций. Методы определения физико – механических характеристик.

9. ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу // Ю.Климов, Р.Піскун, О.Солдатченко, С.Васильчишина, І.Дмитришва, Д.Оршикин, В.Чемуранов. Мінрегіон України. 2012. 28 с.

References

1. Cosenza E., Manfredi G., Nanni A. Composites in Construction: A Reality // Proceedings, International Workshop. Capri: Italy. 2001. 277 p.
2. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary // ACI Committee 318. – American Concrete Institute. 2005. 430 p.
3. TU 2296-001-20994511-06 Tehnichne svidotstvo TC № 07-1349-06.
4. Pat. 5727357 United States, E04S5 / 07 IPC. Composite reinforcement / P.Arumugasaamy, M.E. Greenwood; Stated. 22.05.1996; Publ. 17.03.1998.
5. Pat. EP 1347114, V29S70 / 52 IPC. Composite reinforcement / A.Weber; Stated. 06.03.2003; Publ. 10.12.2003.
6. Pat. 98513 UKRAINE, E04S5 / 07 IPC. Composite rebar / D.O.Oreshkin, I.V.Dmitrieva, V.A.Chemuranov (UA); Stated. 21.05.2010; Publ. 25.05.2012, Bull. N 10.
7. ТУ У 25.2-21191464-023: 2008 Арматура композитна гладкого і періодичного профілю. Технічні умови.
8. GOST 32492-2013 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических свойств.
9. DSTU-NB V.2.6-185: 2012 Nastanova s proektuvannya ta виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальт і склоровінгу // Yu.Klimov, R.Piskun, O.Soldatchenko, S.Vasilchishina, I. Dmitrieva, D.Oreshkin, V.Chemuranov. Minregion Ukraine. 2012. 28 p.

Поступила (received) 19.10.18

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Оршикин Дмитрий Александрович (Орешкин Дмитрій Александрович, Oreshkin Dmitriy Aleksandrovich) – Генеральный директор ТОВ Технологічна група «Екіпаж»; м. Харків, Україна; тел.: (067) 5767650; e-mail: orda@ukrpost.ua

Чемуранов Владимир Андрійович (Чемуранов Владимир Андреевич, Chemuranov Vladimir Andriyovych) – Технический директор ТОВ Технологічна група «Екіпаж»; м. Харків, Україна; тел.: (067) 5767651; e-mail: chemur@yandex.ru

Близнюк Александр Викторович (Близнюк Александр Викторович, Blyznuik Aleksandr Viktorovych) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології пластичних мас і біологічно активних полімерів; м. Харків, Україна; тел.: (050) 964-89-22; e-mail: avb@kpi.kharkov.ua.