

УДК 69.059.32

**КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ
ПРИ УСИЛЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ****COMPOSITE MATERIALS USED IN THE REINFORCEMENT OF
BUILDINGS AND STRUCTURES**

Терентьева Вера Сергеевна
студент,
Кубанский государственный
технологический университет
vetera.com@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные способы усиления конструкций композитными материалами. Описаны основные материалы, применяемые при производстве работ по усилению. Описывается последовательность монтажа композитных материалов, приводятся преимущества внешнего армирования.

Ключевые слова: износ, реконструкция, усиление, композитные материалы, внешнее армирование.

Terentjeva Vera Sergeevna
Student,
Kuban State University of Technology
vetera.com@mail.ru

Annotation. The article discusses modern methods of strengthening structures with composite materials. The main materials used in the production of reinforcement work are described. The sequence of installation of composite materials is described, the advantages of external reinforcement are given.

Keywords: wear, reconstruction, reinforcement, composite materials, external reinforcement.

Поскольку Российская Федерация является страной приемницей советского союза, в наследство она так же получила все строения, находящиеся на ее территории. В нынешнее время большинство зданий и сооружений представляют из себя аварийные объекты ввиду накопления большого физического и морального износа. Часть из них, ввиду ненадобности, подлежит демонтажу и сносу, однако оставшаяся часть не утратила своего первоначального предназначения, либо была переоборудована под актуальные веяния и, в связи с этим, нуждается в реконструкции.

Одной из основных задач реконструкции является восстановление несущей способности конструкций, это может достигаться как путем замены ключевых узлов и изношенных элементов, так и усилением существующих. Материалам усиления и будет уделено внимание в данной статье, так как усиление, зачастую, экономически выгоднее, нежели полноценная замена конструкции. Существует как множество способов усиления строительных конструкций, так и разнообразие применяемых материалов.

Технологии усиления строительных конструкций можно классифицировать на две основные группы: традиционные и современные. Традиционные технологии предполагают установку металлических обоев, увеличение поперечного сечения конструкций, устройство дополнительной арматуры, замену конструкций и т.д. Одним из главных их преимуществ является дешевизна. Но при этом данный метод усиления сложен, отличается высокой трудоемкостью, и для его выполнения требуются большие затраты времени. Также к недостаткам можно отнести увеличение сечения конструкций.

Альтернативой классическому усилению железобетонных конструкций сталью является усиление композитными материалами. Эти материалы относительно новы и недавно вышли на отечественный рынок. В связи с этим рассмотрим основные материалы, используемые при усилении железобетонных конструкций.

На микроуровне композиционные материалы состоят из двух или более компонентов. Непрерывная фаза называется матрицей, а второй компонент – наполнителем, или армирующей фазой, которая служит для изменения в нужном направлении свойств матрицы.

Композиционные материалы могут иметь керамическую, металлическую или полимерную матрицу. Наполнитель в виде волокон обычно изготавливают из прочных и жестких материалов. Форма и размеры наполнителя являются одними из основных параметров, определяющих поведение композиционного материала под нагрузкой.

Одним из таких материалов является углеродное волокно. Углеродное волокно – материал, состоящий из тонких нитей диаметром 3–15 микрон, образованных преиму-

щественно атомами углерода. Атомы углерода объединены в микроскопические кристаллы, выровненные параллельно друг другу. Выравнивание кристаллов придает волокну большую прочность на растяжение.

Углеродные волокна характеризуются высокой силой натяжения, низким удельным весом, низким коэффициентом температурного расширения и химической инертностью.

Основные свойства: высокая технологичность, высокая прочность и жесткость, высокий модуль упругости.

Стекловолокно – это волокна или мононити, которые изготавливают из предварительно расплавленного неорганического стекла. Существует широкий ассортимент марок стеклянных волокон, так диаметр волокна может варьироваться в пределах от 0,1 до 100 микрометров, а длина достигать более 20 километров. От геометрических параметров, в том числе зависят свойства волокна. Существует два основных типа стеклянных волокон: непрерывное и шпательное. Первое обычно имеет больший диаметр (от 3 до 100 микрон) и длину (до десятков километров). Шпательное стекловолокно обладает диаметром от 0,1 до 20 микрометров и длиной от 10 до 500 миллиметров.

Особенности рассматриваемых волокон зависят от их химической природы, но в общем случае можно отметить их высокую теплостойкость и диэлектрические характеристики, низкую теплопроводность, низкое термическое расширение, высокую химическую стойкость и физико-механические свойства.

При кратком механическом воздействии стекловолокно работает подобно упругому хрупкому телу по закону Гука до полного разрушения. В случае продолжительных воздействий нагрузок на волокна деформации растут. Стекловолокна больших диаметров имеют большее сопротивление изгибу и кручению, но меньшую прочность на растяжение.

Стекловолокно по-прежнему широко применяется в современной промышленности. Основное назначение этих волокон – армирование других материалов и придание им ценных, прежде всего прочностных, свойств.

Арамидные волокна – это высокофункциональные химические волокна с характерными жесткими цепочками полимера. Их молекулы удерживаются сильными водородными связями, которые позволяют эффективно передавать механические нагрузки и дают возможность использовать цепочки с относительно низкой молекулярной массой.

Арамиды обладают некоторыми общими характеристиками, дающими им преимущество по сравнению с другими волокнами:

- высокая прочность;
- хорошая устойчивость к истиранию;
- хорошая устойчивость к воздействию органических растворителей;
- отсутствие электропроводности;
- отсутствие точки плавления;
- низкая воспламеняемость;
- хорошие показатели сохранения целостности ткани в условиях повышенных температур.

Эти уникальные характеристики объясняются комбинацией жестких молекул полимера со строго ориентированными кристаллами, а также сильным взаимодействием между цепочками полимера, создаваемым водородными связями.

Основным применением этих материалов при усилении существующих железобетонных конструкций является внешнее армирование. Внешнее армирование представляет собой наклеивание на железобетонную конструкцию изделий заводского изготовления из композитных материалов (ламинатов – полос или пластин различной длины, ширины и толщины, как правило, однонаправленно армированных) или послойное наклеивание термореактивными адгезивами изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холстов, сеток и других тканых материалов) с последующим отверждением и образованием однослойного или многослойного композитного материала.

Составными частями внешнего армирования служат клеевой состав, образованный отвержденным термореактивным адгезивом, однослойный или многослойный композитный материал, при необходимости, защитный слой, обеспечивающий защиту системы от воздействия повышенных температур, открытого пламени, ультрафиолетового излучения и механических повреждений.

Ламинаты (ламели) представляют собой готовые для устройства внешнего армирования конструкций многослойные полосы различной толщины и ширины, изготовленные в заводских условиях путем пропитки и горячего прессования.

На поверхность железобетонной конструкции наносится праймер, применяемый для предварительной подготовки основания железобетонной конструкции перед нанесением адгезива, на который в последующем наклеивают ламели или изделия из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холсты, сетки и другие тканые материалы).

Адгезив представляет собой клеящий состав из терморезактивной смолы для наклейки ламинатов или пропитки и наклейки изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холсты, сетки и другие тканые материалы) на основание железобетонной конструкции.

Подобная технология позволяет включить в совместную работу составные части системы и усиливаемую конструкцию.

При проектировании усиления конструкций углеволокном необходимо руководствоваться Сводом правил СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования».

Расчет конструкций, усиленные внешним армированием из композитных материалов, проводят по двум группам предельных состояний.

Основными прочностными и деформационными характеристиками композитных материалов для расчета железобетонных конструкций, усиленных внешним армированием из композитных материалов, являются нормативные значения:

- сопротивления растяжению, $R_{f,n}$;
- модуля упругости при растяжении, $E_{f,n}$;
- предельных относительных деформаций, $\varepsilon_{f,ult,n}$;
- коэффициента поперечной деформации, $\mu_{f,n}$.

Проектирование внешнего армирования железобетонных конструкций должно осуществляться на основе результатов их натурного обследования и поверочного расчета.

В результате натурных обследований должны быть установлены: состояние конструкции, геометрические размеры конструкций, армирование конструкций, прочность бетона, вид и класс арматуры, ее состояние, прогибы конструкций, расположение трещин и ширина их раскрытия, размеры и характер дефектов и повреждений, действующие нагрузки, статическая схема конструкций.

К основным достоинствам усиления конструкций с помощью композитных материалов относятся:

- увеличение несущей способности строительных конструкций до 70 %;
- уменьшение трудовых и финансовых затрат; сокращение расходов на ремонт на 20–70 %;
- высокая скорость и простота выполнения работ, не требующих никаких дополнительных приспособлений;
- малый вес углеродных материалов (не утяжеляет усиливаемую конструкцию);
- возможность исправления ошибок при проектировании и строительстве;
- усиление конструкции любой формы и геометрии;
- сохранение исходных габаритов усиливаемой конструкции, высокая коррозионная стойкость углеродных материалов;
- долговечность;
- увеличение способности конструкции выдерживать ударные нагрузки;
- экологичность материалов;
- не искажает эстетический облик конструкции.

Несомненно, у рассматриваемого усиления имеются и недостатки. Кроме высокой стоимости самих элементов армирования, это и необходимость их защиты от огня. Дело в том, что температура стеклования клея составляет только 60 ... 650 °С, даже в случае самых лучших клеевых материалов. Поэтому необходимо очень тщательно готовить бетонную поверхность для обеспечения надежной анкеровки, а это и регламентные работы, которые необходимо проводить для усиления.

Литература

1. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Правила проектирования. – 2014.
2. Берлин А.А. Современные полимерные композиционные материалы (ПКМ) // Соросовский Образовательный Журнал. – 2005. – С. 31.
3. Рязанцев В.Ю., Беляев В.А. Методы усиления и восстановления зданий и сооружений с использованием элементов внешнего армирования из углеволокна // Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений» (10.06.2021 г.).
4. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. – М. : Издательство «Стройиздат», 2007. – 184 с.
5. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
6. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
7. Леонова А.Н., Бибииков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 16–21.
8. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Скрипкина И.А. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 496–509.
9. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 329–333.
10. Леонова А.Н., Ищук Ю.П., Погодина П.В. Способы усиления плит перекрытия в зоне продавливания // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 339–344.

References

1. SP 164.1325800.2014. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials // Design rules. – 2014.
2. Berlin A.A. Modern polymer composite materials (PCM) // Soros Educational Journal. – 2005. – 31 p.
3. Riazantsev V.Yu., Belyaev V.A. Methods of strengthening and restoration of buildings and structures using elements of external reinforcement from carbon fiber // Electronic Journal «Prevention of accidents of buildings and structures» (10.06.2021).
4. Shilin A.A., Pshenichny V.A., Kartuzov D.V. External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. – M. : Stroyzdat Publishing House, 2007. – 184 p.
5. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of strengthening of building structures by composite polymer materials in conditions of high and low temperatures // Prospects of science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
6. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their influence on the properties of materials // In the collection: Development and innovations in construction. Collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
7. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovations in construction. Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference. – 2020. – P. 16–21.
8. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of reinforcement of metal structures by composite materials under the influence of an aggressive environment // Bulletin of the MSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
9. Leonova A.N., AkritovKh. E. Strengthening of wooden structures with composite materials // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 329–333.
10. Leonova A.N., Ishchuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods of strengthening floor slabs in the zone of penetration // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 339–344.