УДК 624.014

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

♦♦♦♦♦

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF STRENGTHENING METAL STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

Коник А.Ю.
студент,
Кубанский государственный технологический университет

Горшенина К.Д.
студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу применения композитных материалов для усиления металлических конструкций. Рассматриваются ключевые принципы метода, его преимущества (высокая прочность, коррозионная стойкость, малый вес) и недостатки (высокая стоимость, риски адгезии, гальваническая коррозия), а также перспективы развития технологии.

Ключевые слова: усиление металлических конструкций, композитные материалы, фиброармированные полимеры, адгезия, коррозионная стойкость, гальваническая коррозия, экономическая эффективность, долговечность, контроль качества, проектирование, ремонт, строительство.

Konik A.Yu.
Student,
Kuban State Technological University

Gorshenina K.D.
Student,
Kuban State University of Technology

Annotation. The article provides a comprehensive analysis of the use of composite materials for strengthening metal structures. It discusses the key principles of the method, its advantages (high strength, corrosion resistance, low weight) and disadvantages (high cost, adhesion risks, galvanic corrosion), as well as prospects for technological development.

Keywords: strengthening of metal structures, composite materials, fiber-reinforced polymers, adhesion, corrosion resistance, galvanic corrosion, economic efficiency, durability, quality control, design, repair, construction.

Введение. Актуальность проблемы усиления металлических конструкций в современном строительстве

Металлические конструкции широко используются в строительстве благодаря своей прочности и технологичности. Однако в процессе эксплуатации они подвергаются деградации из-за нагрузок, коррозии, механических повреждений и ошибок проектирования. Традиционные методы усиления (наращивание сечений, установка дополнительных элементов) часто трудоёмки, приводят к увеличению веса и требуют остановки эксплуатации. Альтернативой является применение композитных материалов на основе фиброармированных полимеров (ФАП), что позволяет эффективно усиливать конструкции с минимальным изменением их геометрии и веса. Цель статьи – анализ преимуществ и недостатков этого метода.

1. Теоретические основы и методология

1.1 Принципы работы и отличия от традиционных методов

Усиление основано на внешнем армировании: композитные материалы (ламинаты или ткани) приклеиваются к поверхности металлического элемента и воспринимают часть растягивающих напряжений. Это повышает жёсткость и несущую способность конструкции.

Ключевые отличия от традиционных методов:

– Минимальное увеличение веса и габаритов;
– Скорость и простота монтажа без сварки;
– Сохранение целостности основного элемента;
– Возможность применения на сложных и труднодоступных поверхностях.

1.2 Ключевые этапы проектирования и реализации

1. Выбор материала: В зависимости от требований используются углеродные (CFRP – высокая прочность и стоимость), стекловолоконные (GFRP – экономичные) или арамидные (AFRP — высокая ударная вязкость) композиты.

2. Подготовка поверхности: Критически важный этап, включающий очистку от загрязнений, абразивную обработку для создания шероховатости и обезжиривание для обеспечения максимальной адгезии.

3. Предотвращение гальванической коррозии: При использовании углеродных композитов со сталью необходим изолирующий слой (диэлектрический праймер, стеклоткань) для исключения электрохимической коррозии.

4. Выбор клея и приклеивание: Применяются преимущественно эпоксидные адгезивы с требуемыми прочностными характеристиками, временем отверждения и стойкостью к циклическим нагрузкам.

5. Контроль качества: Включает визуальный осмотр, неразрушающие методы (ультразвуковой, тепловизионный контроль) и выборочные разрушающие испытания на специальных «свидетелях» для проверки прочности адгезионного соединения.

2. Достоинства применения композитов

1. Высокие прочностные и коррозионные характеристики: Предел прочности композитов (особенно CFRP) может превышать прочность стали. Материалы инертны к электрохимической коррозии, что обеспечивает долговечность в агрессивных средах.

2. Экономические и эксплуатационные преимущества:

– Малый вес и толщина усиления не нагружают фундамент и не меняют архитектурный облик;

– Возможность проведения работ без остановки или с минимальным перерывом в эксплуатации объекта;

– Экологичность за счёт продления срока службы существующих конструкций;

– Гибкость материалов позволяет усиливать криволинейные поверхности;

– Высокая стойкость к циклическим нагрузкам и широкому температурному диапазону.

3. Недостатки и вызовы

1. Экономический аспект и технологические особенности: Высокая начальная стоимость материалов (особенно CFRP) и необходимость привлечения квалифицированных специалистов со специализированным оборудованием.

2. Проблемы долговечности и адгезии:

– Риск гальванической коррозии требует дополнительных защитных мер;

– Эффективность метода критически зависит от долговечности клеевого шва, который может деградировать под воздействием УФ-излучения, влаги, температурных колебаний и циклических нагрузок;

– Ограниченная огнестойкость полимерной матрицы по сравнению со сталью;

– Чувствительность к локальным ударным воздействиям.

4. Заключение и перспективы

Усиление металлоконструкций композитами – высокоэффективный метод, особенно актуальный в условиях агрессивных сред, необходимости минимального вмешательства и работы со сложными формами. Его успех зависит от комплексного подхода: тщательного проектирования, выбора материалов, качественной подготовки поверхности и строгого контроля.

Основные направления развития:

1. Снижение стоимости материалов и технологий.
2. Повышение долговечности адгезивов и стойкости к внешним воздействиям.
3. Разработка огнестойких композитных систем.
4. Создание «интеллектуальных» композитов с функциями самодиагностики.
5. Развитие и унификация нормативно-технической базы.

Литература

1. Усиление металлических конструкций фиброармированными пластиками / И.Г. Овчинников [и др.]. // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 3. – Ч. 1– С. 1–27.
2. Рекомендации по усилению стальных конструкций производствен-ных зданий и сооружений энергопредприятий // «Гипроэнергоремонт». – 2010. – 143 с.
3. Стандарт организации. Система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM для ремонта и усиления строительных конструкций. Общие требования. Технология устройства. ЗАО «Препрег-СКМ». – М., 2011. – 16 с.
4. Бикбаев К.А. Усиление металлических конструкций композитными материалами. / К.А. Бикбаев, К.С. Савинкова // Молодой ученый. – 2018. – № 11(197). – С. 71–73. – URL : https://moluch.ru/archive/197/48815 (дата обращения 27.12.2020).

5. Таровик В.В. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами / В.В. Таровик, А.Н. Леонова // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
6. Леонова А.Н. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур / А.Н. Леонова, О.Д. Софьяников, Т.В. Кривенкова // Перспективы науки. – 2019. – № 5(116). – С. 64–69.

References

1. Strengthening of metal structures with fiber-reinforced plastics / I.G. Ovchinnikov [et al.]. // Internet journal «Science Studies». – 2014. – № 3. – Part 1 – P. 1–27.
2. Recommendations for strengthening steel structures of industrial buildings and structures of energy enterprises // «Giproenergoremont». – 2010. – 143 p.
3. Organization standard. FibARM external reinforcement system made of polymer composites for repair and strengthening of building structures. General requirements. Installation technology. Prepreg-SKM CJSC. – M., 2011. – 16 p.
4. Bikbaev K.A. Strengthening metal structures with composite materials. / K.A. Bikbaev, K.S. Savinkova // Young scientist. – 2018. – № 11(197). – P. 71–73. – URL : https://moluch.ru/archive/197/48815 (date of application 27.12.2020).
5. Tarovik, V.V. Modern Methods of Strengthening Building Structures with Carbon Composite Materials / V.V. Tarovik, A.N. Leonova // In the collection: Current Issues in Urban Construction, Architecture, and Design in Resort Regions. Proceedings of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
6. Leonova A.N. Features of strengthening building structures with composite polymer materials under high and low temperatures / A.N. Leonova, O.D. Sofyanikov, T.V. Krivenkova // Prospects of Science. – 2019. – № 5(116). – P. 64–69.