

УДК 678:658.567  
AGRIS J15

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/52/04>

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

©*Шайдурова Г. И.*, д-р техн. наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, [sgi615@iskra.perm.ru](mailto:sgi615@iskra.perm.ru)

©*Гатина Е. Р.*, научно-производственное объединение «Искра», г. Пермь, Россия, [gatina.iskra@gmail.com](mailto:gatina.iskra@gmail.com)

©*Шевяков Я. С.*, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, [sys615@iskra.perm.ru](mailto:sys615@iskra.perm.ru)

## PROSPECTS FOR THE USE OF SECONDARY CARBON FIBERS

©*Shaidurova G.*, Dr. habil., Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, [sgi615@iskra.perm.ru](mailto:sgi615@iskra.perm.ru)

©*Gatina E.*, Research and production association ISKRA, Perm, Russia, [gatina.iskra@gmail.com](mailto:gatina.iskra@gmail.com)

©*Shevyakov Ya.*, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, [sys615@iskra.perm.ru](mailto:sys615@iskra.perm.ru)

*Аннотация.* В статье отражены результаты исследований по возможности применения вторичного угольного волокна, извлеченного из объема отработанного полимерного композиционного материала методом высокотемпературного пиролиза, для армирования древесно–стружечных плит. В ходе работы были проведены исследования физико–механических характеристик армированных плит, которые показали значительный прирост показателей. Полученные результаты позволяют оценить возможность перспективного применения вторичных волокон, что обеспечит решение проблемы завершения жизненного цикла полимерных композиционных материалов.

*Abstract.* The results of studies on the possibility of using secondary carbon fiber extracted from the volume of spent polymer composite material by high-temperature pyrolysis for reinforcing chipboards are reflected. Studies were conducted on the physicomachanical characteristics of reinforced slabs, which showed a significant increase in performance. The results obtained make it possible to assess the possibility of the promising use of secondary fibers, which will provide a solution to the problem of completing the life cycle of polymer composite materials.

*Ключевые слова:* утилизация отходов углепластика, композиционные материалы, отходы, вторичные волокна, армирование древесно–стружечных плит.

*Keywords:* carbon fiber waste recycling, composite materials, waste, secondary fibers, chipboard reinforcement.

Решение проблемы утилизации углеродных полимерных композиционных материалов (углепластиков) в настоящее время является приоритетной материаловедческой и технологической задачей, ввиду постоянного увеличения общего объема производства и их применения.

С учетом высоких прочностных характеристик углепластика, стойкости к внешним воздействиям окружающей среды, термостойкости, а также высокой стоимостью, проблема утилизации носит как экологический характер, так и экономический.

Основной путь решения проблемы утилизации углепластиков – это их вторичная переработка. Положительной стороной вторичной переработки является то, что в результате получается определенное количество полезных продуктов – углеродных волокон, которые в дальнейшем могут быть использованы в различных отраслях промышленности и не происходит повторного загрязнения окружающей среды. По таким причинам вторичная переработка является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным и более безопасным решением проблемы утилизации углеродных композиционных материалов [1, 2].

В настоящее время за рубежом существует практика утилизации углеродных композиционных материалов с использованием химических и термических методов, которые основаны на деструкции связующего, продуктом которых на выходе является углеродное волокно.

В статьях авторов «Оценка возможности утилизации полимерных композиционных материалов химическим методом» и «Оценка физико-механических характеристик углепластика на основе вторичных волокон» были отражены результаты исследований химической и термической переработки углепластиков, извлечение вторичного наполнителя и изменение его физико-механических и химических свойств [3, 4].

Вторичные углеродные волокна представляют собой волокна различной длины и годны для повторного применения. Область повторного использования определяется сохранностью свойств волокна, поэтому переработанный наполнитель может применяться для армирования малонагруженных композитных изделий, строительных материалов, в качестве сырья для теплоизоляционных и нетканых материалов.

В данной работе рассматривалось применение наполнителя в качестве армирующей добавки для композитов различного назначения на основе реактопластичной матрицы. Для оценки возможности применения вторичного углеродного наполнителя были проведены эксперименты по армированию древесно-стружечных плит (ДСП).

*Целью экспериментальной отработки* являлась оценка возможности армирования смесей на основе древесной стружки отходами вторичного углеродного волокна и целесообразность данной операции.

В качестве наполнителей использовались вторичные углеродные волокна, извлеченные из объема термореактивной эпоксидной матрицы методом высокотемпературного пиролиза. В эксперименте производился процесс армирования смеси древесных опилок извлеченными углеродными волокнами с последующим изготовлением образцов.

*Методика* включала в себя следующие операции:

Образцы армированных древесно-стружечных плит были изготовлены на основе полиэфирной смолы марки «Камфэст» при горячем отверждении при температуре  $(80 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ . Объемное наполнение определялось полным смачиванием всех компонентов.

В процессе экспериментальной отработки применения вторичного углеродного волокна основной задачей являлось выявление потенциальной возможности использования волокна в качестве армирующего наполнителя при изготовлении ДСП.

В основе эксперимента — конечная оценка результатов физико-механических характеристик. В основе оценки возможности применения конечного изделия находилось предположение об эксплуатации под постоянным давлением в одном направлении, поэтому

были изготовлены образцы для определения прочности на сжатие и изгиб по ОСТ 92-1466, ОСТ 92-1462. Также образцы подвергались определению на водопоглощение согласно ГОСТ 4650.



а)



б)

Рисунок 1. Образцы древесно-стружечных плит: а) без армирования вторичным волокном, б) с армированием вторичным волокном



а)



б)

Рисунок 2. Образцы для определения прочности при сжатии: а) без армирования вторичным волокном, б) с армированием вторичным волокном



а)



б)

Рисунок 3. Образцы для определения прочности при изгибе: а) без армирования вторичным волокном, б) с армированием вторичным волокном

Анализируя данные Таблицы по полученным результатам физико-механических, физико-химических характеристик образцов с армированием вторичным волокном и сравнивая их с характеристиками образца без армирования, можно сделать вывод, что получены ДСП со значительным приростом прочности и в действительности армирование ДСП позволяет получить повышение свойств. Наблюдается увеличение прочности на сжатие образца с армированием в 3,2 раза, прочности на изгиб — в 3,8 раза. Показатель водопоглощения образца с наполнением угольными волокнами значительно меньше, чем для

исходного образца, то есть при эксплуатации армированных ДСП влага не будет впитываться и задерживаться в порах изделия.

Таблица

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Контролируемая характеристика	Результаты испытаний	
	Образец без армирования вторичным волокном	Образец с армированием вторичным волокном
Предел прочности при сжатии, $\sigma_{сж}$ , кгс/см <sup>2</sup>	210	687
Предел прочности при изгибе, $\sigma_{изг}$ , кгс/см <sup>2</sup>	72	278
Водопоглощение, %	27	4,3

На основании изложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментально подтверждено значительное увеличение прочности при сжатии и изгибе древесно-стружечных плит при армировании вторичным углеродным волокном, что является основой для правомерности применения вторичных волокон в данной области применения и экономической целесообразности.

2. Результаты показали положительную оценку возможности перспективного применения вторичных волокон при изготовлении ДСП, что обеспечит решение проблемы конечного завершения жизненного цикла и технологии утилизации углеродных композиционных материалов.

*Результаты, представленные в статье, были получены в ходе выполнения государственного задания Министерства образования и науки РФ в рамках мероприятия «Инициативные научные проекты», код заявки 5.9729.2017/8.9.*

Список литературы:

1. Петров А. В., Дориомедов М. С., Скрипачев С. Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. 2015. №8. С. 2-16. <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2015-0-8-9-9>
2. Gosau J. M., Wesley T. F., Allred R. E. Integrated composite recycling process // Proceedings of the 38th SAMPE technical conference. 2006.
3. Шайдурова Г. И., Васильев И. Л., Шевяков Я. С., Гатина Е. Р. Оценка возможности утилизации полимерных композиционных материалов химическим методом // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. №12. С. 48-51. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2018-12-48-51>
4. Шайдурова Г. И., Гатина Е. Р., Шевяков Я. С. Оценка физико-механических характеристик углепластика на основе вторичных волокон // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №9. С. 239-245. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/29>.

Список литературы:

1. Petrov, A. V., Doriomedov, M. S., & Skripachyov, S. Yu. (2015). Recycling technologies of Polymer Composite Materials (review). *Proceedings of VIAM*, (8). 2-16. (In Russian) <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2015-0-8-9-9>
2. Gosau, J. M., Wesley, T. F., & Allred, R. E. (2006, November). Integrated composite recycling process. *In Proceedings of the 38th SAMPE technical conference*.
3. Shaidurova, G., Vasil'ev, I., Shevyakov, Y., & Gatina, E. (2018). Assessment of the Possibility of Polymer Composite Materials Recycling by Chemical Method. *Ecology and Industry of Russia*, 22(12). 48-51. (In Russian) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2018-12-48-51>



4. Shaidurova, G., Gatina, E., & Shevyakov, Ya. (2019). Assessment of Physical and Mechanical Characteristics of Secondary Fiber Based Carbon Fiber Reinforced Plastic. *Bulletin of Science and Practice*, 5(9), 239-245. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/29> (in Russian)

*Работа поступила  
в редакцию 01.02.2020 г.*

*Принята к публикации  
05.02.2020 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Шайдурова Г. И., Гатина Е. Р., Шевяков Я. С. Перспективы использования вторичных углеродных волокон // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №3. С. 39-43. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/52/04>

*Cite as (APA):*

Shaidurova, G., Gatina, E., & Shevyakov, Ya. (2020). Prospects for the Use of Secondary Carbon Fibers. *Bulletin of Science and Practice*, 6(3), 39-43. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/52/04> (in Russian).