

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 physico-mechanical 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 (Рисунки 1–3).



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. <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2015-0-8-9-9> (in Russian)
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. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2018-12-48-51>(in Russian).



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).