

УДК 678:658.567

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРМИРУЮЩИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ВТОРИЧНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ СКЭПТ

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

©*Васильев И. Л.*, канд. техн. наук, научно-производственное объединение «Искра», г. Пермь, Россия, vil615@iskra.perm.ru

©*Шевяков Я. С.*, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, sys615@iskra.perm.ru

©*Гатина Е. Р.*, научно-производственное объединение «Искра», г. Пермь, Россия, ger615@iskra.perm.ru

©*Куликова Ю. В.*, канд. техн. наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, kulikova.pnpu@gmail.com

STUDY OF RECYCLED REINFORCING FILLERS INFLUENCE ON PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ETHYLENE PROPYLENE TERPOLYMER BASED HEAT-PROTECTIVE RUBBER

©*Shaidurova G.*, Dr. habil., Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, sgi615@iskra.perm.ru

©*Vasilyev I.*, Ph.D., Research and production association Iskra, Perm, Russia, vil615@iskra.perm.ru

©*Shevyakov Ya.*, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, sys615@iskra.perm.ru

©*Gatina E.*, Research and production association Iskra, Perm, Russia, ger615@iskra.perm.ru

©*Kulikova Yu.*, Ph.D., Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, kulikova.pnpu@gmail.com

Аннотация. В настоящее время наблюдается значительный рост потребления и изготовления полимерных композиционных материалов, в процессе формирования которых появляются так называемые «технологические отходы» в виде тканей и волокон, применяемых для армирования композитов. Следовательно, с увеличением объема производства полимерных композиционных материалов возрастает и объем отходов, применяемых для их наполнения. Учитывая достаточно высокую стоимость и оборот армирующих материалов целесообразно решение проблемы их вторичного применения для изготовления малонагруженных деталей из полимерных композиционных материалов, а также, в качестве сырья для изготовления термо-, шумоизолирующих изделий или в других отраслях промышленности, к примеру, в промышленно–гражданском строительстве. Вторичное использование полезных отходов волокнистых материалов, полученных в процессе изготовления полимерных композиционных материалов — это актуальное направление в решении вопроса утилизации. В рамках данной работы проводилась оценка возможности использования отходов углеродного и арамидного волокон для армирования резинотехнических изделий с целью повышения их механических и химических свойств. В результате исследования по наполнению резин волокнистыми отходами, получены удовлетворительные характеристики в сравнении с контрольными образцами. В целом, такой подход к решению проблем утилизации для вторичного использования технологических

отходов направлен на построение концепции безотходной технологии изготовления композиционных материалов.

Abstract. At present there is significant growth of consumption and production of polymer composite materials in the course of formation of which the so-called “process waste” is generated in the form of fabrics and fibers used to reinforce composite materials. Consequently, when polymer composite materials production volume increases so does the amount of waste used to fill them. Taking into consideration the relatively high cost and turnover of reinforcing materials, it is quite feasible to re-use them for manufacturing low-loaded parts from polymer composite materials, or as raw materials for manufacturing heat insulating and sound-proofing products, or in other industries, for example, in industrial and civil construction. Recycling of fiber materials useful waste obtained in the process of polymer composite materials production is an important area of the disposal problem solving. Within the framework of the present research assessment of the possibility of carbon and aramide fibers use for industrial rubber products reinforcing in order to improve their mechanical and chemical properties has been carried out. As a result of the research on filling rubber with fiber waste satisfactory characteristics have been obtained in comparison with the control specimens. In general, this approach to solving the problems of process waste recycling is aimed at creation of the concept of non-waste composite materials manufacturing technology.

Ключевые слова: утилизация, полимерные композиционные материалы, отходы композитов, отходы волокна, армирование резин.

Keywords: disposal, polymer composite materials, composite waste, fiber waste, rubber reinforcement.

Введение

В настоящее время применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) охватывает почти все отрасли промышленности. Применение полимерных композитов непрерывно растет с начала появления технологии, что стимулирует масштабное производство композитов для различных отраслей, среди которых можно назвать транспорт, потребительские товары, строительство, энергетику, судостроение и авиакосмическую технику.

Полимерные композиты позволяют создавать уникальные комбинации полезных свойств, востребованных для каждого конкретного приложения: высокую прочность, химическую и биологическую стойкость, удачно сочетать низкий удельный вес конечных изделий с их долговечностью и низкими затратами на эксплуатацию. По удельным показателям прочности полимерные композиты превосходят давно и широко используемые металлические материалы [1].

По оценкам экспертов, общий объем производства изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) в России к 2020 году достигнет 120 тыс т. Но это составляет незначительную долю от мирового композитного рынка, на котором доминируют Китай (28%), США (22%), ЕС (14%) и др. (36% суммарно).

Увеличение производства и потребления ПКМ неизменно влечет за собой рост технологических небесполезных отходов, возникающих как на этапе производства, так и по окончании срока службы изделий. В связи с этим вопрос утилизации и/или переработки ПКМ с каждым днем становится все более открытым. Следует отметить, что ряд стран и международных организаций настоятельно предлагают рассматривать в качестве

стратегического направления развитие безотходных технологий производств замкнутого цикла. Это не означает, что отходов не будет вообще, но их количество должно быть минимизировано и предусмотрено использование в сопутствующих продуктах или возможность повторного применения с параллельной разработкой наиболее рациональных программ рециклинга [1, 2].

Немалую часть в процессе производства ПКМ составляют технологические отходы тканых и волокнистых материалов.

С увеличением объемов производства изделий из углеродных, арамидных и стеклянных наполнителей возрастает количество отходов тканей и нитей. К примеру, в настоящее время производится около 58 тыс. т углеродных волокон в год. В зависимости от особенностей технологических процессов количество пригодных для повторной переработки полезных отходов только углеродных волокон, образующихся при изготовлении и переработке тканей, составляет от 10% до 20 % от указанного объема [3].

Технологические отходы производства возникают в процессе изготовления композиционного материала, к примеру, в процессе раскроя тканей и волокон, препрегов.

Вторичное использование отходов волокнистых материалов, полученных в процессе изготовления ПКМ, — это актуальное направление в решении проблемы утилизации. Положительной стороной вторичной переработки является то, что появляется дополнительное количество полезных продуктов для различных отраслей промышленности и упреждается повторное загрязнение окружающей среды. По этим аспектам вторичная переработка является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы утилизации композиционных материалов в условиях современного законодательства [4, 5].

Чаще всего технологические отходы производства композитов представляют собой волокна различной длины и пригодны для повторного использования. Область вторичного использования определяется, в основном, сохранностью свойств волокна, поэтому повторное использование вторичного наполнителя может обозначаться при решении задач армирования малонагруженных композитов, бетонов, строительных материалов, в качестве сырья для теплоизоляционных материалов и армирующей добавки для композитов различного назначения на основе реактопластичной матрицы, а также при изготовлении нетканых материалов.

Одним из самых потребляемых классом материалов являются резины. Резинотехнические изделия (РТИ) находят свое применение практически во всех отраслях промышленности. К числу наиболее емких рынков по использованию РТИ относятся отрасли по производству автомобилей, тракторов, сельхозтехники, трубопроводной арматуры. В связи с этим становится очевидной экономическая целесообразность выпуска РТИ с повышенными эксплуатационными свойствами [6].

Резины представляют собой полимер с химическими связями между макромолекулами каучука и введенными в рецептурный состав резиновой смеси ингредиентами: наполнителями, вулканизирующими агентами и др. Повышение прочности и износостойкости резинотехнических изделий к настоящему времени при объемном модифицировании достигается за счет всевозможных добавок в «сырую» резину перед вулканизацией [6]. В качестве эффективного решения проблем повышения эксплуатационных свойств теплозащитных резин на основе СКЭПТ, наряду с шунгитами и другими природными наполнителями, успешно может рассматриваться наполнение резиновых смесей волокнистыми наполнителями.

В процессе данного исследования было предусмотрено использование отходов углеродного и арамидного волокон, полученных в процессе технологических операций, для армирования резинотехнических изделий с целью повышения их механических и химических свойств.

Материалы и методы

Целью экспериментальной отработки является оценка возможности армирования резин отходами углеродного и арамидного волокна и целесообразность данной операции.

В качестве отходов волокна использовались углеродные волокна марки УМТ-42-12К-ЕР и арамидные волокна марки Армос.

В данном эксперименте производился процесс армирования резины 51-2110 отходами углеродного и арамидного волокна с последующим изготовлением образцов.

Методика включала в себя следующие операции:

1. Растворение резиновой смеси 51-2110 ТУ 2512-045-05766882-2008 в толуоле с получением 25% раствора.

2. Резка отходов угольных и арамидных волокон на штапельное волокно длиной 4-5 мм и обезжиривание спирто-ацетоновой смесью.

3. Добавление волокна в приготовленную резиновую смесь в следующих соотношениях:

Рецептура № 1 — 10 массовых частей угольных волокон;

Рецептура № 2 — 10 массовых частей арамидных волокон;

Рецептура № 3 — 5 массовых частей угольных волокон и 5 массовых частей арамидных волокон.

4. Вальцевание для получения однородного по толщине резинового «холста» при температуре вальцев 40°C в течение 20 мин.

5. Вулканизация резинового «холста» в термостате под давлением 9-11 кгс/см² по режиму:

- подъем температуры до(155±5)°C со скоростью 15°C в час;

- выдержка при температуре (155±5)°C в течение 60 минут;

-охлаждение до комнатной температуры под давлением при выключенном термостате;

- сброс давления и демонтаж пресс-формы.

В результате экспериментов по смешению, механо-активации и прессованию были изготовлены плоские образцы резины на основе резиновой смеси 51-2110, углеродного волокна УМТ 42-12К-ЕР и арамидного волокна Армос. Далее из них были изготовлены образцы для определения следующих показателей:

- условная прочность при растяжении ГОСТ 270-75;

- относительное удлинение при разрыве ГОСТ 270-75;

- плотность ГОСТ 267-73;

- твердость ГОСТ 263-75;

- набухание в толуоле ГОСТ 9.030-74.

Результаты испытаний

В процессе экспериментальной отработки применения отходов ПКМ основной целью ставилась задача выявления потенциальной возможности использования отходов волокна в качестве армирующего наполнителя при изготовлении резинотехнических изделий. В основе эксперимента - конечная оценка результативности физико-механических характеристик.

Для испытаний были выбраны образцы-лопатки по ГОСТ 270-75 представлены на Рисунках 1-3.

Испытания на прочность проводили при комнатной температуре на испытательной машине УТС 110МН-5 при скорости подвижного захвата 500 мм/мин. Результаты испытаний физико-механических характеристик представлены в Таблице в сравнении со штатными характеристиками резинотехнических материалов, используемых на производстве НПО «Искра».

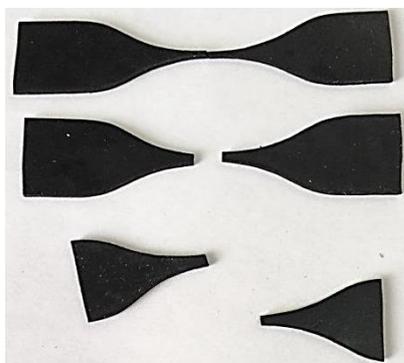


Рисунок 1. Образцы-лопатки для определения условной прочности при растяжении и относительного удлинения из рецептуры №1 (наполнение угольными волокнами марки УМТ 42-12К-ЕР)

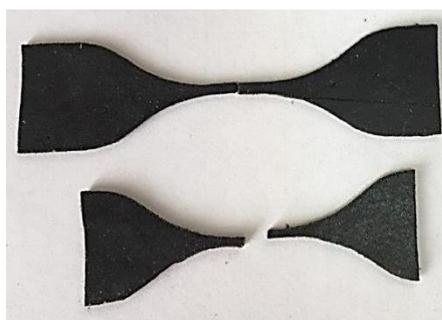


Рисунок 2. Образцы-лопатки для определения условной прочности при растяжении и относительного удлинения из рецептуры №2 (наполнение арамидными волокнами марки Армос)

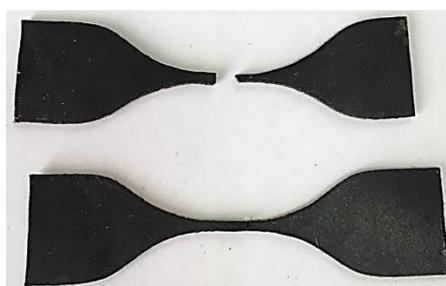


Рисунок 3. Образцы-лопатки для определения условной прочности при растяжении и относительного удлинения из рецептуры №3 (наполнение арамидными и угольными волокнами)

Анализируя данные Таблицы по полученным результатам физико-механических характеристики и сравнивая их с характеристиками штатного образца, можно сделать вывод о том, что получены вполне обнадеживающие результаты ФМХ исследуемых вариантов резинотехнических материалов: прочность на растяжение образцов рассмотренных вариантов оптимальная, для рецептуры №1 с наполнением угольными волокнами наблюдается увеличение прочности в 2,1 раза, но по показателю относительного удлинения

при разрыве представительной является только рецептура №1, причем ее значение превышает значение для штатного образца.

Таблица.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Контролируемая характеристика	Наименование материала			
	Штатный образец	Рецептура № 1 – 10 м.ч. угольных волокон	Рецептура № 2 – 10 м.ч. арамидных волокон	Рецептура № 3 – 5 м.ч. угольных волокон и 5 м.ч. арамидных волокон
Условная прочность при растяжении f_p , кгс/см ²	Не менее 70	148	76,1	86,7
Относительное удлинение при разрыве ϵ_p , %	Не менее 350	484	68	314
Твердость	Не менее 66	75	76	80
Плотность ρ , г/см ³	1,02-1,08	1,08	1,06	1,07
Набухание в толуоле через сутки, %	Не более 245	175	109	141

При исследовании относительного удлинения при разрыве наилучшим вариантом остается рецептура №1, для рецептуры №2 и №3 данный показатель подлежит повышению, возможно за счет варьирования массовых частей. Тем более, что по показателю плотности все рецептуры входят в диапазон допустимых для штатного образца.

В этом случае, принимая во внимание оптимальные показатели исследуемых характеристик, можно сказать, что самым перспективным вариантом для изготовления резинотехнических изделий является рецептура №1 с наполнением углеродными волокнами. Путем экспериментального подбора значений массового наполнения можно варьировать значения показателей в нужных диапазонах.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Постановка задачи по разработке технологий применимости для вторичного использования «технологических» отходов волокна, применяемых для армирования полимерных композиционных материалов, является правомерной и экономически целесообразной.

2. При получении положительных результатов дальнейших расширенных испытаний, включая процесс ускоренного старения, могут быть созданы схемы технологических процессов, практически, безотходного производства.

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. Сидоренко П. Д. Утилизация композитов: проблемные аспекты и перспективные решения. Режим доступа: <http://basalt.today/ru/2018/05/15941/> (дата обращения: 02.07.2018).
2. Куликова Ю. В., Слюсарь Н. Н., Шайдурова Г. И. Анализ проблемы утилизации отходов композиционных материалов // Бюллетень науки и практики. 2017. №11 (24). С. 255-261. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/kulikova> (дата обращения 15.11.2017). DOI:10.5281/zenodo.1048463

3. Кнобельсдорф К., Лютцендорф Р. Перспективы применения новых нетканых материалов на основе формуемых «мокрым» способом холстов // Нетканые материалы. Продукция, оборудование, технологии. – 2009. Режим доступа: <https://goo.gl/pHqJyu> (дата обращения: 02.07.2018).

4. Хрульков А. В., Гусев Ю. А., Мишкин С. И., Дориомедов М. С. Эффективность утилизации композиционных материалов // Новости материаловедения. Наука и техника. 2016. № 6 (24). С. 69-74.

5. Петров А. В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Тр. ВИАМ. 2015. № 12. С. 12. Режим доступа: <https://goo.gl/DSAKUA> (дата обращения: 21.06.2018).

6. Гринберг П. Б., Полещенко К. Н., Суриков В. И., Тарасов Е. Е. Технология нанесения наноструктурированных металлопокрытий на резинотехнические изделия // Вестник Омского университета. 2012. №2. С. 249-252.

References:

1. Sydorenko, P. D. Disposal of composites: problem aspects and promising solutions. Access mode: <http://basalt.today/ru/2018/05/15941/> (access date: 07/02/2018).

2. Kulikova, Yu., Slyusar, N., & Shaidurova, G. (2017). Analysis of waste composite materials utilization problems. *Bulletin of Science and Practice*, (11), 255-261 doi:10.5281/zenodo.1048463

3. Knobelsdorf, K., Lutzkendorf, R. Perspectives for the use of new nonwovens based on wet-formable canvases. *Nonwovens. Products, equipment, technology.* - 2009. Access mode: <https://goo.gl/pHqJyu> (access date: 07/02/2018).

4. Khrulkov, A. V., Gusev, Yu. A., & Mishkin, S. I., Doriomedov, M. S. (2016). Efficiency of the utilization of composite materials. *Material Science News. Science and technology*, 6 (24). Pp. 69-74.

5. Petrov, A. V., Doriomedov, M. S., & Skripachev, S. Yu. (2015). Technologies for utilization of polymer composite materials (review). *Tr. VIAM.* (12). 12. Access mode: <https://goo.gl/DSAKUA> (appeal date: 06/21/2018).

6. Grinberg, P. B., Poleschenko, N. N., Surikov, V. I., & Tarasov, E. E. (2012). Technology for applying nanostructured metal coatings on rubber products, *Bulletin of Omsk University*, (2). 249-252.

Работа поступила
в редакцию 30.08.2018 г.

Принята к публикации
02.09.2018 г.

Ссылка для цитирования:

Шайдурова Г. И., Васильев И. Л., Шевяков Я. С., Гатина Е. Р., Куликова Ю. В. Исследование влияния армирующих наполнителей вторичного применения на физико-механические характеристики теплозащитных резин на основе СКЭПТ // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №10. С. 254-260. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/shaidurova> (дата обращения 15.10.2018).

Cite as (APA):

Shaidurova, G., Vasilyev, I., Shevyakov, Ya., Gatina, E., & Kulikova, Yu. (2018). Study of recycled reinforcing fillers influence on physical and mechanical characteristics of ethylene propylene terpolymer based heat-protective rubber. *Bulletin of Science and Practice*, 4(10), 254-260. (in Russian).