

ФИЗИКА, МЕХАНИКА, ХИМИЯ

doi: 10.51639/2713-0576_2025_5_1_61

Научная статья

УДК 691.175.5.8

ГРНТИ 61.00.00

ВАК 1.4.7

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПОЛИЭФИРСУЛЬФОНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Анна Витальевна Вергейчик ^{1*}, Наталья Валентиновна Ключникова ²,
 Дмитрий Олегович Педан ³, Мария Алексеевна Клепикова ⁴

*Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова,
 Белгород, Россия*

^{1*}vergeushka@gmail.com, ²4494.55@mail.ru,
³pedan.mitya544@mail.ru, ⁴mariya.klepickova@yandex.ru

Аннотация

В настоящее время использование полисульфонов широко распространено в различных отраслях промышленности. Они не стойки к действию ультрафиолетовых лучей, поэтому не подходят для изготовления изделий «наружного» применения, например, красок, сайдинга и большинства отделочно-декоративных строительных материалов. К тому же, при термоокислительной деструкции полисульфонов не происходит «сшивания», а значит полимер при старении хрупко разрушается [1].

Из-за высокой коррозионной и химической стойкости полисульфоны стали прекрасными заменителями металлов при изготовлении хирургических инструментов. Химическая стойкость в таких условиях достигается за счет наличия в макромолекуле сульфоновых, эфирных и изопропиленовых групп. Однако не рекомендуется использование этого полимера в хлорированных и амидных растворителях.

Ключевые слова: полисульфоны, суперконструкционные полимеры, полиэфирсульфоны

В медицине полисульфоны применяются в качестве изделий и протезов для:

- 1) челюстно-лицевой хирургии для морфогенеза тканей;
- 2) протезирования зубов;
- 3) материала для мембран диализатора.

Допускается использование полисульфонов для изготовления изделий, контактирующих с пищевыми продуктами. Например, посуда для микроволновых печей изготавливается именно из полисульфонов [2].

Наиболее перспективным направлением применения полисульфонов являются суперконструкционные полимеры – материалы, обладающие стойкостью к действию высоких температур, радиации, стойкостью к ударным циклическим нагрузкам, атмосфера-, морозо- и маслостойкостью.

Изделия из суперконструкционных полимеров обладают меньшим весом, например, в сравнении со сталью на 70 %, а титаном на 55 %. Эти свойства определяют использование таких полимеров в авиации, военной и космической технике, медицине и робототехнике.

Объем производства суперконструкционных полимеров в мире – 300 тыс. тонн в год. Ожидается, что к 2030 году объём мирового рынка полисульфонов сможет достичь 1587 миллионов долларов согласно данным маркетингового исследования Global Polysulfone Supply, Demand and Key Producers. Полисульфоны выпускают фирмы BASF, Solvay Advanced Polymers и другие. BASF выпускает полиэфирсульфоны под маркой Ultradur E, которые разработаны совместно с южнокорейской фирмой I-Completers и предназначены для использования в качестве альтернативной основы для жидкокристаллических матриц вместо стекла.

В промышленных масштабах такие материалы в России не производятся, выпускаются лишь небольшие объемы продукции.

Как мы видим (рис. 1.), до событий 2022 года доля импорта суперконструкционных полимеров составляла 97 %.

Внутреннее производство полисульфонов в объеме рынка занимало менее 3 %. Первая партия суперконструкционных материалов в России была получена только в 2020 г, а до этого времени все полиэфирсульфоны были представлены только зарубежными производителями.

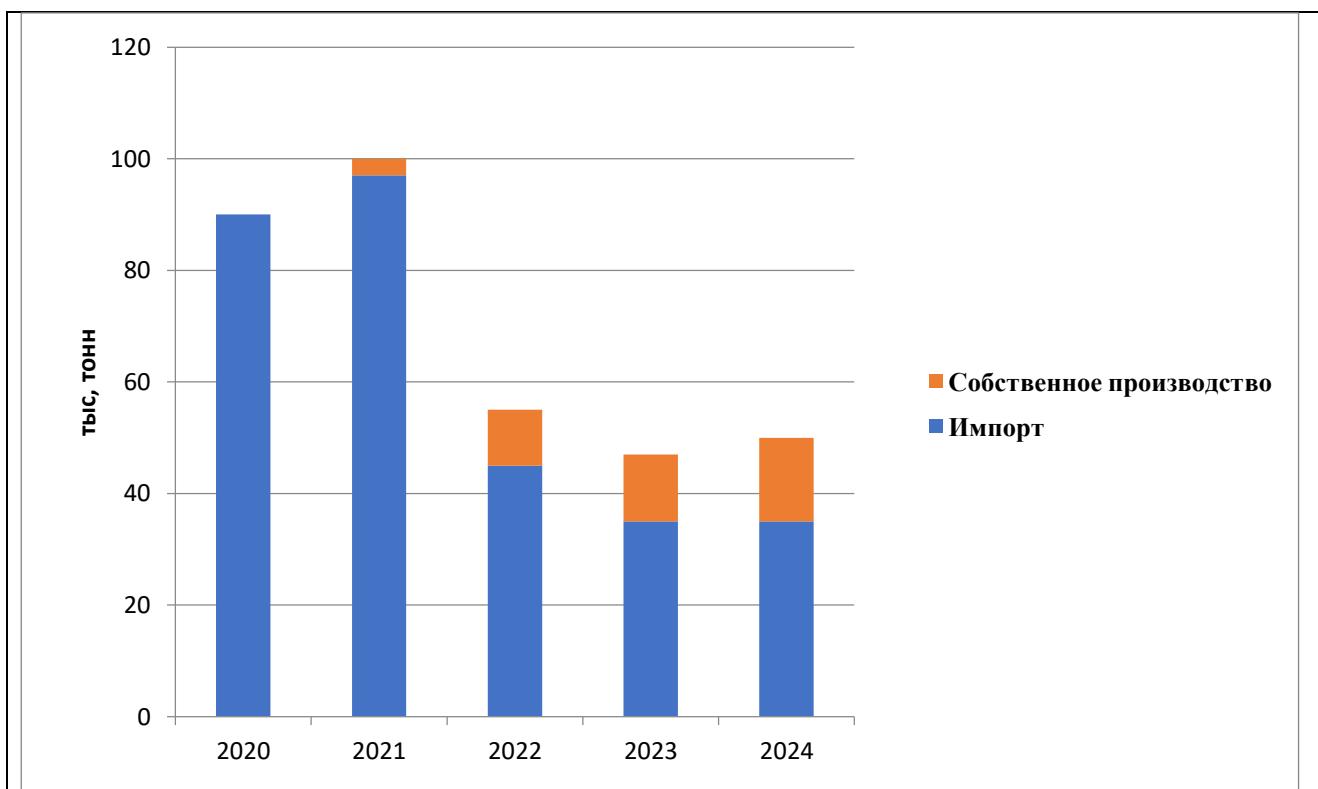


Рисунок 1 – Объемы рынка в России и доли зарубежных и отечественных производителей

Такая ситуация продолжалась недолго и, очевидно, большинство иностранных производителей к 2024 году пропали с Российского рынка. При этом объем российского рынка полисульфонов увеличился в 3,6 раза (рис. 1.).

Так, например, в 2024 году компания «СИБУР» запустила установку по производству суперконструкционных материалов с мощностью 1,5 тонны в год. Объемы производства не

будут значительными, но смогут частично покрыть внутреннюю необходимость России в таких материалах.

Суперконструкционные материалы на основе полисульфонов используются для герметизации ядерных реакторов в зонах максимальной радиации. Волокна и пленки используются в качестве мембран для обратного осмоса, а анизотропные пленки – для микро- и ультрафильтрования.

Из-за высоких изоляционных и электрических свойств полисульфоны используются для получения печатных плат, катушек, изоляторов. Применяются также для получения подшипников, зубчатых передач, которые используются в условиях низких и высоких температур [3].

Как мы видим (рис. 2.), сфера машиностроения потребляет до 10 % от объема производства полисульфонов, строительство – 15-16 %, медицина – 20 %, электроника и электротехника до 15-16 %, автомобилестроение – до 20 %.



Рынок потребления и производства полимеров из полисульфонов стабильно растет, наибольший прирост ожидается в машиностроении и строительстве.

В машиностроении полиэфирсульфоны (ПЭС) применяются в качестве деталей для топливных систем, двигателей, компонентов трансмиссии и изоляторов. Наибольшее распространение в автомобилестроении полиэфирсульфон получил в качестве тормозных трубок, которые обеспечивают передачу тормозной жидкости от главного тормозного цилиндра к тормозным механизмам. Ранее такие трубки изготавливали из поливинилхлорида (ПВХ), но он обладал недостатками [4].

Таким образом, полиэфирсульфоны предпочтительнее использовать в качестве элементов тормозных систем в автомобилестроении из-за лучших физических, механических показателей (табл. 1.). Такие детали способны работать в условиях высоких нагрузок, воздействия агрессивных сред.

Таблица 1 – Сравнение свойств трубок тормозной системы из ПВХ и ПЭС

| Свойства | ПВХ | ПЭС |
|-------------------------|--------------------------------|---|
| Теплостойкость | Ограничена, обычно 70-80 | Высокая, может достигать 200 |
| Химическая стойкость | Средняя устойчивость | Высокая устойчивость |
| Механические показатели | Средние | Высокие в условиях нагрузки, характерные для тормозных систем |
| Стоимость | Низкая | Высокая |
| Гибкость | Высокая для определенных марок | Ограничена |

Заключение

Полиэфирсульфоны представляют собой перспективный класс высокотехнологичных полимерных материалов, характеризующихся сочетанием высокой термической стабильности, химической стойкости и удовлетворительных механических свойств. Их применение находит широкое распространение в медицине, машиностроении, строительстве, электронике и аэрокосмической технике.

Ограничения, обусловленные недостаточной стойкостью к ультрафиолетовому излучению и определённым растворителям, не препятствуют активному развитию направлений их использования.

Отечественное производство суперконструкционных полимеров на основе полиэфирсульфонов находится на этапе становления и пока не в полной мере удовлетворяет внутренний спрос, что подчеркивает необходимость дальнейших технологических разработок и наращивания производственных мощностей.

Учитывая высокую динамику роста мирового рынка полисульфонов и расширение областей их применения, следует ожидать усиления роли данных материалов в формировании новых конструкционных решений для высоконагруженных и агрессивных условий эксплуатации.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент подачи статьи в редакцию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Благодарность

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список источников

1. Ключникова Н.В. Композиционные полимерные материалы: учебное пособие / Н.В. Ключникова, Л.Н. Наумова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. - 114 с.
2. Штейнберг Е. М. и др. Применение и производство полисульфона. Обзор //Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 20. – С. 168-171.

3. Андреева А.А. Технология получения композитов на основе полисульфонов для медицинских изделий // Современные биоинженерные и ядерно-физические технологии в медицине. – 2014. – С. 129–132
4. Петрова Г. Н. и др. Регулирование свойств полисульфонов за счет модификации //Пластические массы. – 2010. – №. 12. – С. 23-27.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGIES OF POLYETHERSULFONE PRODUCTS

Vergeychik Anna Vitalievna*, Klyuchnikova Natalia Valentinovna,
Pedan Dmitry Olegovich, Klepikova Maria Alekseevna

Belgorod State Technological University
named after V. G. Shukhov,
46 Kostyukova St., Belgorod, 308012,
* vergeushka@gmail.com, 4494.55@mail.ru,
pedan.mitya544@mail.ru, mariya.klepickova@yandex.ru

Abstract

Currently, polysulfones are widely used in various industries. They are not resistant to ultraviolet rays, so they are not suitable for the manufacture of "outdoor" products, such as paints, siding and most finishing and decorative building materials. In addition, during the thermal-oxidative destruction of polysulfones, "cross-linking" does not occur, which means that the polymer is brittle when aging [1]. Due to their high corrosion and chemical resistance, polysulfones have become excellent substitutes for metals in the manufacture of surgical instruments. Chemical resistance under such conditions is achieved due to the presence of sulfone, ether and isopropylene dilene groups in the macromolecule. However, it is not recommended to use this polymer in chlorinated and amide solvents.

Keywords: polysulfones, superstructural polymers, polyethersulfones