

Исследование деформационно-прочностных свойств суперконструкционного пластика полифениленсульфона после дезинфекции и стерилизации для медицинских изделий

© Арефьев Артём Сергеевич, Лисаневич⁺ Мария Сергеевна, Мусин* Ильдар Наилевич,
Петров Матвей Александрович, Файзуллин Ильнур Зиннурович

Кафедра медицинской инженерии. Казанский национальный исследовательский технологический
университет. ул. К. Маркса, 68. г. Казань, 420015. Республика Татарстан. Россия.

E-mail: lisanevichms@gmail.com

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: суперконструкционные пластики, полифениленсульфон, растяжение, ударный изгиб, статический изгиб, медицинские изделия, деформационно-прочностные свойства, дезинфицирующий раствор, аламинол, перекись водорода, велтолен, глутарал.

Аннотация

Полифениленсульфон – это суперконструкционный полимер, обладающий исключительными свойствами, такими как высокая термостойкость, прочность и биосовместимость. Отличается стойкостью к гамма- и рентгеновскому излучению. Полифениленсульфон относится к группе термостойких полиариленов, сохраняющих работоспособность при температурах от -100 до +250 °С. Благодаря своим уникальным характеристикам он широко используется в производстве суперконструкционных пластиков, особенно в медицинской сфере. В медицине из полифениленсульфона изготавливают множество изделий, таких как стерилизуемые футляры и лотки, ручки хирургических, одонтологических инструментов. Физиологическая инертность делает его пригодным для изготовления протезов, внедряемых в тело человека. Также из полифениленсульфона производят эндоскопические наконечники, медицинские палочки для проб, муфты для переливания жидкостей, соединения (фитинги), головки для медицинских инструментов, крышки, поддоны для стерилизации, а также лабораторное оборудование. Для эффективного применения полифениленсульфона важно исследовать его деформационно-прочностные свойства, поскольку от них зависит долговечность и надежность медицинских изделий. В ходе проведения исследований были проведены испытания на растяжение, статический и ударный изгиб после обработки полифениленсульфона дезинфицирующими растворами: перекиси водорода 4%, глутарала (без разведения), аламинола 8%, велтолена 5%, гипохлорита натрия 0.5% и паровой стерилизации. Выявлено, что обработка дезинфицирующими растворами и паровая стерилизация при испытании на растяжение не влияет на показатели максимального усилия и относительного удлинения при максимальном усилии по сравнению с контрольным образцом. При испытании на статический изгиб деформационно-прочностные незначительно изменяются. Однако деформационно-прочностные свойства увеличиваются при испытании на ударный изгиб. Показатель ударной вязкости после обработки полифениленсульфона растворами перекиси водорода 50 циклов и велтолена 50 циклов и паровой стерилизации больше на 32% по сравнению с контрольным образцом (у контрольного образца – 54.9 кДж/м², после 50 циклов велтолена и 50 циклов перекиси водорода 72.7 кДж/м²).

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Арефьев А.С., Лисаневич М.С., Мусин И.Н., Петров М.А., Файзуллин И.З. Исследование деформационно-прочностных свойств суперконструкционного пластика полифениленсульфона после дезинфекции и стерилизации для медицинских изделий. *Бутлеровские сообщения*. 2025. Т.84. №12. С.97-104. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-97

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Арефьев А.С., Лисаневич М.С., Мусин И.Н., Петров М.А., Файзуллин И.З. Исследование деформационно-прочностных свойств суперконструкционного пластика полифениленсульфона после дезинфекции и стерилизации для медицинских изделий. *Бутлеровские сообщения* С. 2025. Т.11. №4. Id.9. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-97/ROI-jbc-RC/25-11-4-9

The output for citing the English online version of the article:

Artem.S. Arefyev, Maria S. Lisanevich, Ildar N. Musin, Matvei A. Petrov, Ilnur Z. Fayzullin. A study of the deformation and strength properties of polyphenylene sulfone superstructural plastic after disinfection and sterilization for medical devices. *Butlerov Communications* C. 2025. Vol.11. No.4. Id.9. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-97/ROI-jbc-C/25-11-4-9

Литература

- [1] Лутова Д.А., Лисаневич М.С., Никифоров А.А., Мусин И.Н., Волков И.В., Ахмедьянова Р.А. Полифениленсульфон: производство и применение в медицинских изделиях (обзор литературы). *Вестник Технологического университета*. **2024**. Т.27. №10. С.28-35. DOI 10.55421/1998-7072_2024_27_10_28. [D.A. Lutova, M.S. Lisanevich, A.A. Nikiforov, I.N. Musin, I.V. Volkov, R.A. Akmedyanova. Polyphenylene sulfone: production and application in medical products (literature review). *Bulletin of the Technological University*. **2024**. Vol.27 No.10. P.28-35. DOI:10.55421/1998-7072_2024_27_10_28 (Russian)]
- [2] Даутова А.Н., Янов В.В., Зенитова Л.А. Производство медицинских инструментов из металлозамещающих полимерных материалов. Обзор. *Вестник Казанского технологического университета*. **2012**. №8. С.87-92. [A.N. Dautova, V.V. Yanov, L.A. Zenitova. Production of medical instruments from metal-replacing polymer materials. A review. *Bulletin of the Kazan Technological University*. **2012**. No.8. P.87-92. (Russian)]
- [3] Плиско Т.В., Бильдюкевич А.В., Исайчикова Я.А., Волков В.В. Получение мембран на основе смесей полифениленсульфона и полисульфона. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. **2017**. Т.61. №1. С.54-60. [T.V. Plisko, A.V. Bilydukevich, Y.A. Isaichikova, V.V. Volkov. Preparation of membranes based on mixtures of polyphenylene sulfone and polysulfone. *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. **2017**. Vol.61. No.1. P.54-60. (Russian)]
- [4] И.А. Малаев, М.Л. Пивовар Аддитивные технологии: применение в медицине и фармации. *Вестник фармации*. **2019**. Т.84. №2. С.98-105. [I.A. Malaev, M.L. Pivovarov. Additive technologies: application in medicine and pharmacy. *Bulletin of Pharmacy*. **2019**. Vol.84. No.2. P.98-105. (Russian)]
- [5] Слонов А.Л., Хакулова Д.М., Шогенов М.Х., Ржевская Е.В., Мирзоев Р.А. Разработка угле- и стеклонаполненных композиционных материалов для 3D-печати на основе полифениленсульфона. *Пластические массы*. **2018**. №7-8. С.34-37. [A.L. Slonov, D.M. Khakulova, M.Kh. Shogenov, E.V. Rzhetskaya, R.A. Mirzoev. Development of carbon- and glass-filled composite materials for 3D printing based on polyphenylene sulfone. *Plastics*. **2018**. No.7-8. P.34-37. (Russian)]
- [6] Слонов А.Л., Жанситов А.А., Ржевская Е.В., Хакулова Д.М., Эльжуркаев Т.Х., Микаев М.Л. Влияние длины и концентрации углеродных и стеклянных волокон на свойства полифениленсульфона. *Fibre Chemistry*. **2018**. Т.50. №5. С.354-360. DOI 10.1007/s10692-019-09989-0. [A.L. Slonov, A.A. Zhansitov, E.V. Rzhetskaya, D.M. Khakulova, T.Kh. Elzhurkaev, M.L. Mikaev. Influence of the Length and Concentration of Carbon and Glass Fibers on the Properties of Polyphenylene Sulfone. *Fibre Chemistry*. **2018**. Vol.50. No.5. P.354-360. DOI:10.1007/s10692-019-09989-0 (Russian)]
- [7] Ржевская Е.В. Структура и свойства композиционных материалов на основе полифениленсульфона, наполненного углеродными и стеклянными волокнами: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. *Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. Нальчик*. **2019**. 119с. [E.V. Rzhetskaya. Structure and properties of composite materials based on polyphenylene sulfone filled with carbon and glass fibers: *PhD Thesis in Tech. Sci.*: 05.17.06. *Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov. Nalchik*. **2019**. 119p. (Russian)]
- [8] Курданова Ж.И. Синтез и свойства полифениленсульфона и его сополимеров для применения в аддитивных технологиях: Автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.06. *Институт элементоорганических соединений им. А.М. Несмеянова РАН. Москва*. **2017**. 24с. [Zh.I. Kurdanova. Synthesis and properties of polyphenylene sulfone and its copolymers for use in additive technologies: *Abstract of PhD Thesis in Chem. Sci.*: 02.00.06. *A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the Russian Academy of Sciences. Moscow*. **2017**. 24p. (Russian)]
- [9] Хаширов А.А. Влияние технологических режимов FDM-печати на свойства изделий из полифениленсульфона: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.08. *Институт высокомолекулярных соединений РАН. Санкт-Петербург*. **2019**. 18с. [A.A. Khashirov. Influence of FDM printing technological regimes on the properties of polyphenylene sulfone products: *Abstract of PhD in Tech. Sci.*: 05.19.08. *Institute of Macromolecular Compounds of the Russian Academy of Sciences. St. Petersburg*. **2019**. 18p. (Russian)]
- [10] Поляков И.В. Разработка полиимидных композиционных материалов для эндопротезирования с использованием аддитивных технологий: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Санкт-Петербург*. **2023**. 114с. [I.V. Polyakov. Development of polyimide composite materials for endoprosthesis using additive technologies: *Abstract of PhD in Tech. Sci.*: 05.17.06. *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. St. Petersburg*. **2023**. 114p. (Russian)]
- [11] Хакулова Д.М. Разработка композиционных материалов на основе полифениленсульфона для 3D-печати: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. *Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. Нальчик*. **2018**. 121с. [D.M. Khakulova. Development of composite materials based on

- ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СУПЕРКОНСТРУКЦИОННОГО... 93-104
polyphenylene sulfone for 3D printing: *PhD Thesis in Tech. Sci.*: 05.17.06. Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov. Nalchik. **2018**. 121p. (Russian)]
- [12] Artyom S. Arefyev, Maria S. Lisanevich, Ildar N. Musin, Matvey A. Petrov, Ilnur Z. Fayzullin. A study of the deformation and strength properties of polyphenylene sulfone superstructural plastic after disinfection and sterilization for medical devices. *Butlerov Communications C*. **2025**. Vol.11. No.4. Id.9. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-97/ROI-jbc-C/25-11-4-9
- [13] Арефьев А.С., Лисаневич М.С., Мусин И.Н., Петров М.А., Файзуллин И.З. Исследование деформационно-прочностных свойств суперконструкционного пластика полифениленсульфона после дезинфекции и стерилизации для медицинских изделий. *Бутлеровские сообщения С*. **2025**. Т.11. №4. Id.9. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-97/ROI-jbc-RC/25-11-4-9

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-C/25-11-4-9

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-97/ROI-jbc-C/25-11-4-9

**Investigation of deformation-strength properties
of polyphenylene sulfone superstructure plastic
after disinfection and sterilization for medical products**

**Artyom S. Arefyev, Maria S. Lisanevich,⁺ Ildar N. Musin,*
Matvey A. Petrov, Ilnur Z. Fayzullin**

*Department of Medical Engineering. Kazan National Research Technological University. K. Marx, 68.
Kazan, 420015. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: lisanevichms@gmail.com*

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: superstructure plastics, polyphenylene sulfone, stretching, impact bending, static bending, medical devices, deformation-strength properties, disinfectant solution, alaminol, hydrogen peroxide, Veltolen, glutaral.

Abstract

Polyphenylenesulfone is a superstructure polymer with exceptional properties, such as high heat resistance, strength and biocompatibility. It is resistant to gamma and X-ray radiation. Polyphenylenesulfone belongs to the group of heat-resistant polyarylenes that retain their performance at temperatures from -100 to +250 °C. Due to its unique characteristics, it is widely used in the production of superstructure plastics, especially in the medical field. In medicine, many products are made from polyphenylene sulfone, such as sterilizable cases and trays, handles of surgical and odontological instruments. Physiological inertness makes it suitable for the manufacture of prostheses implanted in the human body. Polyphenylenesulfon also makes endoscopic tips, medical sticks for samples, couplings for transfusion of liquids, connections (fittings), heads for medical instruments, lids, trays for sterilization, as well as laboratory equipment. For the effective use of polyphenylene sulfone, it is important to study its deformation-strength properties, since the durability and reliability of medical products depend on them. In the course of the research, tensile, static and impact bending tests were carried out after polyphenylene sulfone was treated with disinfectant solutions: hydrogen peroxide 4%, glutaral (without dilution), alaminol 8%, veltolen 5%, sodium hypochlorite 0.5% and steam sterilization. It was found that treatment with disinfectant solutions and steam sterilization during the tensile test does not affect the indicators of maximum effort and relative elongation at maximum effort compared to the control image. When tested for static bending, the deformation-strength ones change slightly. However, the deformation-strength properties increase during the impact bending test. The index of impact viscosity after treatment of polyphenylene sulfone with solutions of hydrogen peroxide for 50 cycles and Veltolen for 50 cycles and steam sterilization is 32% higher compared to the control sample (the control sample has 54.9 kJ/m², after 50 cycles of Veltolen and 50 cycles of hydrogen peroxide, 72.7 kJ/m²).