

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Исследование новых технологий.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, 1.4.16. Медицинская химия; 1.5.6. Биотехнология; 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/26-85-1-110
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-110
УДК 531/534. Поступила в редакцию 5 декабря 2025 г.

Применение суперконструкционного полимера для изготовления колец аппарата Г.А. Илизарова

© Тазюков Фарук Хоснутдинович, Сагдатуллин Марат Камилевич, Мусин Ильдар Наилевич,*+ Петров Матвей

Кафедра медицинской инженерии. Казанский национальный исследовательский технологический университет. ул. К. Маркса, 68. г. Казань, 420015. Республика Татарстан. Россия.
Тел.: +7 917 225 9696. E-mail: lisanevichms@gmail.com

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: композиционный материал, расчет на прочность и жесткость.

Аннотация

Замена части металлических элементов аппарата Илизарова композиционными материалами позволяет не только облегчить достаточно тяжелую и сложную конструкцию аппарата, но и значительно удешевить её. Удешевление связано в первую очередь с замены дорогих конструкционных сталей медицинского назначения на более дешевые конструкционные полимерные материалы. В данной работе рассматривается применение суперконструкционного материала PPSU (полифениленсульфон) для изготовления колец аппарата Илизарова. Данный материал имеет ряд замечательных свойств, таких как физиологическая инертность, устойчивость к стерилизации и дезинфекции, делающих его привлекательным для использования в медицине. Кольца аппарата Илизарова, изготовленные из материала PPSU также должны обладать рядом дополнительных характеристик. А именно, иметь достаточную рентгенопрозрачность и обладать необходимым уровнем жесткости и прочности. С этой целью методом литья изготовлены образцы для изучения механических свойств. В результате испытаний получена диаграмма растяжения и вычислены такие механические свойства как модуль упругости и коэффициент Пуассона. Величина допустимого напряжения при растяжении принимается как 35МПа. Целью данной работы является моделирование напряженно-деформированного состояния кольца, изготовленного из PPSU и поучение рекомендаций о возможности применения таких колец в медицинской практике. Данное исследование способствует более глубокому пониманию работы колец аппарата Илизарова, находящихся под действием внешних стягивающих нагрузках. Таким образом, применение моделирования при анализе работы колец позволяет определять наиболее нагруженные их участки и оперативно модернизировать конструкцию для перераспределения напряжений в ней.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Тазюков Ф.Х., Сагдатуллин М.К., Мусин И.Н., Петров М.А. Применение суперконструкционного полимера для изготовления колец аппарата Г.А. Илизарова. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.85. №1. С.110-116. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-110

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Тазюков Ф.Х., Сагдатуллин М.К., Мусин И.Н., Петров М.А. Применение суперконструкционного полимера для изготовления колец аппарата Г.А. Илизарова. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.12. №1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-110/ROI-jbc-RC/26-12-1-7

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

Faruk Kh. Tazyukov, Marat K. Sagadullin, Ildar N. Musin, Matvey A. Petrov. Application of superstructural polymer for the manufacture of rings of the G.A. Ilizarov apparatus. *Butlerov Communications A*. 2026. Vol.12. No.1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-110/ROI-jbc-C/26-12-1-7

Литература

- [1] Калнбернз В.К., Адамович И.С., Перпер М.И., Янсон И.А. Исследование биомеханических параметров фиксации. *Биомеханика: проблемы и исследования: сб. науч. тр. Рига*. 1988. С.198-203. [V.K. Kalnberns, I.S. Adamovich, M.I. Perper, I.A. Janson. Study of biomechanical fixation parameters. *Biomechanics: Problems and Research: Collection of Scientific Papers. Riga*. 1988. P.198-203. (Russian)]

- [2] Шевцов В.И., Немков В.А., Скляр Л.В. Аппарат Илизарова. *Биомеханика. Курган: Периодика*. **1995**. 165с. [V.I. Shevtsov, V.A.Nemkov, L.V. Sklyar. Ilizarov apparatus. *Biomechanics. Kurgan: Periodika*. **1995**. 165p. (Russian)]
- [3] Пугачёв А.Н., Наумов В.Г., Взятыхшев Н.Н., Ширяев А.Н., Тихомирова М.В. Математическое моделирование биомеханики аппарата внешней фиксации. *Гений ортопедии*. **2004**. №3. С.76-81. [A.N. Pugachev, V.G. Naumov, N.N. Vzyatyshev, A.N. Shiryayev, M.V. Tikhomirova. Mathematical modeling of external fixation device biomechanics. *The Genius of Orthopedics*. **2004**. No.3. P.76-81. (Russian)]
- [4] Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова. *СПб.: Морсар АВ*. **2005**. 352с. [L.N. Solomin. Fundamentals of transosseous osteosynthesis with the apparatus of G.A. Ilizarov. *St. Petersburg: Morsar AV*. **2005**. 352p. (Russian)]
- [5] Бушманов А.В. Математическое и компьютерное моделирование фиксирующих устройств в травматологии. *Благовещенск: Амурский государственный университет*. **2007**. 145с. [Bushmanov A.V. Mathematical and computer modeling of fixation devices in traumatology. *Blagoveshchensk: Amur State University*. **2007**. 145p. (Russian)]
- [6] Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. *Москва: Высшая школа*. **1986**. 607с. [A.V. Darkov, N.N. Shaposhnikov. Structural mechanics. *Moscow: Vysshaya Shkola*. **1986**. 607p. (Russian)]
- [7] Корнилов Н.В., Соломин Л.Н., Евсеева С.А., Назаров В.А. Метод исследования жесткости чрескостного остеосинтеза при планировании операций: метод. рекомендации. *СПб*. **2002**. 48с. [N.V. Kornilov, L.N. Solomin, S.A. Evseeva, V.A. Nazarov. Method for studying the rigidity of transosseous osteosynthesis in planning operations: methodological recommendations. *St. Petersburg*. **2002**. 48p. (Russian)]
- [8] Лашчеников Б.Я., Дмитриев Я.Б., Смирнов М.Н. Методы расчета на ЭВМ конструкций и сооружений. *Москва: Стройиздат*. **1993**. 320с. [B.Ya. Lashchenikov, Ya.B., Dmitriev, M.N. Smirnov. Methods for computer-aided design of structures and buildings. *Moscow: Stroyizdat*. **1993**. 320p. (Russian)]
- [9] Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде MSC/NASTRAN для Windows. *Москва: НТ Пресс*. **2004**. 512с. [S.P. Rychkov. Modeling of structures in MSC/NASTRAN for Windows. *Moscow: NT Press*. **2004**. 512p. (Russian)]
- [10] Шуц С.А., Джафарова О.А., Шуц Б.С. Компьютерное моделирование систем внешней фиксации. *Медицинская техника*. **2000**. №1. С.21-25. [S.A. Shutz, O.A. Jafarova, B.S. Shutz. Computer modeling of external fixation systems. *Medical Engineering*. **2000**. No.1. P.21-25. (Russian)]
- [11] Армирующие химические волокна для композиционных материалов. Под ред. Г.И. Кудрявцева. *Москва: Химия*. **1992**. 288с. [Reinforcing chemical fibers for composite materials. Ed. by G.I. Kudryavtsev. *Moscow: Chemistry*. **1992**. 288p. (Russian)]
- [12] Лутова Д.А., Лисаневич М.С., Никифоров А.А., Мусин И.Н., Волков И.В., Ахмедьянова Р.А. Исследование механических свойств композитных материалов для ортопедических имплантатов. *Вестник Казанского технологического университета*. **2024**. Т.27. №10. С.28-35. [D.A. Lutova, M.S. Lisanevich, A.A. Nikiforov, I.N. Musin, I.V. Volkov, R.A. Akhmedyanova. Study of mechanical properties of composite materials for orthopedic implants. *Bulletin of Kazan Technological University*. **2024**. Vol.27. No.10. P.28-35. (Russian)]
- [13] Мусин И.Н., Лисаневич М.С., Лутова Д.А., Яковлев И.Д., Волков И.В., Ахмедьянова Р.А. Разработка и испытание полимерных фиксаторов для чрескостного остеосинтеза. *Вестник Казанского технологического университета*. **2024**. Т.27. №12. С.23-33. [I.N. Musin, M.S. Lisanevich, D.A. Lutova, I.D.Yakovlev, I.V. Volkov, R.A. Akhmedyanova. Development and testing of polymer fixators for transosseous osteosynthesis. *Bulletin of Kazan Technological University*. **2024**. Vol.27. No.12. P.23-33. (Russian)]
- [14] F.Kh. Tazyukov, M.K. Sagadullin, I.N. Musin, M.A. Petrov. Application of superstructural polymer for the manufacture of rings of the G.A. Ilizarov apparatus. *Butlerov Communications A*. **2026**. Vol.12. No.1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-110/ROI-jbc-C/26-12-1-7
- [15] Тазюков Ф.Х., Сагдатуллин М.К., Мусин И.Н., Петров М.А. Применение суперконструкционного полимера для изготовления колец аппарата Г.А. Илизарова. *Бутлеровские сообщения*. **2026**. Т.12. №1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-110/ROI-jbc-RC/26-12-1-7

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/26-12-1-7

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-110/ROI-jbc-C/26-12-1-7

Application of superstructural polymer for the manufacture of rings of the G.A. Ilizarov apparatus

Faruk Kh. Tazyukov, Marat K. Sagadullin, Ildar N. Musin,*⁺ Matvey A. Petrov

Department of Medical Engineering, Kazan National Research Technological University, K. Marx St., 68. Kazan, 420015. Republic of Tatarstan, Russia. Phone: +7 917 225 9696. E-mail: lisanevichms@gmail.com

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: composite material, strength and rigidity calculation.

Abstract

Replacing some of the steel elements of the Ilizarov apparatus with composite materials allows not only to lighten the rather heavy and complex design of the apparatus, but also to significantly reduce its cost. The reduction in cost is primarily due to the replacement of expensive medical-grade structural steels with cheaper structural polymeric materials. This paper examines the use of superstructural material PPSU (polyphenylene sulfone) for the manufacture of Ilizarov apparatus rings. This material has a number of remarkable properties, such as physiological inertness, resistance to sterilization and disinfection, making it attractive for use in medicine. The rings of the Ilizarov apparatus made of PPSU material should also have a number of additional characteristics. Namely, they should have sufficient radiolucency and the required level of strength and rigidity. For this purpose, samples for studying mechanical properties were made by casting. As a result of the tests, a tensile diagram was obtained and such mechanical properties as the modulus of elasticity and Poisson's ratio were calculated. The value of the permissible tensile stress is taken as 35 MPa. The purpose of this work is to simulate the stress-strain state of a ring made of PPSU and to receive recommendations on the possibility of using such rings in medical practice. This study contributes to a deeper understanding of the operation of the Ilizarov apparatus rings under external compressive loads. Thus, the use of modeling in the analysis of the operation of the rings allows us to determine their most loaded sections and promptly modernize the design to redistribute stresses in it.