

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-32-44>

УДК 677.494.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН, ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ РАСТВОРОВ В ДИМЕТИЛАЦЕТАМИДЕ

Л. А. ЩЕРБИНА¹⁺, Е. В. БИБИКОВ², Н. В. ПЧЕЛОВА¹, И. С. КОЗЛОВСКАЯ¹, И. А. БУДКУТЕ¹

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев,

²ООО «АЛАБУГА-ВОЛОКНО» Госкорпорации «Росатом», тер. ОЭЗ Алабуга, ул. Ш-2, стр. 11/9, 423601, г. Елабуга, Республика Татарстан, Россия

Цель работы — сравнительный анализ процесса формирования и свойств полиакрилонитрильных (ПАН) волокон, полученных из прядильных растворов промышленных терсополимеров (поли[акрилонитрил-со-метилакрилат-со-2-акриламид-2-метилпропансульфокислота] (поли[АН-со-МА-со-АМПС]) и поли[акрилонитрил-со-метилакрилат-со-итакановая кислота] (поли[АН-со-МА-со-ИтК])) в диметилацетамиде (ДМАА) в условиях варьирования основных параметров процесса формования.

В сопоставлении оценены реологические характеристики прядильных растворов на основе указанных терсополимеров в ДМАА. В ходе изучения влияния состава и температуры осадительной ванны на процесс формирования ПАН волокон анализировали следующие показатели: прядомость, минимальное значение фильерного вытягивания, максимальную кратность пластификационного вытягивания, усадку, удельную поверхность.

На основе результатов микроскопирования модельных гель-волокон, полученных при различных режимах, отмечено, что при одинаковых условиях формования однородность надмолекулярной структуры волокон на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК] выше, чем волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС]. Установлено, что оптимальной концентрацией ДМАА в осадительной ванне при формировании волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] является 65 мас.%, на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК] — 50–55 мас.%.

Оценено влияние условий формирования ПАН гель-волокон на их удельную поверхность, определяемую по сорбционной способности. Установлено, что гель-волокна на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК] сорбируют большее количество красителя и имеют более развитую внутреннюю поверхность, чем гель-волокна на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС].

Установлено, что с повышением температуры осадительной ванны наблюдается увеличение усадки модельных волокон. Причем, эта тенденция проявляется в большей степени в случае волокон на основе поли[АН-со-МА-со-ИтК].

Ключевые слова: сополимер, акрилонитрил, метилакрилат, 2-акриламид-2-метилпропансульфокислота, итакановая кислота, диметилацетамид, микроскопирование, прядомость, вытягивание, однородность, структура, морфология, усадка.

STUDY OF THE PROCESS OF FORMATION OF POLYACRYLONITRILE FIBERS OBTAINED FROM SOLUTIONS IN DIMETHYLACETAMIDE

L. A. SHCHERBINA¹⁺, E. V. BIBIKOV², N. V. PCHALOVA¹, I. S. KOZLOVSKAYA¹, I. A. BUDKUTE¹

¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Schmidt Ave., 3, 212027, Mogilev, Belarus

²LLC ALABUGA-VOLOKNO of the State Corporation Rosatom, ter. SEZ Yelabuga, Sh-2 St., b. 11/9, 423601, Yelabuga, Republic of Tatarstan, Russia

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: htvm@tut.by

The aim of the work is a comparative analysis of the formation process and properties of polyacrylonitrile (PAN) fibers obtained from spinning solutions of industrial tercopolymers (poly[acrylonitrile-co-methyl acrylate-co-2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid] (poly[AN-co-MA-co-AMPS]) and poly[acrylonitrile-co-methyl acrylate-co-itaconic acid] (poly[AN-co-MA-co-ItA])) in dimethylacetamide (DMAA) under conditions of varying the main parameters of the formation process.

In the comparison, the rheological characteristics of spinning solutions based on the specified tercopolymers in DMAA are estimated. During the study of the influence of the composition and temperature of the bath on the process of formation of PAN fibers, the following indicators were analyzed: spinnability, minimum value of spinneret drawing, maximum multiplicity of plasticization drawing, shrinkage, specific surface.

Based on the results of microscopy of model gel fibers obtained under different conditions, it was noted that under the same spinning conditions, the homogeneity of the supramolecular structure of fibers based on poly[AN-co-MA-co-ItA] is higher than of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS]. It was found that the optimal concentration of DMAA in the coagulation bath during spinning of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS] is 65 wt.%, and based on poly[AN-co-MA-co-ItA] — 50–55 wt.% DMAA.

The effect of the conditions for the formation of PAN gel fibers on their specific surface area, determined by their sorption capacity, was assessed. It was found that gel fibers based on poly[AN-co-MA-co-ItA] sorb a larger amount of dye and have a more developed specific surface than gel fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS].

It has been established that with an increase of the temperature of the coagulation bath, an increase in the shrinkage of the model fibers is observed. Moreover, this tendency is manifested to a greater extent in the case of fibers based on poly[AN-co-MA-co-ItA].

Keywords: copolymer, acrylonitrile, methyl acrylate, 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid, itaconic acid, dimethylacetamide, microscopy, spinnability, drawing, homogeneity, structure, morphology, shrinkage.

Поступила в редакцию 18.06.2024

© Л. А. Щербина, Е. В. Бибииков, Н. В. Пчелова, И. С. Козловская, И. А. Будкуте, 2024

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)

Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com

Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Щербина Л. А., Бибииков Е. В., Пчелова Н. В., Козловская И. С., Будкуте И. А. Исследование процесса формирования полиакрилонитрильных волокон, получаемых из растворов в диметилацетамиде // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 3. С. 32–44. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-32-44>

Citation sample:

Shcherbina L. A., Bibikov E. V., Pchelova N. V., Kozlovskaya I. S., Budkute I. A. Issledovanie protsesssa formirovaniya poliakrilonitriľnykh volokon, poluchaemykh iz rastvorov v dimetilacetamide [Study of the process of formation of polyacrylonitrile fibers obtained from solutions in dimethylacetamide]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 3, pp. 32–44. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-32-44>

Литература

- Исаев А. С. Совершенствование тепловой работы печи термостабилизации при производстве углеродных волокон с целью сокращения энергозатрат : дис. канд. тех. наук : 05.14.04. Москва, 2016. 127 с.
- Ahn H., Yeo S. Y., Lee B.-S. Designing Materials and Processes for Strong Polyacrylonitrile Precursor Fibers // *Polymers*, 2021, vol. 13, is. 17, pp. 2863–2882. doi: 10.3390/polym13172863

3. Ahn H., Wee J.-H., Kim Y. M., Yu W.-R., Yeo S.-Y. Microstructure and Mechanical Properties of Polyacrylonitrile Precursor Fiber with Dry and Wet Drawing Process // *Polymers*, 2021, vol. 13, is. 10, pp. 1613–1625. doi: 10.3390/polym13101613
4. Kaur J., Millington K., Smith S. Producing high-quality precursor polymer and fibers to achieve theoretical strength in carbon fibers: A review // *J. Appl. Polym. Sci.*, 2016, vol. 133, is. 38, pp. 102–116. doi: 10.1002/APP.43963
5. Liu Q., Wang Y.-X., Niu F., Ma L., Qu C., Fu S., Chen M. Spinnability of Polyacrylonitrile Gel Dope in the Mixed Solvent of Dimethyl Sulfoxide/Dimethylacetamide and Characterization of the Nascent Fibers // *Polymer Science Series A*, 2018, vol. 60, is. 5, pp. 638–646. doi: 10.1134/S0965545X18050103
6. Пчелова Н. В., Щербина Л. А., Городнякова И. С., Будкуте И. А. Исследование влияния условий формования на окрашиваемость гель-волокон из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2020. № 2 (39). С. 118–129. doi: 10.24411/2079-7958-2020-13912
7. Аналитический контроль производства синтетических волокон : справочное пособие / под ред. А. С. Чеголи, Н. М. Кваша. Москва : Химия, 1982. 256 с.
8. Mankar R. B., Saraf D. N., Gupta S. K. Viscoelastic behavior of polymerizing systems // *Rheol. Acta*, 1999, vol. 38, pp. 84–89. doi: 10.1007/s003970050158

References

1. Isaev A. S. Sovershenstvovanie teplovoy raboty pechi termostabilizatsii pri proizvodstve uglerodnikh volokon s tsel'yu sokrashcheniya energozatrat. Diss. kand. tekhn. Nauk [Improving the thermal performance of a thermal stabilization furnace in the production of carbon fibers in order to reduce energy costs. PhD eng. sci. diss.]. Moscow, 2016. 127 p.
 2. Ahn H., Yeo S. Y., Lee B.-S. Designing Materials and Processes for Strong Polyacrylonitrile Precursor Fibers. *Polymers*, 2021, vol. 13, is. 17, pp. 2863–2882. doi: 10.3390/polym13172863
 3. Ahn H., Wee J.-H., Kim Y. M., Yu W.-R., Yeo S.-Y. Micro-structure and Mechanical Properties of Polyacrylonitrile Precursor Fiber with Dry and Wet Drawing Process. *Polymers*, 2021, vol. 13, is. 10, pp. 1613–1625. doi: 10.3390/polym13101613
 4. Kaur J., Millington K., Smith S. Producing high-quality pre-cursor polymer and fibers to achieve theoretical strength in carbon fibers: A review. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2016, vol. 133, is. 38, pp. 102–116. doi: 10.1002/APP.43963
 5. Liu Q., Wang Y.-X., Niu F., Ma L., Qu C., Fu S., Chen M. Spinnability of Polyacrylonitrile Gel Dope in the Mixed Solvent of Dimethyl Sulfoxide/Dimethylacetamide and Characterization of the Nascent Fibers. *Polymer Science, Series A*, 2018, vol. 60, is. 5, pp. 638–646. doi: 10.1134/S0965545X18050103
 6. Pchelova N. V., Shcherbina L. A., Gorodnyakova I. S., Budkute I. A. Issledovanie vliyaniya usloviy formovaniya na nakrashivaemost' gel'-volokon iz sopolimerov akrilonitrila, metilakrilata i itakonovoy kisloty [Study of the influence of molding conditions on the dyeability of gel fibers made from copolymers of acrylonitrile, methyl acrylate and itaconic acid]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Vestnik of Vitebsk State Technological University], 2020, no. 2 (39), pp. 118–129. doi: 10.24411/2079-7958-2020-13912
 7. *Analiticheskiy kontrol' proizvodstva sinteticheskikh volokon* [Analytical control of production of synthetic fibers]. Eds. A. S. Chegoli, N. M. Kvasha. Moscow : Khimiya Publ., 1982. 256 p.
 8. Mankar R. B., Saraf D. N., Gupta S. K. Viscoelastic behavior of polymerizing systems. *Rheol. Acta*, 1999, vol. 38, pp. 84–89. doi: 10.1007/s003970050158
-