

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2020.68.96.013

Экономические аспекты оценки гидрофобных свойств полимерных материалов

Шарапов Николай Алексеевич

Кандидат технических наук,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Жесткий Николай Алексеевич

Бакалавр,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Ковалев Арсений Юрьевич

Бакалавр,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Маланичев Сергей Евгеньевич

Младший научный сотрудник,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Аннотация

В статье приводятся результаты экспериментов по обработке гидрофобной полимерной ткани импульсным барьерным разрядом с целью придания ей свойства гидрофильности без изменения структуры материала. Рассмотрено восстановление исходных свойств во времени, прошедшем с момента обработки. В настоящее время полимерные и композиционные материалы находят широкое применение в различных отраслях промышленности и других сферах народного хозяйства и являются высокоэффективными как в технологическом, потребительском, так и в экономическом плане материалами. Разработка и освоение новых изделий и новых технологий относятся к инновационной деятельности. Цель инновационной деятельности – создание новой и повышение конкурентоспособности производимой продукции. Получение изделий из полимерных материалов является высокорентабельным производством со сроком окупаемости инвестиций в большинстве случаев – один-три года. Динамичное развитие

промышленности полимеров вызвано их легкостью переработки, высокими химико-механическими свойствами (прочностью, теплостойкостью, механической прочностью и др.). Замена дорогостоящих и натуральных материалов на полимеры и композиты, вторичное использование полимерных ресурсов снижают материалоемкость продукции, способствуют развитию новых технологий создания новых материалов, прогрессивной техники, повышают рентабельность основного производства, обеспечивают эффективное использование капитальных вложений.

Для цитирования в научных исследованиях

Шарапов Н.А., Жесткий Н.А., Ковалев А.Ю., Маланичев С.Е. Экономические аспекты оценки гидрофобных свойств полимерных материалов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 6А. С. 111-117. DOI: 10.34670/AR.2020.68.96.013

Ключевые слова

Плазма, импульсный барьерный разряд, полимерные материалы, полимерная ткань, гидрофобность, гидрофильность, модификация поверхности, активация поверхности.

Введение

На данный момент проблема придания полимерным материалам новых свойств, таких как адгезия к различным веществам, без изменения полимерной структуры и исходных свойств, как, например, прочность и взаимное трение между волокнами, самих материалов является одной из наиболее актуальных в науке и технике. Существует ряд методов, позволяющих провести модификацию и активацию поверхности полимерных материалов, подробно описанных в обзоре [Ершов и др., 2012]. Результаты обзора дают основание полагать, что одним из наиболее перспективных методов активации и модификации поверхности полимерных материалов является их обработка плазмой импульсного барьерного разряда.

В описываемом эксперименте были рассмотрены следующие задачи:

- 1) качественно определить возможность применения данного метода для обработки поверхности полимерного материала;
- 2) проанализировать изменение структуры и свойств материала на примере придания гидрофобной ткани гидрофильных свойств;
- 3) определить область наиболее эффективных режимов обработки в случае экспериментального подтверждения эффективности предложенного метода.

Обработка материалов осуществлялась импульсным барьерным разрядом на воздухе при атмосферном давлении. Объектом обработки являлась полиамидная ткань, имеющая исходно гидрофобные свойства. Экспериментальным путем было выяснено, что предварительная пропитка ткани какими-либо гидрофобными составами не осуществлялась.

Основное содержание

Поскольку обрабатываемый материал является листовым и гибким, то есть легко принимает плоскую форму, то экспериментальная установка должна иметь соответствующую геометрическую форму. Из этих соображений была выбрана плоскопараллельная пара электродов, один из которых имеет диэлектрический слой, тем самым обеспечивая условия для возбуждения именно барьерного разряда в промежутке.

В данной системе разряд возбуждается серией последовательных импульсов высоковольтным импульсным генератором с регулируемой частотой повторения и длительностью импульсов. Источником электропитания является лабораторный блок питания.

В качестве электрода была выбрана стеклянная пластина, на которую был нанесен методом магнетронного распыления тонкий слой In-Sn. Тонкий оптически прозрачный слой In-Sn имеет более высокую проводимость по сравнению с альтернативными проводящими материалами при тех же геометрических параметрах проводящего слоя электрода [Ali, Ahmed, 2018]. Геометрическая форма, а также материал диэлектрика и проводящего слоя электрода позволяют визуально наблюдать структуру и геометрические размеры разряда, а также перемещение микрозарядов.

Эксперименты проводились в стандартных условиях окружающей среды (давление воздуха – 1 атм). При таких условиях в экспериментальной разрядной системе возможно получение импульсного барьерного разряда только филаментированной структуры. Филаментированной структурой диэлектрического барьерного разряда называется тип структуры, при котором весь разряд состоит из серии микрозарядов, равномерно распределенных и хаотично перемещающихся в разрядном промежутке. Для придания им равномерного и однонаправленного движения в разрядной области была организована подача воздуха с расходом 5 л/мин в зону разряда.

Эксперименты проводились при параметрах разряда, лежащих в диапазонах, приведенных в таблице 1.

Время экспозиции обрабатываемой ткани в зоне разряда варьировалось от 10 до 60 секунд с шагом в 10 с. Результаты воздействия оценивались при помощи смачивания дистиллированной водой поверхности ткани и замера времени впитывания. Смачивание проводилось при помощи шприца, количество воды при этом не изменялось.

Оценка результатов эксперимента проводилась по следующей методике:

1. На исследуемый образец равномерно и без перекрытия наносились капли дистиллированной воды.
2. Фиксировалось время впитывания контрольных капель в материал. Капля считалась впитанной, когда при визуальной оценке весь ее объем распределялся в объеме ткани, а в месте нанесения капли не было воды на поверхности ткани. Замер времени производился с момента нанесения первой капли до момента впитывания последней.
3. Образец принудительно подвергался высушиванию в течение 15 минут. Далее производилось повторное нанесение капель и снова замерялось время впитывания.
4. После повторного высыхания в течение 15 минут измерения проводились снова.
5. В дальнейшем образец выдерживался в течение 2,5 часов, и все измерения повторялись.
6. Цикл измерений повторялся через сутки, 8 суток, 16 суток.

Для получения статистически достоверных значений была проведена серия экспериментов, показавших воспроизводимость результатов.

В процессе исследований были определены оптимальные параметры разряда и геометрия разрядной системы, при которых эффект гидрофильности был максимальным.

При проведении эксперимента основным критерием было отсутствие термических разрушений (выгорания) структуры ткани. Экспериментальным путем была определена зависимость времени впитывания воды тканью от времени, прошедшего с момента обработки: непосредственно после воздействия образец быстро впитывал воду. Спустя 15 минут время впитывания незначительно увеличивалось. С течением времени скорость впитывания

уменьшалась до полного восстановления гидрофобных свойств.

Результаты исследований представлены на рисунке 3 в виде гистограммы. На ней в произвольном масштабе отражено время, прошедшее с момента эксперимента, и время впитывания воды тканью.

Заключение

По результатам исследования были сделаны следующие выводы.

Экспериментальным путем был подтвержден факт эффективности применения импульсного барьерного разряда для обработки полимерных материалов с целью придания гидрофобным материалам гидрофильных свойств.

Результатом проведенных исследований стала зависимость скорости впитывания жидкости тканью от времени, прошедшего с момента обработки. Данная зависимость свидетельствует о том, что исходные свойства материала восстанавливаются. При этом структура ткани не подверглась изменениям в процессе воздействия импульсного барьерного разряда.

В ходе эксперимента был определен оптимальный режим обработки материала. Критерием являлось минимальное время впитывания жидкости тканью.

Таким образом, обработка полимерных материалов плазмой импульсного барьерного разряда является эффективным способом активации поверхности без изменения его исходных свойств. Данный метод может быть эффективно использован в техническом процессе покраски, склейки или иной обработки полимерных материалов.

Таким образом, полимерные и композиционные материалы находят широкое применение в различных отраслях промышленности и других сферах народного хозяйства и являются высокоэффективными как в технологическом, потребительском, так и в экономическом плане материалами. Разработка и освоение новых изделий и новых технологий относятся к инновационной деятельности. Одним из наиболее перспективных методов активации и модификации поверхности полимерных материалов является их обработка плазмой импульсного барьерного разряда.

Библиография

1. Ершов И.П. и др. Модификация синтетических волокон и нитей // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 5. С. 136-143.
2. Ali A., Ahmed S. Recent Advances in Edible Polymer Based Hydrogels as a Sustainable Alternative to Conventional Polymers // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. No. 66 (27). P. 6940-6967.
3. Bhat A.H. et al. Dielectric and Material Properties of Poly (Vinyl Alcohol): Based Modified Red Mud Polymer Nanocomposites // Journal of Polymers and the Environment. 2012. No. 20(2). P. 395-403.
4. Edalat A., Portillo L. PolyCera TM membranes: Combining the economics of polymers with the robust performance of ceramics // Technical Proceedings of the 2013 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, NSTI-Nanotech. 2013. Vol. 3. P. 659-660.
5. Ferreira V.H.S. Injection scheme to reduce retention and improve economics of polymer enhanced oil recovery // Proceedings – SPE Annual Technical Conference and Exhibition. 2019.
6. Hansen G. What we dreamt as children - How conductive polymers are bringing our dreams to reality // Journal of Advanced Materials. 2006. No. 38(3). P. 68-74.
7. Hart K.R., Frketic J.B., Brown J.R. Recycling meal-ready-to-eat (MRE) pouches into polymer filament for material extrusion additive manufacturing // Additive Manufacturing. 2018. No. 21. P. 536-543.
8. Henning C. et al. Applicability of different bio-based polymers for wiring boards // Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science. 2019. No. 1-8.
9. Lenz T.J. et al. Intelligent decision support systems in polymer composites design: industrial focus by application segment and product line // International SAMPE Symposium and Exhibition (Proceedings). 1996. Vol. 41. P. 1259-

1268.

10. Manjrekar S.K. Use of polymers and inorganic chemical grouts in the rehabilitation of structures // *Indian Concrete Journal*. 1995. No. 69 (11). P. 613-619.
11. Mascarin A.E., Hodges D.E. Structural materials in the electrical power transmission industry: perceptions and economics // *Annual Technical Conference - ANTEC, Conference Proceedings*. 1995. Vol. 2. P. 1351-1357.
12. Stewart D. Lignin as a base material for materials applications: Chemistry, application and economics // *Industrial Crops and Products*. 2008. No. 27 (2). P. 202-207.
13. Utracki L.A. Economics of polymer blends // *Polymer Engineering and Science*. 1982. No. 22(17). P. 1166-1174.
14. Weissermel K., Cherdrón H. Raw Materials and Energy: A Challenge for Polymer Research // *Angewandte Chemie International Edition in English*. 1983. No. 22 (10). P. 764-771.
15. Yu Y., Sun T. Polymer-modified cement waterproofing coating and cementitious capillary crystalline waterproofing materials: Mechanism and applications // *Key Engineering Materials*, 726 KEM. 2017. P. 527-531.

Economic aspects of evaluating the hydrophobic properties of polymer materials

Nikolai A. Sharapov

PhD in Technical Sciences,
Bauman Moscow State Technical University,
105005, 1, 5, Vtoraya Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Nikolai A. Zhestkii

Bachelor,
Bauman Moscow State Technical University,
105005, 1, 5, Vtoraya Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Arsenii Yu. Kovalev

Bachelor,
Bauman Moscow State Technical University,
105005, 1, 5, Vtoraya Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Sergei E. Malanichev

Junior Researcher,
Bauman Moscow State Technical University,
105005, 1, 5, Vtoraya Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: nikolai.zhestkij@outlook.com

Abstract

The article presents the results of experiments on the treatment of hydrophobic polymer fabric by a pulsed barrier discharge in order to impart hydrophilicity to it without changing the structure

of the material. The restoration of the initial properties in time elapsed since processing is considered. Currently, polymeric and composite materials are widely used in various industries and other sectors of the national economy and are highly effective in technological, consumer and economic terms. The development of new products and new technologies are related to innovation. The purpose of innovation is to create new products and increase their competitiveness. Obtaining products from polymeric materials is a highly profitable production with a payback period of investment in most cases – one to three years. The dynamic development of the polymer industry is caused by their ease of processing, high chemical and mechanical properties (strength, heat resistance, mechanical strength, etc.). The replacement of expensive and natural materials with polymers and composites, the secondary use of polymer resources reduce the material consumption of products, promote the development of new technologies for creating new materials, advanced technology, increase the profitability of the main production, and ensure the efficient use of capital investments.

For citation

Sharapov N.A., Zhestkii N.A., Kovalev A.Yu., Malanichev S.E. (2020) Ekonomicheskie aspekty otsenki gidrofobnykh svoystv polimernykh materialov [Economic aspects of evaluating the hydrophobic properties of polymer materials]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 10 (6A), pp. 111-117. DOI: 10.34670/AR.2020.68.96.013

Keywords

Plasma, pulsed barrier discharge, polymeric materials, polymeric fabric, hydrophobicity, hydrophilicity, surface modification, surface activation.

References

1. Ali A., Ahmed S. (2018) Recent Advances in Edible Polymer Based Hydrogels as a Sustainable Alternative to Conventional Polymers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (27), pp. 6940-6967.
2. Bhat A.H. et al. (2012) Dielectric and Material Properties of Poly (Vinyl Alcohol): Based Modified Red Mud Polymer Nanocomposites. *Journal of Polymers and the Environment*, 20(2), pp. 395-403.
3. Edalat A., Portillo L. (2013) PolyCera TM membranes: Combining the economics of polymers with the robust performance of ceramics. *Technical Proceedings of the 2013 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, NSTI-Nanotech*, 3, pp. 659-660.
4. Ershov I.P. et al. (2012) Modifikatsiya sinteticheskikh volokon i nitei [Modification of synthetic fibers and threads]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 5, pp. 136-143.
5. Ferreira V.H.S. (2019) Injection scheme to reduce retention and improve economics of polymer enhanced oil recovery. *Proceedings – SPE Annual Technical Conference and Exhibition*.
6. Hansen G. (2006) What we dreamt as children - How conductive polymers are bringing our dreams to reality. *Journal of Advanced Materials*, 38(3), pp. 68-74.
7. Hart K.R., Frketic J.B., Brown J.R. (2018) Recycling meal-ready-to-eat (MRE) pouches into polymer filament for material extrusion additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 21, pp. 536-543.
8. Henning C. et al. (2019) Applicability of different bio-based polymers for wiring boards. *Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science*, 1-8.
9. Lenz T.J. et al. (1996) Intelligent decision support systems in polymer composites design: industrial focus by application segment and product line. *International SAMPE Symposium and Exhibition (Proceedings)*, 41, pp. 1259-1268.
10. Manjrekar S.K. (1995) Use of polymers and inorganic chemical grouts in the rehabilitation of structures. *Indian Concrete Journal*, 69 (11), pp. 613-619.
11. Mascarin A.E., Hodges D.E. (1995) Structural materials in the electrical power transmission industry: perceptions and economics. *Annual Technical Conference - ANTEC, Conference Proceedings*, 2, pp. 1351-1357.
12. Stewart D. (2008) Lignin as a base material for materials applications: Chemistry, application and economics. *Industrial Crops and Products*, 27 (2), pp. 202-207.
13. Utracki L.A. (1982) Economics of polymer blends. *Polymer Engineering and Science*, 22(17), pp. 1166-1174.

-
14. Weissermel K., Cherdron H. (1983) Raw Materials and Energy: A Challenge for Polymer Research. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 22 (10), pp. 764-771.
 15. Yu Y., Sun T. (2017) Polymer-modified cement waterproofing coating and cementitious capillary crystalline waterproofing materials: Mechanism and applications. *Key Engineering Materials*, 726 KEM, pp. 527-531.