

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-82-89>

УДК 678.01:532.696.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ВЕЛИЧИНУ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ ПЛАСТМАСС

А. А. КОВАЛЕВА⁺, П. С. КУЛЕВЕЦ, А. Э. ЛЕВДАНСКИЙ

Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

Цель работы — установить возможность применения отдельных видов поверхностно-активных веществ (ПАВ) в процессе флотационного разделения вторичных смесей пластмасс путем оценки смачиваемости поверхности полимеров.

В статье приведены результаты исследования краевого угла смачивания акрилонитрилбутадиенстирола (АБС), поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и полиамида 6 (ПА6) водными растворами ПАВ с концентрацией от $1 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ до 0,1 г/дм³. Использовали оригинальную установку, разработанную авторами. Установлено, что при концентрации водного раствора лаурилсульфата натрия $1 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ и $5 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ поверхность ПА6 и ПЭТФ проявляет гидрофобные свойства, так как краевой угол смачивания выше 90 град., что свидетельствует о возможности разделения смеси методом пенной флотации. Поверхности АБС, ПВХ и ПЭТФ проявляли слабые гидрофильные свойства к водным растворам сорбитан стеарата с концентрацией $1 \cdot 10^{-3}$ –0,1 г/дм³, что подтверждается краевыми углами смачивания, которые находились в диапазоне 71–94 град. соответственно. При использовании водных растворов полисорбата 80 с концентрацией 0,05–0,10 г/дм³ поверхность ПА6 начинает проявлять ярко выраженные гидрофильные свойства в отличие от других исследуемых пластмасс, что позволяет прогнозировать возможность выделения ПА6 из исследуемой смеси пластмасс (АБС, ПВХ, ПЭТФ, ПА6) методом пенной флотации.

Ключевые слова: метод лежащей капли, пластмассы, рабочий раствор, концентрация, разделение вторичных пластмасс, пенная флотация.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE CONCENTRATION OF SURFACTANTS AQUEOUS SOLUTIONS ON THE CONTACT ANGLE OF WETTING OF PLASTICS

A. KOVALEVA⁺, P. KULEVETS, A. LEVDANSKI

Belarusian State Technological University, Sverdlov St., 13a, 220006, Minsk, Belarus

The purpose of the work is to establish the possibility of using certain types of surfactants in the process of flotation separation of secondary mixtures of plastics by evaluating the wettability of the polymer surface.

This article presents research on the contact angle of wetting of acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polyvinyl chloride (PVC), polyethylene terephthalate (PET) and polyamide 6 (PA6) using aqueous solutions of surfactants with concentrations ranging from $1 \cdot 10^{-3}$ to 0,1 dm³. The original installation developed by the authors was used. It was found that the concentration of aqueous sodium lauryl sulfate $1 \cdot 10^{-3}$ and $5 \cdot 10^{-3}$ g/dm³ of PA and PET exhibit hydrophobic properties, as the wetting edge angle

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: nastya.covaleva1969@mail.ru

is higher than 90 degrees, which indicates the probability of separation of the mixture by froth flotation. ABS, PVC and PET surfaces showed weak hydrophilic properties to aqueous solutions of sorbitan stearate with a concentration of $1 \cdot 10^{-3}$ – 0.1 g/dm^3 , which is confirmed by the edge wetting angles, which were in the range of 71–94 degrees. When using aqueous solutions of polysorbate 80 with a concentration of 0.05 – 0.1 g/dm^3 , the surface of PA6 begins to show pronounced hydrophilic properties in contrast to other studied plastics, which allows predicting good separability of PA6 from the studied mixture of plastics (ABS, PVC, PET, PA6) by froth flotation.

Keywords: the method of the lying drop, plastics, working solution, concentration, separation, froth flotation.

Поступила в редакцию 23.06.2023

© А. А. Ковалева, П. С. Кулевец, А. Э. Левданский, 2023

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:

Ковалева А. А., Кулевец П. С., Левданский А. Э. Исследование влияния концентрации водных растворов поверхностно-активных веществ на величину краевого угла смачивания пластмасс // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 3. С. 82–89. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-82-89>

Citation sample:

Kovaleva A. A., Kulevets P. S., Levdanskiy A. E. Issledovanie vliyaniya kontsentratsii vodnykh rastvorov poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na velichinu kraevogo ugla smachivaniya plastmass [Study of the influence of the concentration of surfactants aqueous solutions on the contact angle of wetting of plastics]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 3, pp. 82–89. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-82-89>

Литература

1. Marine plastic pollution // International Union for Conservation of Nature Issues Brief. 2021 [Электронный ресурс]. URL: https://www.iucn.org/sites/default/files/2022-04/marine_plastic_pollution_issues_brief_nov21.pdf (дата обращения: 05.05.2023).
2. MacLeod M., Arp H. P. H., Tekman M. B., Jahnke A. The global threat from plastic pollution // *Science*, 2021, vol. 373, is. 6550, pp. 61–65. doi: 10.1126/science.abg5433
3. Milbrandt A., Coney K., Badgett A., Beckham G.T. Quantification and evaluation of plastic waste in the United States // *Resources, Conservation and Recycling*, 2022, vol. 183. doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106363
4. Левданский А. Э., Опимах Е. В., Волненко А. А., Корганбаев Б. Н., Жумадуллаев Д. К. Флотационное разделение смеси измельченных полимерных отходов. Шымкент : Элем, 2020. 152 с.
5. Wang H., Zhang Y., Wang C. Surface modification and selective flotation of waste plastics for effective recycling – a review // *Separation and Purification Technology*, 2019, vol. 226, pp. 75–94. doi: 10.1016/j.seppur.2019.05.052
6. Опимах Е. В., Левданский А. Э. Разделение смеси измельченных акрилонитрилбутадиенстирола и полиамида методом флотации с использованием в качестве поверхностно-активных веществ сульфанола и синтанола // *Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ*. 2013. № 3 (159). С. 179–181.
7. Burat F., Güney A., Kargal M. O. Selective separation of virgin and post-consumer polymers (PET and PVC) by flotation method // *Waste Management*, 2009, vol. 29, no. 6, pp. 1807–1813. doi: 10.1016/j.wasman.2008.12.018
8. Kargal M. O. Selective flotation technique for separation of PET and HDPE used in drinking water bottles // *Mineral Processing & Extractive Metallurgy Review*, 2010, vol. 31, no. 4, pp. 214–223. doi: 10.1080/08827508.2010.483362
9. Wang C., Wang H., Fu J., Liu Y. Flotation separation of waste plastics for recycling –A review // *Waste Management*, 2015, vol. 41, pp. 28–38. doi: 10.1016/j.wasman.2015.03.027
10. Shen H., Pugh R.J., Forssberg E. Floatability, selectivity and flotation separation of plastics by using a surfactant // *Colloids and*

- Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2002, vol. 196, no. 1, pp. 63–70. doi: 10.1016/S0927-7757(01)00706-3
11. Mao Y., Xia W., Heng Y., Xie G. Dynamic pore wetting and its effects on porous particle flotation: A review // *International Journal of Mining Science and Technology*, 2022, vol. 32, is. 6, pp. 1365–1378. doi: 10.1016/j.ijmst.2022.09.014
 12. Yuan Y., Lee T. R. Contact Angle and Wetting Properties // *Surface Science Techniques* / eds. G. Bracco, B. Holst. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2013, pp. 3–34. doi: 10.1007/978-3-642-34243-1
 13. Абрамзон А. А., Боброва Л. Е., Зайченко Л. П., Измайлова В. Н., Новоженец А. А., Рохленко А. А., Туловская З. Д., Шиц Л. А., Ямпольская Г. П. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества : справочник / под ред. А. А. Абрамзона, Е. Д. Щукина. Л. : Химия, 1984. 392 с.
 14. Ковалева А. А., Кулевец П. С., Левданский А. Э., Опимакх Е. В. Экспериментальные исследования краевого угла смачивания полимерных материалов // *Химическая технология и техника: материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (Минск, 31 января–12 февраля 2022 г.)* / ред. И. В. Войтов. Минск : БГТУ, 2022. С. 156–158.

References

1. Marine plastic pollution (2021). Available at: https://www.iucn.org/sites/default/files/2022-04/marine_plastic_pollution_issues_brief_nov21.pdf (accessed 05.05.2023).
2. MacLeod M., Arp H. P. H., Tekman M. B., Jahnke A. The global threat from plastic pollution. *Science*, 2021, vol. 373, is. 6550, pp. 61–65. doi: 10.1126/science.abg5433
3. Milbrandt A., Coney K., Badgett A., Beckham G.T. Quantification and evaluation of plastic waste in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, 2022, vol. 183. doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106363
4. Levdanskiy A. E., Opimakh E. V., Volnenko A. A., Korganbaev B. N., Zhumadullaev D. K. *Flotatsionnoe razdelenie smesi izmel'chennykh polimernykh otkhodov* [Flotation separation of a mixture of shredded polymer waste]. Shymkent : Ælem Publ., 2020. 152 p.
5. Wang H., Zhang Y., Wang C. Surface modification and selective flotation of waste plastics for effective recycling – a review. *Separation and Purification Technology*, 2019, vol. 226, pp. 75–94. doi: 10.1016/j.seppur.2019.05.052
6. Opimakh E. V., Levdanskiy A. E. Razdelenie smesi izmel'chennykh akrilonitrilbutadienstirola i poliamida metodom flotatsii s ispol'zovaniem v kachestve poverkhnostno-aktivnykh veshchestv sul'fanola i sintanola [Separation of a mixture of milled acrylonitrile butadiene styrene and polyamide by flotation using sulfanol and synthanol as surfactants]. *Trudy BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv* [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances], 2013, no. 3 (159), pp. 179–181.
7. Burat F., Güney A., Kangal M. O. Selective separation of virgin and post-consumer polymers (PET and PVC) by flotation method. *Waste Management*, 2009, vol. 29, no. 6, pp. 1807–1813. doi: 10.1016/j.wasman.2008.12.018
8. Kangal M. O. Selective flotation technique for separation of PET and HDPE used in drinking water bottles. *Mineral Processing & Extractive Metallurgy Review*, 2010, vol. 31, no. 4, pp. 214–223. doi: 10.1080/08827508.2010.483362
9. Wang C., Wang H., Fu J., Liu Y. Flotation separation of waste plastics for recycling – A review. *Waste Management*, 2015, vol. 41, pp. 28–38. doi: 10.1016/j.wasman.2015.03.027
10. Shen H., Pugh R.J., Forssberg E. Floatability, selectivity and flotation separation of plastics by using a surfactant. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2002, vol. 196, no. 1, pp. 63–70. doi: 10.1016/S0927-7757(01)00706-3
11. Mao Y., Xia W., Heng Y., Xie G. Dynamic pore wetting and its effects on porous particle flotation: A review. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2022, vol. 32, is. 6, pp. 1365–1378. doi: 10.1016/j.ijmst.2022.09.014
12. Yuan Y., Lee T. R. Contact Angle and Wetting Properties. *Surface Science Techniques*. Eds. G. Bracco, B. Holst. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2013, pp. 3–34. doi: 10.1007/978-3-642-34243-1
13. Abramzon A. A., Bobrova L. E., Zaychenko L. P., Izmaylova V. N., Novozhenets A. A., Rokhlenko A. A., Tulovskaya Z. D., Shits L. A., Yampol'skaya G. P. *Poverkhnostnye yavleniya i poverkhnostno-aktivnye veshchestva* [Surface Phenomena and Surfactants]. Eds. A. A. Abramzon, E. D. Shchukin. Leningrad : Khimiya Publ., 1984. 392 p.
14. Kovaleva A. A., Kulevets P. S., Levdanskiy A. E., Opimakh E. V. Eksperimental'nye issledovaniya kraevogo ugla smachivaniya polimernykh materialov [Experimental studies of the boundary wetting angle of polymeric materials]. *Materialy 86 nauchno-tehnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov «Khimicheskaya tekhnologiya i tekhnika»* [Proceedings of the 86th Scientific-Technical Conference of Faculty, Researchers and Postgraduate Students “Chemical Technology and Engineering”]. Minsk : BGTU Publ., 2022, pp. 156–158